

Datormanikiner och ergonomi i produkt- och produktionsutveckling

– Hur används manikiner i Sverige och vilken nytta kan de göra?

Anders Sundin¹ och Hans Sjöberg²

1. Arbetslivsinstitutet Väst, Box 8850, 402 75 Göteborg

anders.sundin@arbetslivsinstitutet.se

2. Chalmers, Institutionen för Produkt- och Produktionssystemutveckling, 412 96 Göteborg

hsj@ppd.chalmers.se

ARBETSLIVSRAPPORT NR 2004:19

ISSN 1401-2928

Arbetslivsinstitutet Väst – Industrin och den mänskliga resursen

Enhetschef Marianne Törner


Arbetslivsinstitutet



CHALMERS

Sammanfattning

Allt kortare utvecklingstider är ett faktum för tillverkare av t.ex. bilar och mobiltelefoner. Ett sätt att möta denna utveckling och spara tid är att utveckla produkter och produktionssystem i en virtuell miljö, utan dyra och tidskrävande fysiska prototyper och modeller. Utvecklingen gör det även möjligt att arbeta med ergonomiska aspekter innan fysiska produkter byggs. Flera företag har börjat verifiera ergonomi virtuellt i sin utvecklingsprocess där traditionellt ergonomiarbete kan kompletteras med ergonomisimulering med hjälp av datormanikiner. Datormanikiner är en datormodell av människan avsedda för simulering och visualisering av ergonomi vid utformning av produkter och produktionssystem.

Syftet med denna rapport är att ge information om vad datormanikinprogramvara är, hur den används samt dess för- och nackdelar. Rapporten riktar sig till företag och organisationer som använder eller som står i begrepp att börja använda datormanikiner. Vi hoppas att informationen ska bidra till att svara på frågor som ”Är datormanikinprogram något för oss?” och ”Hur kan jag använda programmen?”.

Rapporten baseras på ett antal studier av en forskargrupp från Arbetslivsinstitutet Väst och Chalmers kallad Datormanikingruppen, samt erfarenheter från ytterligare några studier. Studierna är främst gjorda inom fordonsindustrin.

Studierna visar att erfarenheterna av ergonomisimulering är positiva. Störst fördelar fås när den används tidigt i produktframtagningsprocessen, t.ex. vid beredning av monteringsarbete. Därigenom kan man tidigt testa många olika lösningar och undvika felaktigheter som senare skulle bli dyra att korrigera. Vanligast är analyser av sikt och räckvidd för att säkerställa att olika stora personer har tillräckliga förutsättningar nå och se bra för att utföra arbetet. Till viss del görs även mer avancerade analyser, exempelvis biomekaniska beräkningar av krafter och moment på leder. Att använda resultat från ergonomisimulering, t.ex. i form av bilder eller animationer, upplevs vara ett bra sätt att visa på ergonomiska konsekvenser av olika lösningsförslag men också använda som argument för förändring. Användarna av programmen, som ofta är ingenjörer, bör ha kunskap om ergonomiska grundprinciper för att rätt nyttja programmen. Samtidigt kan ergonomer genom denna nya teknik ges nya möjligheter och en ny roll där kunskaper om simulering och produktutveckling behövs. Datormanikinprogrammen upplevs generellt som bra men som relativt dyra och ibland även som komplexa. Vid val av program är det viktigt att ställa sig ett antal frågor om vad man behöver för just sina tillämpningar. I rapporten ges råd kring vad man bör tänka igenom inför anskaffning och vad som krävs i övrigt i form av strategiska val, kompetensuppbyggnad mm.

Sist, men inte minst, så är det främst det sätt programmen används i utvecklingsprocessen som avgör hur kostnadseffektiva och bra resultaten blir. Viktiga aspekter att beakta är hur t.ex. en analys beställs och genomförs, hur resultaten tolkas och stämmer med verkligheten samt hur arbetet dokumenteras och görs tillgängligt för andra i organisationen och för framtida användning. Det är alltså inte programvarorna i sig som begränsar, de är oftast tillräckligt bra. Det avgörande är istället hur de introduceras i företaget och hur procedurer och metoder kring användandet ser ut, vilket rapporten ger exempel på.

Abstract

Today, short development time is a reality that strongly affects manufacturers of products such as cars and mobile phones. Consequently, manufacturers are under increasing pressure to shorten lead times, developing products and production systems in a virtual environment without expensive and time-consuming physical prototypes and models. This facilitates verification of ergonomic factors at an early stage, before manufacturing of physical products. Currently, an increasing number of companies verify ergonomics by means of mainly virtual methods, and traditional ergonomics can now be combined with virtual ergonomic analysis by use of computer manikins. Computer manikins are virtual models of the human being intended for simulation and visualisation of ergonomics in the design of products and production systems.

The purpose of this report is to give information on computer manikins, how they are used as well as their advantages and disadvantages. The report is aimed for companies and organisations that use or are about to start using such manikins. We hope that the information will contribute answering questions such as “Are computer manikin programmes something for my company?” and “How can I use such a programme?”. The report is based on a number of studies presented by the Computer Manikin group, a group of researchers from the National Institute for Working Life and Chalmers University of Technology in Göteborg. The studies were primarily carried out within the automotive industry.

The studies show that experiences from use of ergonomics simulation are positive. The greatest benefits are achieved when ergonomics simulation is used in the early stages of a product realisation process, as it allows many different solutions to be tested and prevents deficiencies that would be costly to rectify at a later stage. The most commonly used analyses are sight and reach analyses, to ensure that individuals have adequate vision and reach regardless of their size. More advanced analyses, for example biomechanical analyses of forces and moments on joints, are also carried out but to a lesser degree. Results from ergonomics simulation, in the form of pictures and animations, allow arguments to be presented in a practical way and encourage change by quantifying the ergonomic consequences of different potential solutions. Moreover, it opens up new modes of working, leading to the need for users, especially engineers, to gain ergonomics knowledge in order to use the programmes correctly. At the same time it offers a new role for ergonomists, where knowledge of simulation and product development is required. Although the programmes are fairly expensive they have generally been evaluated as good, albeit at times complex. Before deciding on which programme to buy and use, it is important to consider the application(s) for which it is intended. The report provides advice on what to consider before purchasing and on additional aspects such as strategic choices, competence etc. Last but not least, the way programmes are employed in the organisation determines their cost efficiency as well as the quality of the result. Important aspects are the parameters used to set up and carry out the analysis, the training of the person performing the analysis and how the results are validated, documented and disseminated. Thus, it is not the software as such that is restrictive – in most cases it is adequate – what is decisive is the way in which it is introduced and employed by the company in combination with the type of procedures and methods used, as discussed in this report.

Förord

Erfarenheterna och fallstudierna som beskrivs i denna rapport kommer från den forskargrupp i Göteborg som kallades *Datormanikingruppen*. Gruppen bestod förutom författarna av Marita Christmansson och Tania Dukic från Arbetslivsinstitutet Väst samt Roland Örtengren och Magnus Rönnäng från Chalmers tekniska högskola, institutionen för produkt- och produktionsutveckling, avdelningen för Människa-tekniksystem.

Dessa två organisationer ingår även i nätverket da Vinci Centrum för mänskligare teknik (<http://www.davinci.chalmers.se>). Inom da Vinci Center finns insatsområdet Människan i Virtuell Produktframtagning, som fokuserar på forskning och utveckling inom området som denna rapport behandlar.

Rapporten är ett resultat från ett forskningsprojekt som kallas *Manikinprojektet*. För mer information om *Datormanikingruppen* och *Manikinprojektet*, se kapitel 8. Vi tackar de företag och personer som deltagit och engagerat sig i de studier som vi genomfört.

Rapportens innehåll:

Kapitel 2 ger grundläggande fakta om datormanikinens uppbyggnad och bakgrund.

Kapitel 3 ger en insyn i hur ett 20-tal olika företag i Sverige använder datormanikiner.

Kapitel 4 redovisar kortfattat de fallstudier som gruppen har arbetat med. Fallstudierna visar några olika användningsområden för datormanikiner och ger inblick i de resultat de olika studierna gett. För att få djupare information om respektive studie ges kontaktpersoner samt referenser och publikationer från studien.

I kapitel 5 diskuteras kring datormanikiner utifrån Manikingruppens erfarenheter.

Kapitel 6 ger konkreta råd till användare och utvecklare av datormanikiner samt exempel på hur datormanikiner kan användas i undervisning.

I kapitel 7 hittas tips till vidare läsning samt referenser.

Kapitel 8 beskriver forskargruppen och Manikinprojektet, varifrån fem av de beskrivna studierna kommer.

Kapitel 9 förklarar olika begrepp som ergonomisimulering, visualisering mm.

Sammanfattning	3
Abstract	5
Förord	7
1 Inledning	11
2 Ergonomisimulering med datormanikiner	13
2.1 Datormanikinens utvecklingshistoria	14
2.2 Hur en datormanikin fungerar	15
2.3 Vad kan man analysera med datormanikiner?	17
2.4 Exempel på olika datormanikiner	19
3 Användning av datormanikiner i några svenska företag	23
3.1 Utveckling av produktionssystem i svensk industri - intervjustudie	23
3.2 Intervjuer med användare av datormanikiner i Sverige	25
4 Fallstudier	39
4.1 Volvo Bussar – användning av datormanikin i produktutveckling.....	40
4.2 Cupola – tidig analys av modul till internationella rymdstationen ISS	43
4.3 Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktion	47
4.4 Hur ergonomisimulering tolkas av två olika yrkesgrupper	50
4.5 Användning av simuleringsverktyg vid produktionsberedning på Saab	52
5 Diskussion	55
5.1 Praktiskt kring användning av datormanikiner	55
5.2 Systemsyn på användningen krävs	60
6 Råd och rekommendationer	65
6.1 Råd till användare av datormanikinprogram	65
6.2 Råd till leverantörer och utvecklare	67
6.3 Datormanikiner i undervisning	67
7 Referenser och ytterligare läsning	69
8 Kontaktpersoner samt om Manikinprojektet.....	75
9 Förklaring av begrepp som simulering och visualisering	77
9.1 Begreppet simulering.....	77
9.2 Begreppen visualisering, animering och analys	78
9.3 Ergonomisimulering.....	79
9.4 Andra definitioner i sammanhanget.....	79

1 Inledning

Inom tillverkningsindustrin pågår en utveckling mot allt kortare marknadsfönster med fler produkter ut på marknaden allt snabbare, och som konsekvens, en allt större fokusering på korta utvecklingstider och en ökad grad av parallellisering av produktframtagningsprocessen. En parallellisering som t.ex. innebär att konstruktörer och produktionstekniker i större utsträckning arbetar samtidigt på en produkt.

Ett sätt för företagen att tekniskt lösa dessa krav på kortare utvecklingstid och ökad parallellisering är att i större utsträckning använda datoriserade, virtuella, simulerings- och visualiseringsverktyg inom olika områden, t.ex. design, konstruktion och produktion. Införandet av dessa verktyg kräver inte bara kunskap om verktygen som sådana, utan även en organisatorisk förändring av produktframtagningsprocessen, där i vissa fall nya relationer behöver skapas mellan yrkesgrupper. Ett exempel är behovet av att i tidig produktutveckling och produktion simulera arbetsinnehåll och fysisk arbetsbelastning. För detta ändamål finns olika datorverktyg för analys och simulering av ergonomi. Ett exempel på dessa datorverktyg är så kallade datormanikiner. Med begreppet datormanikin menas en datormodell av människan som är en geometrisk modell av kroppens olika delar och leder. Människomodellen kan i datorprogrammet gå, sitta, lyfta etc. Rörelserna kan samtidigt analyseras ergonomiskt; man kan t.ex. se vilken belastning ryggen utsätts för, vad manikinen ser och hur olika stora personer eller man eller kvinna kan utföra en uppgift. Datormanikiner används inom en mängd olika områden och applikationer. I denna rapport beskrivs konkret endast applikationer som forskargruppen deltagit i.

Dessa datorprogram är relativt nya och sammanfattningsvis visar rapporten och våra erfarenheter att det krävs en systemsyn på användningen m.a.o. inte bara programvaran behöver förbättras utan framför alls arbetssättet när den används.

2 Ergonomisimulering med datormanikiner

Vid utveckling av produkter och produktionsprocesser behöver ofta många olika aspekter beaktas. Utöver de rent tekniska måste även mänskliga beaktas såsom utrymmesbehov, behov av verktyg/utrustning, arbetsbelastning mm. Detta komplicerar beslutsprocessen för inblandade konstruktörer, produktionsberedare och produktionstekniker m.fl. Simulerings- och visualiseringsprogram såsom datormanikiner är ett stöd i utvecklingsprocesser för att samtidigt beakta dessa olika aspekter. För de människorelaterade aspekterna kan datormanikiner användas.

Det finns flera olika typer av datormodeller av människan för olika ändamål: modeller för dynamisk simulering av bilkrokar, anatomisk visualisering av kroppens organ för träning av läkare mm. I denna rapport behandlar vi användning av program avsedda för simulering och visualisering av ergonomi vid utformning av produkter och produktionssystem, dessa program kallas datormanikiner (från den engelska benämningen: computer manikin). Med begreppet datormanikin menas en geometrisk datormodell av människokroppen (Bild 2.1).

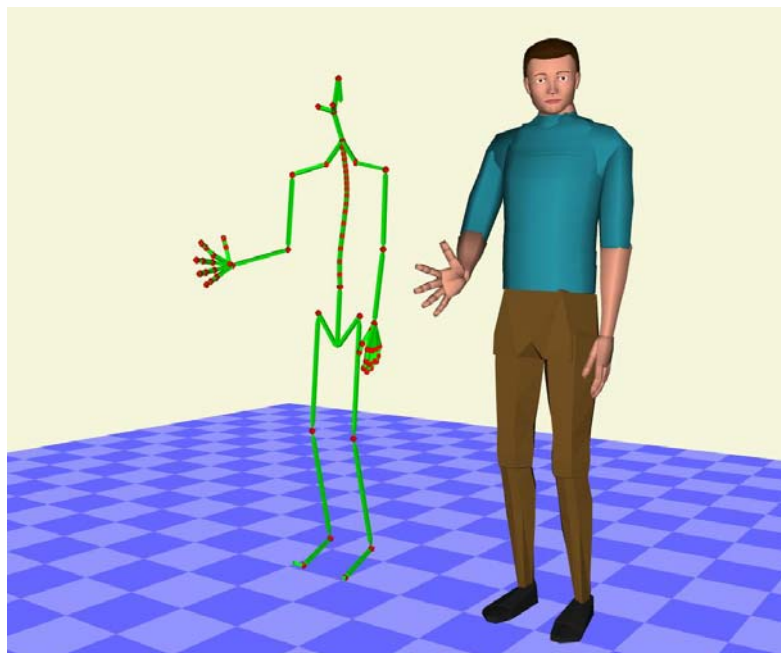


Bild 2.1. En datormanikins uppbyggnad (Jack). Till vänster syns en schematisk representation av manikinen, punkterna är lederna, och till höger en renderad (skuggad) representation.

Det främsta användningsområdet för datormanikinprogram är att tidigt i utformningen av en produkt eller produktionsprocess, innan något fysiskt är byggt, kunna utvärdera olika ergonomiska aspekter. Användaren av datormanikinprogrammet kan manipulera manikinen till att utföra olika arbetsmoment, gå, sitta, lyfta etc. Rörelserna kan samtidigt analyseras ergonomiskt; man kan t.ex. se ryggens belastning, vad manikinen ser och når och vilket utrymme som krävs. Datormanikiner passar även till att

utvärdera olika alternativa arbetsplatser, t.ex. hur hjälpmedel som lutar arbetsstycken eller hur höj- och sänkbara bord vid arbetsplatsen kan förändra arbetssituationen för en individ. Man kan också undersöka hur personer av olika storlek samt kvinnor och män kan utföra en uppgift. Manikinen kan ingå som en modul i ett CAD eller simuleringsprogram eller vara ett helt fristående program.

2.1 Datormanikinens utvecklingshistoria

Genom åren har olika programvaror introducerats som verktyg i utvecklingen av produkter och produktionssystem och utvecklingen går allt mer mot en integration av flera olika verktyg för datoriserad produktframtagning till ett fåtal stora avancerade programvaror. I detta avseende är datormanikinprogrammen inget undantag där flera sammanslagningar skett. Den omfattande omorganisationen av programvaruföretagen genom företagsköp, samgåenden och namnbyten av programpaket gör det svårt att hålla reda på vad som är vad på marknaden när det gäller datormanikiner. Vi har försökt att använda aktuella namn på datormanikinprogram men även vissa historiska namn har behållits i denna rapport.

Utvecklingen har genererat två huvudtyper av datormanikiner. En grupp (eM-human, Ergoman, RobcadMan, m.fl.) har sin utgångspunkt i skapandet av ett verktyg för att lösa tekniska problem såsom tidsåtgång, utrymmesbehov mm vid utformning av arbetsplatser och maskiner. Dessa program har sedan utvecklats till att även beakta andra ergonomiska aspekter. Denna typ av manikinprogram ger möjlighet för t.ex. produktionstekniker att utföra enklare analyser med människor i miljöer men saknar den komplexa representation av människokroppen som kännetecknar de mer ergonomiskt avancerade manikinprogrammen.

Den andra gruppen (Jack, Safework, Ramsis) har sin utgångspunkt i ergonomiska aspekter och har en välutvecklad representation av människan. Dessa har vidareutvecklats för att kunna tillämpas på tekniska problem och riktar sig till expertanvändare som behöver ett verktyg för att specifikt utvärdera mänsklig aktivitet.

En speciell typ av datormanikiner är de som utvecklats av företag inom främst flyg och rymdindustrin för att möjliggöra analyser av mycket speciella miljöer och situationer inom det egna företagets produktutveckling (exempelvis MDHMS hos McDonald Douglas i USA).

Skillnaden mellan manikinprogramvarorna gäller såväl uppbyggnaden (antal segment och leder), manipulering och egenskaper (hur man hanterar manikinen och egenskaper såsom balanskontroll etc.), som de analysfunktioner som finns inbyggda.

Manikinerna har med åren utvecklats från kantiga ”robotar” med få leder och detaljer till att vara detaljerade modeller med ett antal leder som närmar sig förebilden människan. Denna utveckling har möjliggjorts

genom utvecklingen av snabbare datorer. Program som för bara några år sedan krävde dyra arbetsstationer kan i dag användas på relativt billiga Pc-datorer. Dock har inte sättet att manipulera och manövrera manikiner utvecklats i någon större utsträckning.

2.2 Hur en datormanikin fungerar

Datormanikinprogrammet har stora likheter med andra geometri-simuleringsprogram (RobCAD, Igrip m.fl.). Skillnaden mot t.ex. ett program för simulering av rörelser hos industrirobotar är att man använder sig av en modell av människokroppen i stället för av en modell av en robot. Det som gör manikinprogrammen annorlunda är att människokroppen är mycket mer komplicerad än en robot, både dess uppbyggnad och rörelsemönster. En industrirobot är av människan programmerad och man har god kontroll över rörelserna. Detta till skillnad mot människan som har ett rörelsemönster som skiljer sig mellan individer och till och med mellan olika tillfällen för samma individ (jämför t.ex. hur olika man skär ost varje gång).

De avancerade manikinprogrammen använder flera olika tekniker för manikins manipulering och placering i olika ställningar, beroende på vad man vill åstadkomma. En metod är att använda sig av en databas med data från försök där personers kroppspositioner registrerats. Genom att ange olika referenspunkter i miljön kan användaren få manikinen att anta en kroppsposition som stämmer överens med data som finns lagrad. Denna typ av positionering används t.ex. vid utveckling av förarplatser i personbilar men begränsas av att man endast kan få fram statistiska positioner och att man måste ha försöksdata från en likadan situation (Bild 2.2).



Bild 2.2. Jack positionerad i förarplats med hjälp av lagrad data.

Ytterligare ett sätt som prövats är att basera rörelsen på endast ett mindre antal registrerade rörelser och sen låta datorer (neurala nätverk) predicera hur helt nya rörelser kommer att se ut (Bellan *et al.*, 1999). Ett sätt att kunna manipulera manikinen interaktivt utan att behöva ställa in varje led för sig är att använda s.k. inverskinematik. Detta är en funktion som många manikinprogram har inbyggt och som sköts automatiskt. Det som skiljer dem åt är att de mer avancerade har bättre algoritmer och större delar av kroppen hanterbara. Inverskinematik är en matematisk metod för att kontrollera rörelser hos övriga leder i ett länksystem när man flyttar någon del. Ett illustrativt exempel är en kätting där man kan fästa ena änden vid något objekt och flytta den andra änden. De övriga lederna och därmed kättingens form bestäms sedan av inverskinematikens algoritmer. Genom denna metod kan man exempelvis ”ta tag” i handen på manikinen och dra den till avsedd plats. Resten av armen eller överkroppen kommer sedan att följa med automatiskt (Bild 2.3). Genom att manikins rörelse kontrolleras genom en matematisk funktion är rörelsen inte helt mänsklig och beroende på vilka egenskaper de olika lederna givits kan man få vissa egenheter hos manikiner. Exempelvis kan manikinen felaktigt vilja vrida upp armbågen i stället för att vrida handleden. Dessa egenheter är dock inte värre än att metoden är ett enkelt och väl fungerande sätt att kunna hantera och röra manikinen interaktivt. Det normala är alltså att man flyttar och rör manikinen med hjälp av mus och tangentbord. Alternativ för att styra manikinen finns dock, så kallad Motion Capture. Med ett system för rörelseregistrering kan en persons rörelser registreras och överföras till datormanikinen, som då rör sig exakt likadant. Denna teknik är dock relativt kostsam samt har en hel del begränsningar.

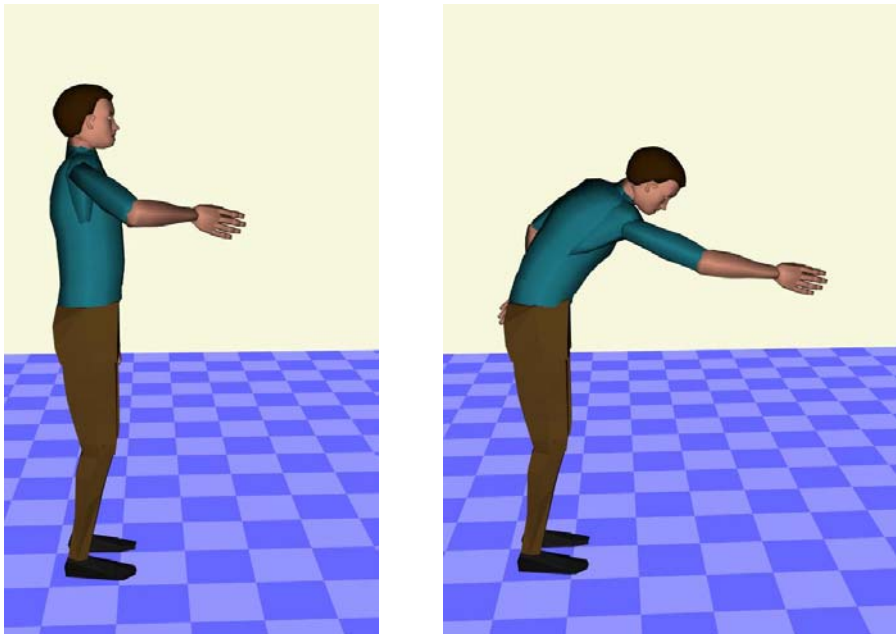


Bild 2.3. Förflyttning av högerhanden med hjälp av inverskinematik. När man drar i handen följer resten av armen och överkroppen med automatiskt.

En viktig funktion hos manikinprogrammen är möjligheten att ändra kroppsmåtten, de antropometriska måtten, på manikinen för att kunna prova produkter och arbetsplatser för människor med olika kroppsbyggnad. Manikinprogrammen använder lagrad antropometrisk data som mätts på människor för att skapa datormanikiner av olika storlek. Som användare är det viktigt att vara medveten om varifrån data till den datormanikin man använder kommer. Det är nämligen inte säkert att denna data motsvarar de personer som kommer att använda produkten eller arbetsplatsen, t.ex. motsvarar inte data med mått från amerikanska män en population i Japan eftersom kroppens proportioner skiljer sig åt, även om kroppslängden kan vara samma.

För att beskriva olika storlekar på datormanikinerna används ofta begreppet percentil. Med detta menas en statistisk indelning av de antropometriska måtten i den uppmätta gruppen. Med en 50-percentil menas en person av medelstorlek, med 95-percentil menas en person vars storlek är större än 95 % av den mätta gruppen (Bild 2.4). Det är viktigt att tänka på att indelningen i percentiler endast hänvisar till måtten hos den uppmätta gruppen varför det t.ex. kan skilja mellan en 50-percentil från olika manikinprogram som använder data från olika antropometriska undersökningar och olika länder.

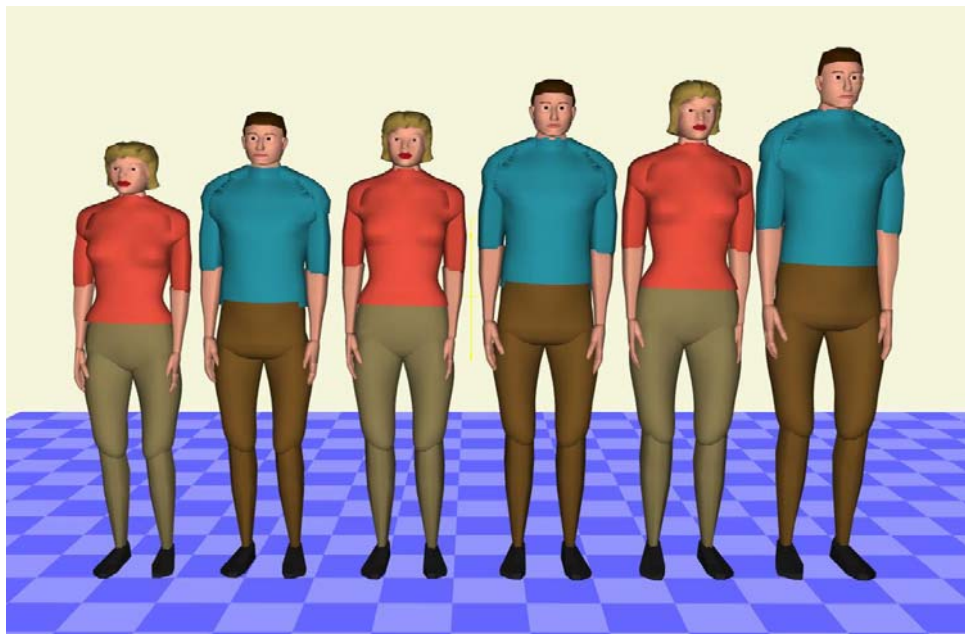


Bild 2.4. 5-, 50- och 95-percentil man och kvinna i Jack

2.3 Vad kan man analysera med datormanikiner?

Genom att placera datormanikinen i en CAD-miljö av en produkt eller arbetsplats kan man göra många av de saker som en verklig person skulle kunna prova i en fullskalemödel eller med en färdig produkt. Genom att manikinen har mått, storlek och rörelseomfång som en verklig människa kan man studera utrymmesbehov, räckvidder etc. Möjligheten finns att se synfält, dels som ”synfältskoner” som är geometrier som representerar

synfält och dels genom ”ögonfönster” (Bild 2.5) där man ser omvärlden genom manikinens ögon. Detta gör att man kan studera synfält vid en arbetsplats eller från t.ex. en förarplats i ett fordon.

De datormanikiner som är avsedda för utformning av förarplatser, främst i personbilar, är utrustade med funktioner för att utföra dessa enligt de standards och metoder som bestämts av t.ex. Society of Automotive Engineers (SAE) och utgör därför ett kraftfullt och specialiserat verktyg för användarna. I detta sammanhang finns också möjligheter att uppskatta sittkomfort.

De flesta av manikinererna ger möjlighet att utföra belastningsergonomiska analyser med olika metoder. Dels med etablerade metoder som tidigare funnits i pappersform och som nu integrerats med datormanikinen, t.ex. Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)¹, Rapid Upper Limb Assessment (RULA), (McAtamney och Corlett, 1993) och dels nya metoder där biomekaniska modeller utnyttjas tillsammans med manikinen, ex NIOSH lyftekvation (Waters *et al.*, 1993). I vissa av programmen finns möjligheter att genom simulering av arbetssekvenser tidsbestämma dessa med tidsanalys.

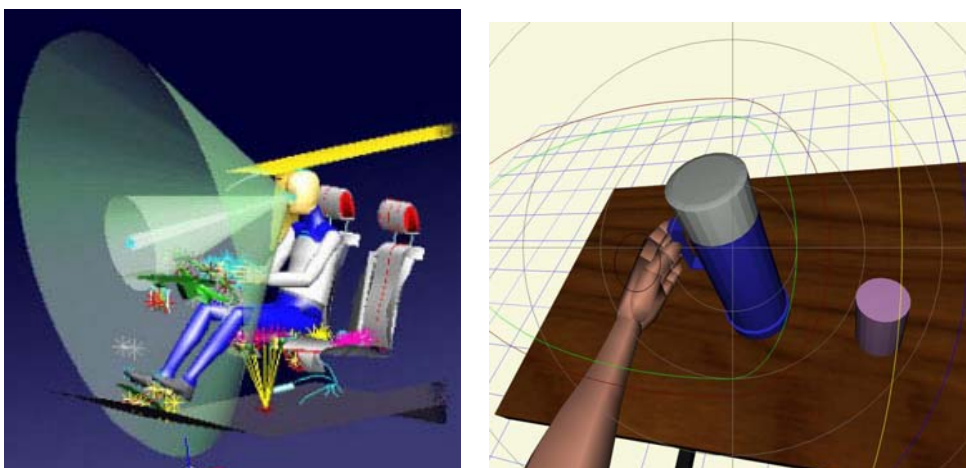


Bild 2.5. Till vänster ett exempel på synfältskoner (Ramsis, © Human Solutions GmbH). Till höger ett exempel på ögonfönster som visar synfältet för vänster öga. De olika linjerna representerar olika delar av synfältet.

Det som är viktigt att tänka på är att många av de ergonomiska metoderna har begränsningar och kan vara avsedda för speciella situationer, vilket inte alltid framgår i programmen. Som exempel passar RULA för övre delen av kroppen och OWAS är främst för grövre rörelser. Risken är stor att en användare utan tillräcklig ergonomisk bakgrundkunskap genomför felaktiga analyser med datormanikinprogram. Programmet kan aldrig ersätta expertkunskap helt men det kan vara ett kraftfullt hjälpmedel.

¹ OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) är en metod för utvärdering av belastning under arbete och baseras på en klassificering av arbetsställningar kombinerat med observationer.

2.4 Exempel på olika datormanikiner

2.4.1 Jack

<http://www.eds.com/products/plm/efactory/jack/>

Jack är en av de mest avancerade manikiner. Med Jack kan analyser av ergonomi och förarplatser utföras. Den mänskliga modellen i Jack är noggrann och komplex med många möjligheter.



Bild 2.6. – Jack © EDS Inc.

2.4.2 Ramsis

<http://www.ramsis.de>

Ramsis är utvecklad som ett avancerat verktyg för utformning av förarplatser i olika fordon men det finns även möjligheter till analyser i produktionsmiljö. Ramsis finns som eget program samt integrerad i CAD-programmet Catia.

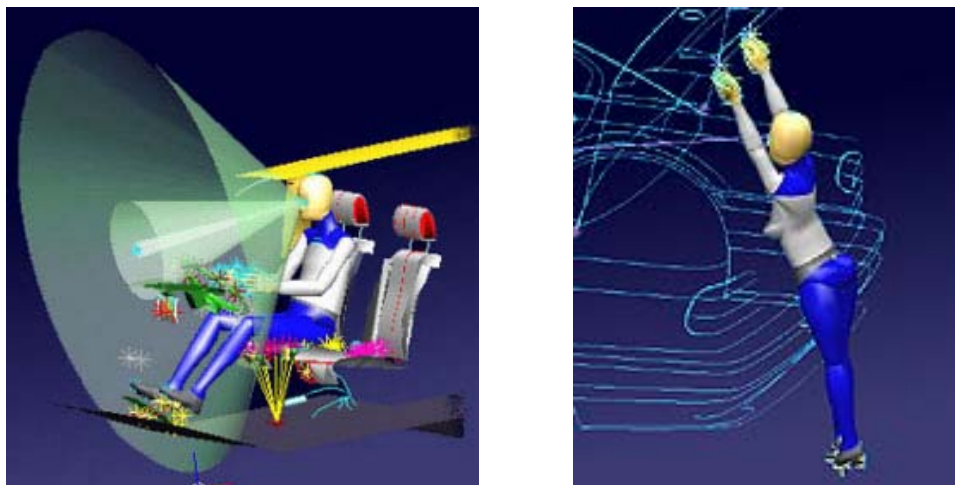


Bild 2.7. Ramsis, © Human Solutions GmbH

2.4.3 SAFEWORK

<http://www.safework.com/>

Safework är i likhet med Jack en avancerad datormanikin med inriktning mot ergonomiska analyser. Safework finns nu i Catia.

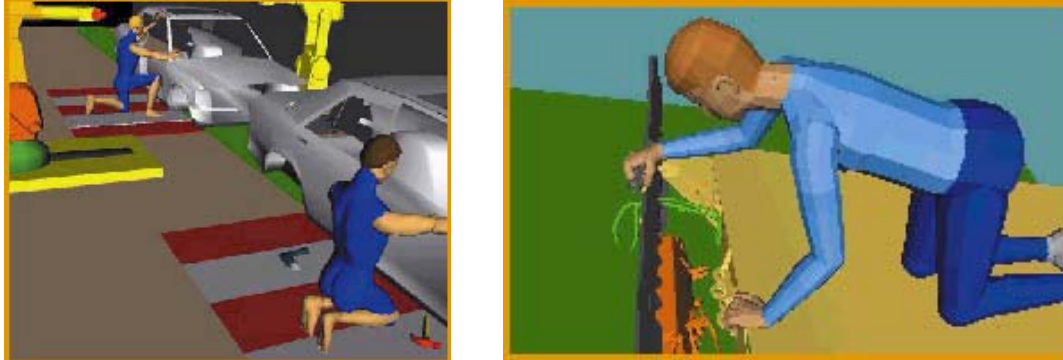


Bild 2.8. Safework © Safework Inc.

2.4.4 ENVISION/ERGO

<http://www.delmia.com/>

Programmet kan analysera arbetsställningar, lyft, synbarhet och rörelser. Analysmöjligheterna omfattar rörelseomfång, NIOSH lyftguide, Garg energiåtgång, MTM mm.



Bild 2.9. ENVISION/ERGO © Delmia Inc.

2.4.5 eMHuman:

<http://www.tecnomatix.se/>

eMHuman (f.d. RobCadMan) är en del av eMpower-paketet från Tecnomatix. Programmet omfattar flera ergonomiska analyser, räckviddsanalys, synfält, tidsanalys och makron för modellering av arbetsuppgifter. Tecnomatix har även manikinen Ramsis som modul.



Bild 2.10. eMHuman © Tecnomatix

2.4.6 ERGOMan

<http://www.delmia.com/>

ERGOMan ingår i ERGOPlan och är ett verktyg för att utvärdera de arbetsplatser som skapas med ERGOPlan. Rörelser, baserade på MTM, animeras och belastningar och krafter på leder beräknas.



Bild 2.11. ERGOMan © Delmia Inc.

2.4.7 ManneQuinPRO

<http://www.nexgenergo.com/ergonomics/mqpro.html>

ManneQuinPRO är en enklare datormanikin med begränsat antal analysmöjligheter. Inte heller manipulering eller möjlig filimport/export är av samma snitt som de dyrare. Priset är å andra sidan ca en tiondel jämfört dessa andra. En mer avancerad version är ManneQuinELITE som t.ex. har ett gränssnitt till University of Michigan's 3DSSPP-modell.

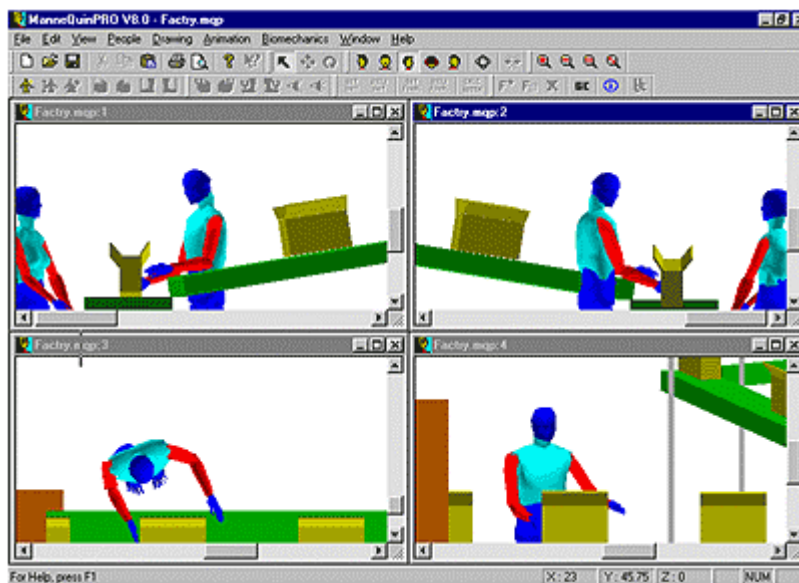


Bild 2.12. ManneQuinPRO © NexGen Ergonomics

3 Användning av datormanikiner i några svenska företag

Inom det så kallade Manikinprojektet gjordes två intervjuundersökningar (se kapitel 8 för mer information om projektet) för att få en uppfattning om hur datormanikiner används i svenska företag. Totalt intervjuades 19 företag. Den första intervjustudien (se kapitel 3.1) fokuserade på hur företag utvecklar sina produktionssystem, vilka verktyg de använder och hur de följer upp den processen. Den andra studien (se kapitel 3.2) fokuserade på hur ett antal företag använder datormanikinprogram.

3.1 Utveckling av produktionssystem i svensk industri - intervjustudie

I denna studie tillfrågades 11 svenska företag om hur de utvecklar sina produktionssystem samt hur de nyttjar modern teknik som datorstödd visualisering och simulering. Samtliga medverkande företag höll vid intervjutillfället på med en större förändring av ett produktionssystem, eller hade nyligen tagit ett förändrat eller nytt produktionssystem i drift. Av företagen var två mindre privatägda och övriga ingick i en större koncern.

Resultaten visar att trots att företagen generellt hade ökad effektivitet i företaget som mål med förändringen, gjorde få någon ordentlig satsning på att utvärdera sina nya eller förändrade produktionssystem för att se om effektiviteten förbättrades. Orsaken till detta var främst brist på tid, kunskap och verktyg för utvärdering. Resultaten indikerar också att det inte automatiskt är en fördel att tillhöra en större koncern, något som inte innebär att stöd i form av verktyg och kompetens tillhandahålls vid utveckling av nya produktionssystem.

Att utvärdera själva processen att utveckla produktionssystemet sker i princip inte alls. Detta kan tyckas mycket anmärkningsvärt att processen inte utvärderas eftersom själva utvecklingen av produktionssystemen kräver stora resurser i planering, byggnation och igångsättning. Om/nybyggnation görs ofta med cykler på några år, vilket gör att mycket kunskap om genomförandet av förra förändringen inte finns tillgänglig, då dokumentation saknas, personer har slutat på företaget etc.

I studien delas företagen in i två grupper:

1. En grupp företag som använder sig av ett ”traditionellt” sätt att använda metoder vid utveckling av produktionssystem.
2. En grupp företag som använder sig av simuleringsverktyg i utvecklingsprocessen.

Bland de medverkande företagen var det fyra företag som använde simuleringsverktyg och ytterligare två företag som hade testat något simuleringsverktyg. De företag som använde sig av simuleringsverktyg

såg dessa som användbara för dem och något som de skulle fortsätta att använda sig av. Resultaten i studien visar också att användningen av datorbaserade verktyg i de medverkande företagen är mer utbredd i utvecklingen av produkter än i utvecklingen av produktionssystem.

Endast några av företagen har börjat använda datormanikinprogram

Av de fyra företag som använde sig av simuleringsverktyg hade samtliga kommit i kontakt med datormanikiner för ergonomirelaterade analyser. Två företag i denna grupp, samt ytterligare ett företag i den andra ”traditionella” gruppen, hade testat och utvärderat möjligheter med manikinprogramvara. Intresse för ergonomisimulering med datormanikiner fanns, men samtliga företag upplevde nackdelar med datormanikiner, såsom svårigheten att använda dessa med andra programvaror, kostnaden för ergonomisimulering eller att de var för krångliga att använda.

Studien tar även upp vilken information de olika företagen utgår ifrån inför förändringar i sitt produktionssystem samt hur de ser på framtidsbilden av framtidens produktion.

För mer information om studien, kontakta:

Marita Christmansson, marita.christmansson@arbetslivsinstitutet.se

Magnus Rönnäng, mronnang@volvocars.com (Chalmers fram till 2003)

Publikationer från studien:

Christmansson M. och Rönnäng M. (2003) Hur utvecklas produktionssystem i svensk tillverkningsindustri? Rapport från delprojekt A i Datormanikinprojektet. Arbetslivsrapport Nr 2003:5. ISSN 1401-2928. Arbetslivsinstitutet, Göteborg.

Rönnäng, M., Christmansson, M., Dukic, T., Örtengren, R., Sjöberg, H., Sundin, A., Wartenberg, C., (2000) Status of production system development in Swedish manufacturing industry. In: 16th International Conference on Production Research (ICPR), Prague, Czech Republic.

Studien genomfördes inom ramen för ”*Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning*”, ett forskningsprojekt vid Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansieras av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

3.2 Intervjuer med användare av datormanikiner i Sverige

Intervjuer genomfördes med ett antal användare kring hur de använder datormanikiner. Denna intervjustudie redovisas mer utförligt jämfört med övriga studier i denna rapport eftersom den täcker användarnas åsikter och erfarenheter. Syftet med undersökningen var att finna svar på hur och till vad datormanikinprogram används i Sverige. Resultatet var främst avsett att fungera som underlag för vidare arbete inom Manikinprojektet (se kapitel 8) men ger även kunskap och exempel på användning utöver detta.

Användningen av datormanikiner är relativt ny och begränsad i Sverige och fakta om hur datormanikinprogram används finns ännu så länge bara i begränsad utsträckning. Vi sökte bland annat svar på vem som använder programmen och deras bakgrund, till vad man använder programmen och vilka funktioner i programmen som används.

3.2.1 Hur undersökningen genomfördes

Intervjubeskrivning

Under undersökningen har intervjuer med 14 användare på 8 olika företag och ett institut genomförts. De intervjuade personerna var ansvariga för ergonomi, simuleringsingenjörer/simulanter (som utför själva simuleringen) eller ingenjörer/ergonomer som genomför uppdrag med inslag av ergonomiproblem. I något fall demonstrerades den manikinprogramvara som används för att få en bild av hur användarna använder programvaran. Intervjuerna som utfördes våren 2001 har haft formen av diskussion² där frågor inom nedanstående huvudgrupper fungerat som grund (checklista). På grund av de olika användarnas skiftande bakgrund och olika användning av manikinprogramvara, har vissa frågor inte ställts till alla.

De övergripande delområden av frågor som gavs till användarna under intervjuerna var:

1. Frågor om företaget
2. Omfattningen av manikinanvändning
3. Hur går arbetet till
4. Kan datormanikiner påverka kommunikationen/samarbetet/delaktigheten inom ett projekt
5. Vad tycker man om programmen
6. Redovisning av resultat
7. Utvärdering av resultat

Under intervjuerna har även mer detaljerade frågor ställts rörande varje delområde 1-7 (se avsnitt 3.2.3 för fullständigt frågeformulär).

² Semistrukturerade intervjuer användandes frågemall med öppna svarsalternativ.

Företagsurval

De företag och institut som intervjuats är de som vi fått kontakt med vid olika konferenser, användarmöten, forskningsprojekt mm samt sådana som vi fått kontakt med via återförsäljare av manikinprogramvara. Två av företagen kan betraktas som stora där omfattande utveckling av egna produkter sker och två företag var medelstora. Fyra var konsultföretag som säljer tjänster där manikinsimulering ingår. Även ett institut ingick. Vi har koncentrerat oss på användare av de mer avancerade manikinprogrammen som finns på marknaden.

Eftersom användningen och därmed antalet användare av manikinprogram i Sverige ännu så länge är relativt begränsad så har antalet möjliga användare att intervjua varit begränsat, vi anser därför att vårt urval ger en representativ bild av användningen vid tiden för intervjuerna under 2000.

3.2.2 Resultat

Vi har valt att dela upp användarna i tre olika grupper:

1. Användare med egen programlicens.
2. Användare som köper manikinsimuleringar av konsult, både rena simuleringsuppdrag och där konsulten använder manikinprogram som ett verktyg i sitt arbete.
3. Konsulter som säljer manikinsimuleringar.

Ett företag kan ha tillhört flera grupper och även tillhöra flera samtidigt. Det är t.ex. vanligt att företag börjar med att köpa konsulttjänster för att testa tekniken och/eller välja program för att köpa egen licens vid ett senare tillfälle, samtidigt som man kan fortsätta med konsulter parallellt. Man fortsätter dock kanske även med konsulttjänster parallellt. Vi har valt denna uppdelning för att vi sett en skillnad i användning och därmed på de synpunkter vi fått, men också för att läsaren enklare skall kunna relatera till någon av grupperna och möjligheterna för det egna företaget.

Vilka programvaror används

De programvaror som används i de tre användargrupperna är Deneb Ergo, eM-Human, Jack, Ramsis och Ergoman. Användarna använder förutom manikinprogramvaran även Autocad, CATIA, RobCad, VAPS, eM-Workplace NT, eM-Assembler och Igrip.

Genom den kontinuerliga omstruktureringen av programvaruföretagen sker kontinuerliga namnbyten och förändringar i utbudet. De namn på program som nämns ovan är de namn som förekommer vid tiden för intervjuerna.

Vilka frågor vill man ha svar på genom användning av datormanikinprogram:

Nedan redovisas de frågor som ställdes samt de svar som gavs, indelat i de tre användargrupperna.

Användare med egen programvara.

- Dessa användare har manikinprogram för att:
- utföra geometrisimulering (utrymme, räckvidd etc.)
- utforma och utvärdera förarplatser
- kunna testa olika konstruktionslösningar i ett kundperspektiv
- göra biomekaniska beräkningar
- ”få med” människan vid planering av produktionssystem för att visa hur det kommer att se ut
- kontrollera om man får vettiga arbetsställningar
- få en uppfattning om komfort
- kontrollera att man kommer åt att montera produkter
- kunna sätta krav (ex utrymme, komfort, placering av komponenter), innan någon kravspecifikation tas fram
- kontrollera om satta krav uppfylls i konstruktionslösningar (görs i "designlop")

Köpare av konsulttjänster

Dessa användare har manikinprogram för att:

- få en bättre uppfattning om vad man kan utföra med simulering utifrån en problembild med sjukfrånvaro och arbetsskador
- låta konsulterna på uppdrag ge förslag på lösningar för att förbättra arbetsmiljön
- kontrollera tveksamheter och dokumentera dessa med bilder, t.ex. testa kollisioner av material
- testa om man har sikt- och ergonomiproblem.
- man vill få en uppfattning av hur dagens produktionssystem är med avseende på ergonomi
- man vill utnyttja detta som ett sätt att öka kompetensen hos personalen

- kunna visa för de anställda (monteringspersonalen) hur arbetssätt påverkar ergonomi
- kunna få med ergonomi vid utformningen av nya produktionssystem

Konsulter

Dessa användare har manikinprogram för att:

- utgående från pedaler, stolsplacering, reglageplacering, komfortanalys mm bestämma sittposition i förarplatser
- göra analys utgående från den bestämda positionen (sikt, räckvidd, reglageplacering, rörelsemönster)
- utforma arbetsplatser
- analysera serviceaktiviteter i svåråtkomliga miljöer som kärnkraftverk och processindustri
- analysera manuellt arbete vid montering
- visualisera konceptstudier av produktionsanläggningar
- göra SAM-analys (tidsstudier)
- visa att de produkter man själv utvecklar uppfyller krav på funktion mm (ger en större trovärdighet mot kund)

Hur går arbetet till då manikiner används?

Användare med egen programvara

Dessa användare har generellt själva använt manikinprogram i flera år och en del har även provat flera olika programvaror. Dessa företag är så stora att man tidigt haft råd att investera i programvara som ibland inte varit helt färdigutvecklad, samt haft personal som har lärt sig de rätt komplexa programmen. Manikinerna används i alla nya projekt, både för produktutveckling och produktionsplanering, och alla anser att användningen kommer att fortsätta samt öka i omfattning. Några företag använder olika manikinprogram för olika uppgifter.

Simuleringarna kan göras av simuleringsingenjörer som har simulering som sin huvuduppgift, så kallade simulanter, men också av personer som arbetar med att utveckla en produkt/produktionslösning och som då använder manikinprogram som ett av flera verktyg. Alla är inte ergonomer, men ergonomikunskap anses som viktigt för att utföra analyserna. I flera fall har man hyrt in konsulter för manikinsimulering, både under ett inledningsskede men även på längre sikt men detta förfarande riskerar att medföra begränsad kontinuitet när konsulten byts ut eller slutar.

Från vissa av de intervjuade varnas det för att låta personer utan ergonomiutbildning använda analysverktygen, som i så fall skulle kunna leda till felaktiga slutsatser kring resultat.

Simuleringarna utförs av en ”simulant”, d.v.s. en person vars arbetsuppgift är att utföra simuleringar på uppdrag av t.ex. produktionstekniker eller ergonomer. Simulanterna redovisar sedan resultatet för uppdragsgivaren. Arbetet kan ske helt ensamt eller i samarbete med uppdragsgivaren. I vissa fall är utbildade ergonomer med vid simuleringen eller resultatgenomgången. Simulanten är inte den som fattar beslut med ledning av simuleringsresultatet.

Simuleringarna utförs av en person som använder dessa som verktyg i sitt arbete t.ex. ergonomisk utformning av en förarplats i en personbil.

Utvärdering av ergonomi ingår ofta som en del i en formell process eller metod på företagen och arbete sker för att inkorporera befintliga företagsanknutna ergonomiska metoder/regler i den manikinprogramvara man har. Det finns dock ingen officiell processbeskrivning över hur manikinsimuleringarna ska gå till. Man ser heller inget stort behov att standardisera sitt arbete med utförandet av simuleringen. Trots det jobbar vissa med att ta fram en metodik för simulering med datormanikin. Detta för att se till att simuleringar som utförs är jämförbara mellan olika simulanter och olika program.

Genom att simulera tidigt, långt innan t.ex. prototyper finns, deltar ergonomer och produktionsplanerare m.fl. numera oftast i själva utformningen av produkten, inkl t.ex. monteringsordning, snarare än att lösa monteringen av en färdig produkt. Man är inblandad tills produkten är färdigkonstruerad och släppt till produktion.

Köpare av konsulttjänster

Denna användarkategori skiljer sig inte så mycket från dem som har egen programvara, skillnaden är främst resurstillgång och behov av analyser.

Användningen börjar som begränsat pilotprojekt för att se hur användbar programvaran är, för att sedan bli mer omfattande om det bedöms vara av nytta för företaget.

Eftersom simuleringarna görs av konsulter har ingen egen metodik utvecklats i hur manikinprogramvaran används. Man litar på konsulterna och låter dem jobba mycket på egen hand men man har synpunkter på t.ex. i vilken ordning olika delmoment ska simuleras. Resultaten presenteras oftast i form av bilder, animeringar och mätdata från programmen. Presentationsmaterialen upplevs som pedagogiska, framförallt av dem som ej är så insatta i detaljer, t.ex. företagsledning, och man får en tidig uppfattning hur det faktiskt kommer att se ut.

Konsulter

Denna användargrupp är de som har som levebröd att utföra simuleringar. De har ofta även en stor erfarenhet från en mängd olika applikationer. Ofta är man konsulter inom ett större område, t.ex. maskinteknik, mekanik eller flödessimulering, och man säljer ofta även programvaran man utför konsultuppdrag med. De flesta har använt manikinprogramvara under flera år, men det finns även de som nyss börjat utföra uppdrag med manikiner men tidigare arbetat med annan simulering. Uppdragens längd varierar mellan små projekt på ca en vecka, medelstora projekt på 3-4 veckor och större uppdrag på mer än 4 veckor. Längre konsultuppdrag utförs ibland sittande ute hos kunden.

För konsulterna är det uppdragsverksamheten som är mest omfattande. Utöver konsultuppdrag består arbetsinsatsen även av utbildning och support åt kunder som köpt program (vissa konsultföretag säljer program/system). Dock är programmen ännu så pass dyra att endast ett begränsat antal företag har haft råd att köpa dem. Ofta utförs demonstrationer hos företag som marknadsföring för att visa på möjligheterna med programmen.

Man upplever att man får trycka på kunderna för att de ska bli intresserade av användningen av manikiner. Man kan t.ex. vid flödes-simuleringar direkt se mätbara resultat och kostnadsbesparingar. Detta är svårare med ergonomisimulering vilket gör det svårare att sälja jobb.

Vissa använder ergonomisimulering i alla faser i projekt, men vanligast är senare under projektfasen då man redan har en uppfattning om vad man vill ha och vill ha ett sätt att bekräfta detta. Detta gör också att man kan begränsa antalet varianter vid simulering så kostnader (simuleringstid) sparas. Andra vill komma in tidigare än som är fallet idag. Idag kommer de in då någon form av geometri redan finns som datormodell, men man skulle hellre vilja komma in redan i konceptfasen innan en datormodell finns. Dock använder man befintliga miljöer som modeller i simuleringar när man arbetar med en förändring av något befintligt. Vissa gör även simuleringar av de produkter och verktyg som det egna konsultföretaget utvecklar. Man testar då åtkomst och belastningar vid provmontage.

Vid de simuleringar man utfört har olika funktioner eller analysmoduler använts, t.ex. OWAS, NIOSH (81 och 91), hand-armkrafter enligt Buranth-Shultetus och hela OPT (Occupant Packaging Toolkit) i Jack. Dock tolkas inte dessa ergonomiska analyser bokstavigt, utan istället ser man jämförelsen mellan olika situationer eller utformningar som det viktiga.

De som utför simuleringarna har olika bakgrund. Ofta är de civilingenjörer med ergonomikunskaper. Utförs uppdrag hos kund samarbetar man med andra, ofta ergonomer och operatörer.

Användandet av genomarbetade formella processer för utförande av ergonomisimuleringar varierar. Några har det medan andra mest baserar insatserna på sina erfarenheter i kombination med kundföretagets krav och processer.

Kan manikinsimulering påverka samarbete och kommunikation

Användare med egen programvara.

När det gäller kommunikation och delaktigheten i projekt har man märkt ett ökat samarbete mellan produktion och konstruktion. Detta på grund av att mycket av resultaten från simuleringarna, t.ex. vid montering, är underlag för konstruktionsändringar. Beredare och ergonomer kan också lättare förklara och förmedla sina resultat och diskutera olika konsekvenser. Bilder och annan data från simuleringarna fungerar som ett diskussionsunderlag på möten med flera närvarande. Resultaten liknar det konstruktörerna utför och det ger ett mer tekniskt intryck och imponerar mer jämfört att beskriva ergonomin på traditionellt sätt. Möjligheten för beredaren att påverka konstruktionsarbetet på ett tidigt stadium ökar starkt jämfört med tidigare när problem upptäcktes först vid prototypbyggnad. Man pratar helt enkelt samma språk.

Köpare av konsulttjänster

Något av företagen har använt konsulter för att föra in ny kunskap i företaget och för att kunna skapa underlag för diskussion och beslut. Se även nedan om konsulterna.

Konsulter

En samstämmig åsikt bland de intervjuade är att samarbete underlättas. Man anser att ett av huvudsyftena med simulering är att skapa diskussion. Simuleringarna upplevs som ett bra medel för att öka samarbete och förståelse inom projekt. Stor respons fås även av maskinoperatörer m.fl. vilka normalt inte är så aktiva. När dessa får se sin miljö i 3D med en manikin får man ett större engagemang och fler synpunkter.

Vad tycker man om programmen

Användare med egen programvara

Dessa användare har stor vana och önskar flera förbättringar av programvaran och man anser att flera funktioner saknas. Det anses besvärligt att göra mer komplicerade monteringssekvenser samt styra finmotorik och kroppspositioner på ett noggrant sätt. Att importera produktgeometrier tycker man också är lite besvärligt. Några andra kommentarer är att man tycker programmet är struligt för att vara så dyrt. Man skulle också vilja kunna importera data från rörelseinsamlingssystem. Det går inte att analysera krafter för att montera ihop två detaljer och det är svårt att få en uppfattning om mjuka material och kablar. Dock ger simuleringen ett grovt stöd av sådant i och med att man ser hur geometrierna ser ut. Ytterligare finns önskemål om

grundläggande kognitiva faktorer hos programmen samt att vissa av analysmetoderna saknar vissa parametrar än så länge, t.ex. att graden av komfort endast ges utifrån ledvinklar och inte inkluderar t.ex. tryckfördelning och vibrationer från omgivningen (t.ex. en stol). Analysmetoderna anses inte heller vara så bra anpassade till programvaran utan bara överförts från tidigare pappersversioner till datorformat. Fler analysmetoder önskas, t.ex. för klimat, buller och krafter. Variabel detaljeringsgrad önskas, t.ex. färre fingrar på handen för vissa analyser. Varning utfärdas också för att exportera manikiner till CAD-program, då manikinerna kan komma att användas felaktigt för helt andra ändamål än tänkt.

Man anser att det är bra att det ges referenser och bakgrundsdata om programvaran och att programmen också är visuella och användbara för presentationer.

Alternativ till manikinanalyser är analyser med hjälp av prototyper eller fullskalemodeller (mock-up). En nackdel är dock att analyserna oftast sker på redan gamla felaktiga versioner av produkten.

Köpare av konsulttjänster

Dessa använder inte programmen själva och har därför inga direkta synpunkter.

Konsulter

Dessa är vana användare, liksom de företag som köpt egen programvara, och man vill ha ett flertal förbättringar av dagens programvaror. Man önskar:

- bättre antropometrisk data
- bättre handmodell
- koppling av modeller till PDM-system för att uppdatera geometri
- mer data över sittställningar
- krav på exakthet vid förarplatsutformning
- grövre nivå för tidsstudier. MTM-1 är en för fin nivå
- bättre och enklare kontroll av manikinen önskas, idag är det vårt att få bra rörelser
- länka tid till geometri för att kunna bedöma tidsåtgång för olika operationer
- hårda ytor som manikinen inte kan ”köra handen genom”
- smartare programmering på högre nivå

- krafter på olika ställen
- kunna lägga på krafter som ej är en vikt, t.ex. spakkrafter
- enklare konvertering av geometrier (även från simuleringen till CAD)
- snyggare utseende
- kunna göra snabbare analyser
- kunna hantera flexibla material
- större möjligheter att applicera krafter och stöd
- kunna ta hänsyn till slag (ex hamra)

Konsulterna tycker att andra alternativ till analyser med manikiner är fullskalemodeller (mock-up), CAD-program, standards och riktlinjer.

Speciellt lämpliga områden för manikinanvändning är analyser som man vill kunna utföra tidigt under en konstruktionsprocess, t.ex. åtkomstanalys vid montage. Generellt fungerar datormanikiner bra som ett verktyg för utvärdering då det inte finns fysiska modeller eller om den fysiska miljön är otillgänglig som t.ex. i kärnkraftverk.

Vid bedömning av skaderisker i stort är manikiner också lämpliga.

Redovisning av resultat

Användare med egen programvara.

Analysresultaten redovisas oftast som bilder och animeringar. Dock görs flest statiska analyser (bilder) medan animeringar endast görs t.ex. vid en komplicerad rörlig operation. Dessa redovisas även som datormodeller, främst vid större simuleringar. Tillsammans med dessa bilder och animeringar bedöms resultatet av den som beställt simuleringen samt ibland även av ergonom i mer komplicerade fall. Om det är lämpligt kompletteras bilder etc. med ”siffror” från analyserna. Animeringar kan vara effektivt för att visa på konsekvenser, ibland bättre än med fullskalemodell.

De som gör simuleringen använder programmet som ett verktyg. Resultatet är egentligen inte simuleringen utan de slutsatser som man kan dra utifrån den, ex. en bedömning av komforten i ett konstruktionsförslag, ett erforderligt justerutrymme eller en teknisk lösning. Detta resultat används sedan av projektledning för att fatta beslut.

Köpare av konsulttjänster

Man har använt presentation med bilder och film för att jämföra före och efter förändring. Resultaten från simuleringarna i form av

förändringsförslag har visats för ledningsgrupp som sen samtyckt till att använda denna typ av verktyg i fortsättningen.

Konsulter

Vanligast är redovisning av resultat som rapport med bilder från analyserna. Ibland används en bildserie för att t.ex. visa ett justerområde av en förarstol. Filmer användas också, både översiktliga samt mer detaljerade filmer för att visa delmoment. Filmer används även för att med en filmsnutt jämföra nuvarande dåliga arbetsställning med en filmsnutt av en bättre ergonomisk arbetsställning.

Man visar även simulering direkt i programmet och visar resultaten interaktivt för uppdragsgivarna på plats på företaget. Detta ger ett större intresse för vad man kan göra och även större möjlighet till delaktighet och aktivitet från de man presenterar för. För att sälja jobb behöver man göra ”snygga” simuleringar, men för att redovisa ett uppdrag räcker det med en nivå som visar det mest intressanta. Även tabeller med data från tidsstudier redovisas.

Presentationerna av resultaten upplevs av kunderna som mycket positivt. De som är intresserade av ergonomi och arbetar med arbetsmiljöfrågor tycker att det är ett bra verktyg. Man upplever resultaten från simuleringarna som fakta, ”svart på vitt”. Vissa kan dock bli besvärade eftersom det så tydligt visas att situationen inte är bra.

Oftast är det beställaren som bedömer resultaten tillsammans i en projektgrupp eller ledningsgrupp. Gruppen kan bestå av den som gjort simuleringen (simulanten) en ergonom och en beredare av produktionen. Det är även vanligt att bedömningar sker kontinuerligt som stöd för kontinuerliga beslut i en process.

Utvärdering av resultat

Användare med egen programvara.

Det är svårt att relatera resultaten från manikinanalyserna till företagets egna standards och krav. Man ser inte att man nått ett bra resultat förrän den färdiga produkten eller arbetsplatsen fysiskt testats. Att man nått en bra lösning med simuleringarna framgår då tester i fullskalemodell ger tillfredsställande resultat. Några specifika tester eller jämförelser har inte gjorts för att verifiera/testa att resultatet stämmer med verkligheten, dock finns funderingar på detta.

En viktig del av metodutveckling är hur relevant lösningen egentligen är. Detta har hittills bedömts erfarenhetsbaserat men man vill komma ifrån detta genom att bestämma kriterier i metoderna. Metoden bör innehålla en generell struktur hur man ska göra för att få de resultat man behöver. Metoden behöver också vara ganska detaljerad för att minska spridningen av resultaten. Problemet är att man simulerar saker som inte finns och metoden måste säkerställa att simuleringen ligger nära det faktiska utfallet. Ett problem är att produkten tillverkas flera år efter att

simuleringarna gjorts och då har man glömt bort vad man gjorde. Det kan också ha hänt saker i projektet som gör jämförelser svåra.

Genom användandet av manikiner får man en uppfattning om "vart det lutar". Men man gör ofta fysiska tester för att verifiera resultaten från manikinprogrammet. Genom detta ser man hur mycket man kan lita på dessa program i olika applikationer i framtiden och hur pass resultat stämmer med företagsstandard.

Köpare av konsulttjänster

Man har gjort vissa förändringar av arbetsplatserna (lyftbord att stå på för att få en bra arbetshöjd) som gett minskning av problem hos de anställda. Denna förbättring tycker man stämmer med resultaten från simuleringarna.

Konsulter

Om resultaten är relevanta eller inte bedöms t.ex. genom gruppens expertis och med hjälp av de mätdata man fått fram. Dock finns ingen metodik för att strukturerat se om simuleringsresultaten är relevanta för situationen.

För att utvärdera resultaten görs ibland jämförelser med fullskalemodeller som byggs senare, dock är återföringen tillbaka till simulanterna dålig från dem som jobbar med fullskalemodelltester.

Idag är det få tillfällen som någon utvärdering av simuleringsresultaten görs. Detta kostar tid och pengar, men man anser dock att det är mycket viktigt för att kunna visa nyttan för kunden. Troligen görs bedömningar av t.ex. en ergonom på kundföretaget, information som dock inte når tillbaka till konsultföretaget.

Det är viktigt att titta på beslut som fattas under utvecklingsprocessen av en produkt eller produktionssystem. Det ligger i simuleringsteknikens och den nya arbetsmetodens natur att många av de små eller stora felaktiga beslut undviks med hjälp av simuleringar. Felaktiga beslut som många gånger annars skulle få stora negativa konsekvenser. När man kontinuerligt simulerar under utvecklingsprocessen upptäcks dessa brister på ett tidigt stadium. Bristerna åtgärdas, avfärdas och glöms sen som obetydliga förändringar. Ibland leds användare helt och hållet förbi felaktiga utvecklingsvägar som utan simulering skulle ha valts. Det är alltså viktigt att dessa ändringar/beslut noggrant studeras och dokumenteras för att kunna visa på de stora ekonomiska vinster som man har simuleringstekniken att tacka för.

Diskussion och slutsatser

I undersökningen kan man se att användning av datormanikinprogram är relativt begränsat förekommande, med några undantag. Anledningen är att programvaran är relativt ny samt en kombination av höga kostnader för programvara, resursbehov för utbildning av personal samt att många företag inte har tillräcklig mängd simuleringsarbete för kontinuitet. Detta

begränsar mängden möjliga företag (åtminstone för de mer avancerade = dyrare manikiner) men ger å andra sidan utrymme för specialiserade konsultföretag.

De företag som förekommer i undersökningen är sådana som utvecklar och producerar produkter (inte tjänster) med en tonvikt på bilindustri med underleverantörer. Dessa företag har behov av att snabbt konstruera och producera nya komplicerade produkter. Det som sker är att användningen av datormanikiner sprids inom dessa företag, från produktutveckling till att användas även inom produktionsplanering. Vi tror att denna utveckling kommer att fortsätta eftersom konstruktion och produktionsplanering integreras mer och mer, där även datormanikinprogram kommer att spela en viktig roll. Användningen av programmen kommer även att spridas till underleverantörsleden efter mer påtryckningar från deras kunder.

Vilket program man använder har ganska naturligt att göra med vad för analyser man vill utföra, Ramsis med sin specialiserade användning för utformning av förarplatser finns t.ex. hos biltillverkare. De företag som sysslar med utformning av produktionssystem har ofta tillgång till manikinmoduler i de program som redan används för utformning av fabrikslayouter.

Anledningarna till att man använder manikinprogram och vad man använder dem till skiljer sig åt mellan företagen. Men den gemensamma nämnaren för användandet är att man behöver utföra en ergonomisk utvärdering i en miljö eller av en produkt som inte finns tillgänglig. Man anser också att användningen kommer att fortsätta i någon form, vilket vi tror beror på dagens utveckling mot kortare tid mellan produktidé och produktion men också för att andra datoriserade hjälpmedel (CAD, flödessimulering etc.) används mer och mer.

Eftersom manikinprogrammen i likhet med många andra avancerade verktyg kräver både utbildning, upplärningstid och en kontinuerlig användning för att behålla kompetens är det naturligt att de främst används av simuleringsspecialister (simulanter) eller av t.ex. ergonomer eller ingenjörer som använder programmen under en större del av sin arbetstid. Det finns exempel bland de intervjuade företagen där man tappat kompetens genom för liten användning av den egna programvaran och därmed varit tvungen att anlita externa konsulter för arbetet. Andra företag har å andra sidan utnyttjat konsulter för att tillföra kompetens och tillgång till manikinsimulering vilket flera av de intervjuade företagen har goda erfarenheter av.

De synpunkter om programmen som de intervjuade för fram visar att det fortfarande krävs en hel del utveckling för att programmen skall upplevas som lätta och smidiga att använda. Även de analysmöjligheter som finns inbyggda kan förbättras. Dagens program har stora möjligheter till manövrering av manikinen men det som efterfrågas är att de skall bli ännu lättare att hantera. Utifrån de olika synpunkterna som getts ser man

att det gemensamma som önskas är att det skall bli lättare att göra de analyser de olika intervjuade personerna själva arbetar med. Detta tycker vi visar att det finns ett behov att utveckla programmens funktioner mer mot specifika verktyg/metoder som komplement till dagens mer generella program.

De alternativa metoder som förs fram, t.ex. fullskalemodeller, tycker vi visar på fördelarna med manikinprogram. Fullskalemodeller kan sällan förändras i samma takt som konstruktionsarbetet, vilket är möjligt med datormanikiner. Det är få saker som inte kan göras med alternativa metoder men rätt utfört ger användning av datormanikiner stora fördelar genom att vara billigare och ge större möjligheter. Det är dock viktigt att välja ett sätt som passar det egna företags resurser och behov.

Alla intervjuade företag anser att användningen av manikinprogram har medfört ökade möjligheter till samarbete mellan olika kategorier människor på företaget.

Resultatredovisningen där man kan sätta siffror på ergonomiska aspekter visar att det är viktigt att kunna kommunicera inom t.ex. projektgrupper. Här kan dessa verktyg som upplevs som vederhäftiga och instruktiva och vara ett sätt att öka trovärdigheten och tyngden i argumentationen, vilket är något som lyfts fram i undersökningen.

För mer information om studien, kontakta:

Anders Sundin, anders.sundin@arbetslivsinstitutet.se

Hans Sjöberg, hjs@ppd.chalmers.se

Publikationer från studien:

Sundin A. and Sjöberg H. (2002). The use of computer manikins used in Sweden. In Proceedings of the 34th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, Humans in Complex Environments, 1-3 October, 2002, Kolmården. Edited by Caldenfors D., Eklund J. and Kiviloog L. Linköping University, Linköping. pp 745-750.

Sundin A. and Sjöberg H. (2003). The adoption of virtual visualisation and simulation of human aspects in product development and manufacturing design. In Proc. 8th International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing: Agility & Hybrid Automation. Rome May 26-30, 2003.

Studien genomfördes inom ramen för ”*Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning*”, ett forskningsprojekt vid Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansieras av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

3.2.3 Frågemall: "Användare av datormanikiner i Sverige"

1. Frågor om företaget:

- 1.1. Vad man gör (vad för produkter, konsult)
- 1.2. Antal anställda.

2. Omfattningen av manikinanvändning:

- 2.1. Sedan hur länge använder man manikiner?
 - 2.1.1. Kommer man att fortsätta användningen?
- 2.2. I hur många/hur stora projekt har man använt/använder man manikiner?
- 2.3. Vilka manikinprogram (ett eller flera) har man använt/använder man?
 - 2.3.1. Fristående program eller moduler i CAD-program?
- 2.4. Varför använder man manikiner?
- 2.5. Vilka frågor vill man ha svar på? (belastningar, packning, sikt, utrymmesbehov, synfält, räckvidd ...)
 - 2.5.1. Får man svar på frågorna?
- 2.6. Om konsultföretag:
 - 2.6.1. Vill kunderna använda manikiner eller väljs det av konsulten?
 - 2.6.2. Test/demonstration inför eget inköp av manikinprogram eller rent konsultuppdrag? (om konsulterna även säljer licenser)

3. Hur går arbetet till?

- 3.1. När i projektfasen används manikinprogrammet?
- 3.2. Har man använt speciella funktioner/moduler?
- 3.3. Vem utför simuleringen (tekniker, ergonom, etc.)?
 - 3.3.1. Utförs manikinsimuleringen av en person eller i grupp med olika kompetenser?
- 3.4. Finns det en formell metod/process för simuleringen?

4. Kan manikiner påverka kommunikationen/samarbetet/delaktigheten inom ett projekt?

- 4.1. Vilka erfarenheter har man av detta?

5. Vad tycker man om programmen

- 5.1. Saknar man någon funktion och/eller finns det allvarliga brister i de program man använder?
- 5.2. Kan analysen med datormanikin utföras med något annat verktyg/program/metod (prototyp/mock-up)?
 - 5.2.1. Vilken typ av analys kan endast utföras med datormanikin?
- 5.3. Vilken typ av analys är lämplig att utföra med manikinprogram?
 - 5.3.1. Vilken typ av analys är inte lämplig att utföra med manikinprogram?

6. Redovisning av resultat:

- 6.1. Hur redovisas resultatet?
- 6.2. Hur upplevs presentationen ?
- 6.3. Vem bedömer resultatet?
- 6.4. Vad för typ av kriterium används för att bestämma att en relevant lösning erhållits vid användning av manikinprogram? (slutresultatet av hela arbetet)

7. Utvärdering av resultaten:

- 7.1. Har resultaten utvärderats, jämförts med verkligheten?

4 Fallstudier

Fallstudierna som beskrivs i detta kapitel är utförda under åren 1999-2003 av den s.k. "Datormanikingruppen" vid Arbetslivsinstitutet Väst och Chalmers, avdelningen för Människa-tekniksystem, institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling (se kapitel 8 för fakta om Datormanikingruppen). Dessa två organisationer ingår även i nätverket *da Vinci Center*. Inom *da Vinci Center* (<http://www.davinci.chalmers.se>) finns insatsområdet *Människan i Virtuellt Produktframtagning*, som fokuserar på forskning och utveckling om det som beskrivs i denna rapport.

De två första fallstudierna är exempel på tidig användning av datormanikiner inom Datormanikingruppen. Fallstudie 3 och 4 samt fallstudie 5, ett examensarbete, är utförda inom Datormanikinprojektet (se kapitel 8). Syftet med beskrivningarna i detta kapitel är att ge en kort och sammanfattad bild av respektive fallstudie samt de kunskaper och erfarenheter dessa gett. För mer och djupare information ges referenser och kontaktpersoner för varje fallstudie.

Fallstudier:

1. Volvo Bussar – användning av datormanikin i produktutveckling
2. Cupola – tidig analys av modul till internationella rymdstationen ISS
3. Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktion
4. Hur ergonomisimulering tolkas av två olika yrkesgrupper
5. Användning av simuleringsverktyg vid produktionsberedning på Saab

4.1 Volvo Bussar – användning av datormanikin i produktutveckling

Sammanfattning fallstudie 1

Rör- och kabeldragning vid Volvo Bussar AB - en analys av och jämförelse mellan montering av ett befintligt och ett nytt chassi under dess produktutvecklingsfas.

I ett projekt tillsammans med Volvo Bussar i Borås under 1998 till 2000, genomförde Arbetslivsinstitutet Väst analyser av ett nytt chassi som var under utveckling. På tidigare chassin upplevdes speciellt rör- och kabeldragning som påfrestande och krångligt för montörerna. I och med utvecklingen av detta nya chassi ville företaget komma tillrätta med problemen. Syftet med studien var att under produktutvecklingsfasen förbättra rör- och kabeldragningen. I projektets arbetsgrupp ingick chassikonstruktörer, en produktionstekniker från Boråsfabriken, karosskonstruktörer från andra fabriker samt två forskare från Arbetslivsinstitutet Väst.

Studien bestod av tre delar:

1. En undersökning av rör- och kabeldragningen för ett befintligt äldre chassi som tillverkades i Borås, inklusive en fysisk simulering av ett förenklat sätt att montera.
2. En undersökning av rör- och kabeldragningen av ett nytt chassi.
3. En jämförelse mellan det äldre och det nya chassiet.

Med hjälp av videofilmning av arbetet med rör- och kabeldragningen gjordes tids- och arbetsställningsanalyser. En sammanställnings gjordes även av de inblandade montörernas upplevelser av fysiskt belastande arbetsmoment och svårmonterade konstruktionslösningar.

Parallellt med arbetet i arbetsgruppen och de andra analyserna gjordes i samverkan med Chalmers, avdelningen för Människa teknikersystem, analyser med hjälp av datormanikinprogrammet Jack för att virtuellt analysera konstruktionsförslag. Denna studie var det första tillfället då Jack användes i ett projekt av forskargruppen, så användningen var i form av en pilotstudie.

Resultaten visade att monteringen av det gamla chassit var tidskrävande och arbetsbelastande, till viss del orsakade av chassikonstruktionen. Som exempel på resultat användes 56 minuter totalt för montering av kablage på det gamla chassit, varav drygt hälften av tiden gick åt till fastsättning. Vid testet med den simulerade förenklade monteringen tog samma uppgift endast 6 minuter varav 4 minuter åtgick till fastsättning. Under analyserna av det nya chassit identifierades brister för vilka förbättringar föreslogs i syfte att underlätta monteringsarbetet. Jämförelsen visade att för det nya chassit skulle monteringen gå fortare, men att själva

fastsättningen kommer vara detsamma som för det gamla. Under projektet uppmärksammades flera situationer som har förbättrats med nya chassit. Konstruktörerna ansåg att användningen av datormanikinen hade potential för att identifiera problematiska situationer. De ansåg även att bildmaterialet från manikinanalyserna kunde underlätta förståelsen av komplexa konstruktionslösningar där många personer är involverade i utvecklingsarbetet. Överföring av datormodeller från konstruktörernas CAD-program fungerade bra. Filerna överfördes från konstruktionsprogrammet CADS5 via filformatet IGES till Jack.

Exempel på bilder från analyserna med datormanikinen i studien:



Bild 1. En monteringssituation där en balk skymmer sikten för montören.

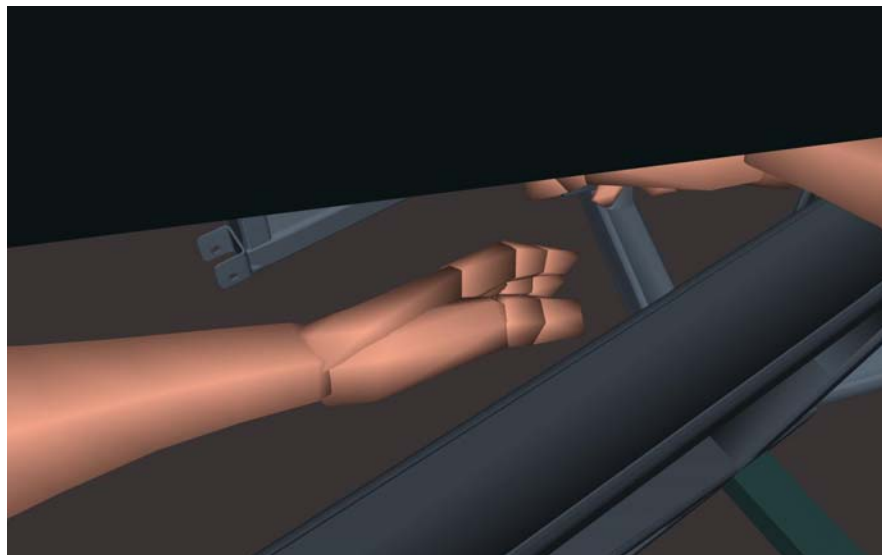


Bild 2. Samma monteringssituation sedd med manikinenes ögon, där balken skymmer övre delen av synfältet.

För mer information om studien, kontakta:

Marita Christmansson, marita.christmansson@arbetslivsinstitutet.se

Anders Sundin, anders.sundin@arbetslivsinstitutet.se

Publikationer från studien:

Christmansson M., Larsson M. and Sundin A. (2000) Rör- och kabeldragning vid Volvo Bussar AB - en analys av och jämförelse mellan montering av ett B10B-chassi och ett 8050-chassi under dess produktutvecklingsfas. Slutrapport. Arbetslivsinstitutet Väst, Göteborg.

Sundin A., Christmansson M. and Örtengren R. (2000) Use of a computer manikin in participatory design of assembly workstations. In Ergonomic Software Tools in Product and Production Design. A review of recent developments in human modelling and other design aids. Edited by Landau K. Ergon, Stuttgart. pp 204-213.

Sundin A., Christmansson M. and Larsson M. (1999) Participatory ergonomics influencing the processes of product and production design. In Proc. 15th International Conference on Production Research. ISBN 1-874653-56-9. Edited by Hillery M.T. and Lewis H.J. Dept of Manufacturing and Operations Engineering, University of Limerick, Limerick. pp 1029-1032.

Sundin, A., Christmansson, M., Sjöberg, H. & Örtengren, R. (1999) A participatory approach to use a computer mannequin in the development of assembly processes. In Proceedings of the Int. Conf. on Computer-Aided Ergonomics and Safety. Barcelona, Spain, May 19 - 21.

Projektet genomfördes i samarbete med Volvo Bussar AB och genomfördes inom COPE-programmet. COPE (Cooperative for Optimization of Productivity and Ergonomics in production systems) var ett flerårigt program med deltagare från Arbetslivsinstitutet, Chalmers, Lunds Tekniska Universitet och Lindholmen Utveckling (som 1999 blev Arbetslivsinstitutet Väst).

4.2 Cupola – tidig analys av modul till internationella rymdstationen ISS

Sammanfattning fallstudie 2

Cupola – Ergonomianalyser vid utvecklingen av en modul till Internationella rymdstationen

Under 1999-2001 genomfördes ett projekt på uppdrag av det italienska företaget Alenia Spazio, European Space Agency (ESA) samt National Aeronautic and Space Administration (NASA). Uppdraget var att utvärdera ergonomi i en del av det internationella samarbetsprojektet International Space Station (ISS). Arbetet rörde Cupola, en observations- och manövermodul som byggs för att placeras som en del på rymdstationen (Bild 1). Modulen är ej ännu uppskickad. Cupolan är en sexkantig modul med fönster i alla riktningar. Huvudsyftet med Cupolan är att därifrån sköta manövreringen av den robotarm som används vid olika operationer på rymdstationens utsida, t.ex. urlastning av utrustning från rymdfärjan. Cupolan kommer även att användas för vetenskapliga observationer av Jorden och rymden. Cupola-programmet är ett resultat av en överenskommelse mellan NASA och ESA. Överenskommelsen säger att ESA ska leverera Cupola till ISS i utbyte mot transport av europeisk utrustning till rymdstationen och möjlighet för Europa att genomföra forskningsexperiment ombord. Uppdraget utfördes inledningsvis av Lindholmen Utveckling AB och slutfördes av Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet genomfördes i samarbete med Chalmers, avdelningen för Människa tekniksystem.

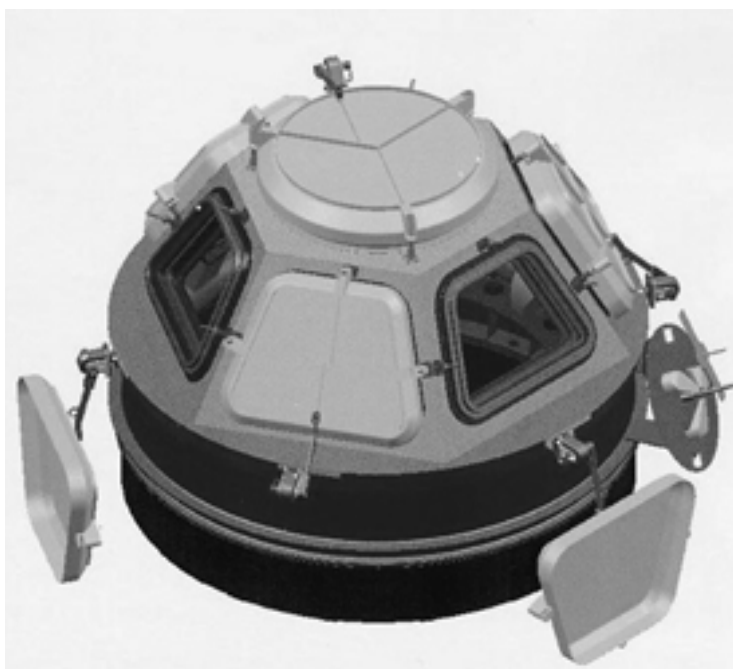


Bild 1. Datorbild av Cupola. En sexsidig observationsmodul för Internationella rymdstationen.

Uppgiften var att ur ergonomisk synvinkel utvärdera huvudsakligen invändig och i viss mån även utvändigt utformning. Operatörmiljön måste tillfredsställa NASAs mycket omfattande och detaljerade kravspecifikation över ergonomi och säkerhet för rymdstationens besättning.

En hierarkisk arbetsanalys (Hierarchical Task Analysis, HTA) utfördes för att strukturera alla arbetsuppgifter som astronauterna kommer att utföra i rymden. HTA strukturerade och delade upp 23 övergripande arbeten (t.ex. Operate Robotic Work Station) till hundratals mindre arbetsuppgifter (t.ex. Connect Power Cable). Denna analys låg som underlag för analyserna med datormanikin och fullskalemodell. För att kunna hantera all data från projektets analyser skapades en relationsdatabas i Microsoft Access.

En betydande del av arbetet utgjordes av datorsimuleringar med datormanikinprogrammet Jack. Detta delprojekt genomfördes i samarbete med Chalmers, avdelningen för Människa teknisksystem, där programvaran Jack fanns tillgängligt. I simuleringarna användes datormodeller av Cupolan med dess olika ingående utrustningar och komponenter. Modellerna erhöles från konstruktörerna i Italien. Ett filöverföringsprotokoll (2st A4-sidor) utvecklades för att underlätta filhanteringen mellan Italien och Sverige. Med Jack simulerades alla de arbetsuppgifter som astronauterna kommer att utföra i Cupola. På detta sätt kunde utrymme för att utföra en viss arbetsuppgift bestämmas, liksom möjligheten att utföra arbetet på föreslaget sätt, utan att komma i konflikt med krav på säkerhet och ergonomi. Simuleringarna genomfördes med datormanikiner som hade storleken 5%ile Japansk kvinna, 149cm, (Bild 2) och 95%ile Amerikansk man, 197cm.



Bild 2. Exempel på bild från analyserna med datormanikin. En 5%ile Japansk kvinna hanterar och monterar den enhet (Robotic Workstation) som ska användas för att styra en robotarm på utsidan av rymdstationen.

I arbetet ingick även byggandet av en fullskalemodell (mock-up) av Cupolan. Denna byggdes i samverkan med Designkonsulterna i Göteborg. Modellen användes för ytterligare utvärderingar av ergonomin i Cupolan tillsammans med personal och astronauter från ESA och NASA.

Resultaten från projektet visar att många problem med konstruktionen identifierades med hjälp av analyserna med datormanikin och fullskalemodell. Den inledande hierarkiska arbetsanalysen visade sig vara av stort värde för alla efterkommande analyser. Protokollet för filhantering förbättrade överföringen och hanteringen av datormodellerna. Relationsdatabasen gav stor nytta under analyserna för dokumentation och senare för spårbarhet och vid slutlig projektdokumentation. Totalt analyserades drygt 600 arbetssituationer med datormanikinen och resultatet presenterades främst i form av bilder tillsammans med kommentarer.

För mer information om projektet, kontakta:

Anders Sundin, anders.sundin@arbetslivsinstitutet.se

Hans Sjöberg, hsj@ppd.chalmers.se

Marianne Törner, marianne.torner@arbetslivsinstitutet.se, projektledare

Publikationer från studien:

Törner M., Frid J., Sundin A. and Wartenberg C. (2000) Cupola system human factors engineering analysis (CUP-RP-LU-10). Verification of human factors engineering requirements in Cupola workplace design and construction of low fidelity 1-g Cupola mock-up and its use in development tests and demonstrations. Report for International Space Station Design Consolidation Review to Alenia Aerospazio, European Space Agency and NASA. Lindholmen Utveckling, Göteborg.

Wartenberg C., Frid J. and Törner M. (2002) Relational database as a tool in industrial design. Experience from a human factors engineering analysis of a module for manned space-flight. *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, 371-385.

Sundin A., Törner M., Rönnäng M., Dukic T., Wartenberg C., Sjöberg H., Örtengren R. and Frid J. (2002) Prerequisites for extensive computer manikin analysis - An example with hierarchical task analysis, file exchange protocol and a relational database. In SAE Transactions - Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems. Paper awarded to be among the most outstanding technical research in that field 2001. SAE 2001-01-2101. SAE International, Warrendale.

Sundin A., Örtengren R. and Sjöberg H. (2001) Proactive human factors engineering analysis in space station design using the computer manikin Jack. In SAE Transactions - Journal of Passenger Cars - Mechanical

Systems. Paper awarded to be among the most outstanding technical research in that field 2000. SAE 2000-01-2166. pp 2237-2242.

Sundin A., Sjöberg H., Törner M., Wartenberg C., Rönnäng M., Örtengren R. and Dukic T. (2001) Virtual Reality 3D CUBE activities for manned space flights. In proc. CD-rom. International Conference on Computer Aided Ergonomics and Safety, CAES'01, Maui. Edited by Karwowski W., Mondelo P. and Mattila M. CAES.

Sundin A., Christmansson M. and Örtengren R. (2000) Methodological differences using a computer manikin in two case studies: Bus and space module design. In Proc. IEA 2000/HFES 2000 Congress. HFES, Santa Monica. pp. 496-498.

Studien genomfördes på uppdrag av Alenia Spazio, ESA samt NASA

4.3 Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktion

Sammanfattning fallstudie 3

Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktionssystem - En fallstudie av utvecklingen av produktionssystemet för P28/XC90

Under 2001 genomfördes inom Manikinprojektet studier kring hur Volvo Cars använde virtuella verktyg och hur deras arbetssätt för virtuell produkt- och processberedning fungerade. Volvo Cars följde det virtuella arbetssättet för första gången fullt ut vid utvecklingen av bilmodellen Volvo XC90 (med arbetsnamnet P28). Arbetssättet omfattade både virtuell analys (Bild 1) och fysisk analys av olika aspekter i produkt- och tillverkningsprocessen, såsom monterbarhet och ergonomi. Utgångspunkten för studien var att fokusera på de ergonomiska aspekterna av manuellt monteringsarbete i slutmonteringen samt i vilken utsträckning arbetssättet kunde användas för att tidigt identifiera ergonomiska problem. Specifikt analyserades användningen av ergonomisimuleringar med datormanikiner.

Intervjuer genomfördes med cirka 30 medlemmar från de olika utvecklingsteamerna (de så kallade modulteamerna vid den tidpunkten). Dessutom följdes och filmades monteringsarbetet för ett urval av monteringsinstruktionerna (processkontrollinstruktioner, PKI) för P28. Detta genomfördes från och med virtuell serie 5 (februari 2001) till och med förserien PTO1 (pre-tryout, november 2001).



Bild 1. En datormanikin används vid simulering av montering. (Bild Volvo Cars)

Resultaten från denna studie visar att det nya virtuella arbetssätt som Volvo Cars använt, och senare fortsatt att utveckla, fungerat väl och gett många positiva effekter. De inblandade i modulteamen visade sig positiva att fortsätta med ett virtuellt arbetssätt. Viktigast att peka på är att många ergonomiska problem har uppmärksammats men även kunnat åtgärdas med det virtuella arbetssättet. Samarbetet i modulteamen bestående av flera olika kompetenser har i stort fungerat bra. Framförallt beredarna har med dessa virtuella verktyg kunna kommunicera bättre med konstruktörerna och fått ett stöd i olika resonemang och beslut. Försvårande faktorer var dock de geografiska avstånden mellan husen på Volvo-området samt bristande tillgänglighet till IT-system.

Det uppdagades dock problem med det virtuella arbetssättet under projektets gång. Forskargruppen kommunicerade kontinuerligt med ansvariga på Volvo vilket ledde till snabba förbättringar kontinuerligt. Exempel på problem var dokumentation. Endast ett fåtal simuleringar dokumenterades i s.k. simulation reports vilket gjort att fakta och kunskap om simuleringarna ej fanns tillgängligt. Endast den person som utförde själva simuleringen besitter kunskapen. Utöver denna kunskap om hur själva simuleringen utförts var även dokumentering av omkringliggande faktorer bristfällig, t.ex. saknades miljöinformation som monteringsbanans höjd, avstånd till nästa bil etc. Ett annat problem som visade sig var att det funnits olika mål med simuleringarna. Till exempel har beredaren beställt en simulering för att belysa ett problem, medan personen som utfört simuleringen börjat jobba på att hitta olika lösningar på problemet.

I slutändan visade det sig att man senare i de fysiska serierna uppmärksammade 250 ergonomiska problem, problem som de flesta borde kunna ha upptäckts i den virtuella serien. Ett problem i arbetssättet har varit bristen på tillräcklig ergonomikompetens. Antal ergonomer har upplevts som för få och ergonomikunskapen har inte varit utvecklad hos dem som ansett sig ha uppgiften att arbeta med ergonomiaspekter. Ytterligare ett problem var att kunskapen om vad datormanikin-programvaran kan göra var låg. Några visste till exempel inte om att synfälsanalyser gick att göra.

För mer information om studien, kontakta:

Tania Dukic, tania.dukic@arbetslivsinstitutet.se

Magnus Rönnäng, mronnang@volvocars.com (Chalmers fram till 2003)

Marita Christmansson, marita.christmansson@arbetslivsinstitutet.se

Publikationer från studien:

Dukic T., Rönnäng M., Christmansson M., Falck A.-C., Sjöberg H., Sundin A., Wartenberg C. and Örtengren R. (2002) Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktionssystem - En fallstudie av utvecklingen av produktionssystemet för P28/XC90. En delrapport inom projektet "Datormanikiner som verktyg vid utveckling

och utvärdering av organisation och lokalanvändning”. Chalmers, Göteborg.

Dukic T., Rönnäng M., Örtengren R., Christmansson M. and Davidsson A.J. (2002) Virtual Evaluation of Human Factors for Assembly Line Work: A Case Study in an Automotive Industry. In Digital Human Modelling Conference. Munich June 2002. Edited by VDI/SAE VDI Verlag GmbH, Düsseldorf. pp 129-150.

Rönnäng M., Dukic T., Christmansson R. and Örtengren R. (2002) The ergonomist in a virtual production planning process. In Proceedings of the 34th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, Humans in Complex Environments, 1-3 October, 2002, Kolmården. Edited by Caldenfors D., Eklund J. and Kiviloog L. Linköping University, Linköping. pp 677-682.

Studien genomfördes i samarbete med Volvo Car Corporation inom ramen för ”*Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning*”, ett forskningsprojekt vid Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansierades av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

4.4 Hur ergonomisimulering tolkas av två olika yrkesgrupper

Sammanfattning fallstudie 4

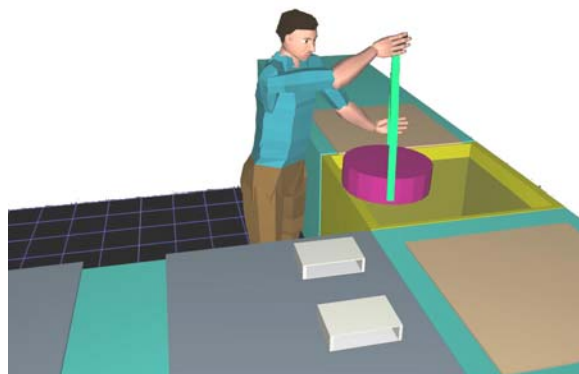
Hur tolkas en ergonomisimulering av två olika yrkesgrupper? Det beror på vem som är betraktaren: Vem är egentligen mest lämplig som användare av datormanikiner?

Denna studie genomfördes inom Manikinprojektet (se Kapitel 8) och syftet med studien var att se hur användarens bakgrund och kunskaper påverkar hur en simulering med datormanikin tolkas.

Deltagarna i studien var sex produktionstekniker och fem ergonomer. Produktionsteknikerna hade ingen specifik utbildning i ergonomi och ergonomerna hade ingen officiell utbildning inom produktionsteknik.

En arbetsplats vid ett gjuteri filmades där manuellt arbete med både ergonomiska och produktionsrelaterade problem hade identifierats. En arbetssekvens på några minuter valdes ut och utifrån filmen gjordes en simulering/animering med datormanikinprogrammet Jack av samma arbetssekvens.

Innan personerna visades denna simulerade arbetssekvens fick de ta del av bakgrundsfakta om arbetsplatsen, eftersom de inte hade någon tillhörighet till gjuteriet. Under försöket skötte en försöksledare programmet Jack för att det inte skulle bli skillnader utifrån hur de olika personerna kunde hantera programvaran. Under det totalt 50 minuter långa försöket fick personerna lista de problem de uppfattade vid arbetsplatsen (ergonomiska, produktionstekniska, psykosociala etc.) samt även ge förslag på förbättringar. Resultatet från varje person dokumenterades som bilder från Jack och text från de problemsituationer de identifierat. Ett exempel från dokumentationen ses i Bild 1.



Problem

Arbete med hand över skuldernivå.

Lösningsförslag

Införa en styrning för lyftanordningen.

Bild 1. Exempel på problem som dokumenterades från försöket med en av testpersonerna.

Efter manikinanalysen genomfördes intervjuer med varje försöksperson om hur de upplevde simuleringssituationen.

Under försöken gav alla försökspersoner 79 kommentarer om totalt 18 olika problem. För båda grupperna, produktionstekniker och ergonomer, var de flesta identifierade problemen kopplade till fysisk belastning. Dock beskrev produktionsteknikerna de fysiska problemen mer detaljerat. Skillnaden visade sig även vid beskrivning av lösningar där produktionsteknikerna kom med mer tekniska systemlösningar snarare än hjälpmedel för att lösa ergonomiska problem.

Produktionsteknikerna var fokuserade på tekniska förutsättningar, medan ergonomerna fokuserade och kommenterade mer på arbetsinnehåll, psykosociala aspekter mm.

Båda grupperna upplevde det som svårt att bedöma tidsåtgång för arbetet utifrån simuleringen. Produktionsteknikerna kände ändå att informationen i simuleringen var tillräcklig för att bedöma arbetet, medan ergonomerna tyckte det var svårare, t.ex. för att det var svårt att bedöma muskelbelastning från simuleringen.

Studien visar att det finns skillnader hur olika yrkesgrupper tolkar en simulering. De båda grupperna var lika i att identifiera problem, men åtgärdsförslagen skilde dem emellan. Resultaten visar vikten av att ha en deltagande arbetsprocess, det vill säga att involvera olika personer med olika kompetens i arbetet. Vad gäller själva manikinprogrammet under försöken så uppskattades möjligheten att zooma och rotera i datormiljön. Dock upplevde flera att simuleringen var för artificiell och människorna i datormiljön kändes för omänskliga.

För mer information om studien, kontakta:

Magnus Rönnäng, mronnang@volvocars.com (Chalmers fram till 2003)

Tania Dukic, tania.dukic@arbetslivsinstitutet.se

Publikationer från studien:

Rönnäng M., Dukic T., Örtengren R., (2003) It's in the eye of the beholder: Who should be the user of computer manikin tools? In proc. Digital Human Modelling Conference, Montreal, Canada, 16-19 juni. 03DHM-27.

Studien genomfördes inom ramen för Manikinprojektet, ett forskningsprojekt vid Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansierades av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

4.5 Användning av simuleringsverktyg vid produktionsberedning på Saab

Sammanfattning fallstudie 5

Visualiseringsarbete på Saab Automobile AB - En utvärdering av arbetssätt vid datorstödd visualisering inom produktberedningen. Examensarbete.

Syftet med arbetet, som utfördes som examensarbete under hösten 2002, var att utvärdera arbetssätt och organisation kring visualiseringar av manuell montering kopplat till produktionsberedningen på Saab Automobile AB. Detta inbegriper även visualiseringar med datormanikiner. Dessutom har hänsyn tagits till ergonomiska aspekter vid detta visualiseringsarbete. Utöver detta diskuteras i examensarbetet även trender och utveckling kopplade till visualiseringsarbete.

Examensarbetet är genomfört som en fallstudie vid avdelningen för Produktionsberedning Montering vid Saab Automobile AB. Primärt genomfördes intervjuer med 16 personer som arbetade på produktionsberedningen och företagshälsovården samt deras chefer.

Några av resultaten är att Saab, trots att arbetet med visualiseringar där ännu inte är fullt ut integrerat, redan funnit fördelar med visualiseringarna. Visualiseringarna ger förutom förbättrad kommunikation även möjlighet att upptäcka monteringsproblem såsom kollisioner i monteringsmomenten och åtkomstrelaterade problem redan innan fysiska prototyper byggts. Ett tvärfunktionellt participativt arbetssätt har visat sig fungera bra. De problem som varit relaterade till visualiseringarna har främst varit kopplade till de programvaror som används. Orsaken till många av dessa problem är att arbetet med att integrera programvarorna ännu inte är färdigt.

Saab utför själva sitt visualiseringsarbete utan externa konsulter samt är ett relativt litet företag. Detta har gjort att kommunikationen mellan t.ex. produktberedare och simulerare verkar vara tydligare på Saab än på Volvo som de själva jämför med. Avstånden mellan beredare och simulerare är mindre både mätt med fysiska och organisatoriska mått. Simuleringsavdelningen på produktionsberedningen för montering är så liten att simulerarna vet vad de andra arbetar med och vilka uppdrag som är på gång.

Det viktigaste med ett framtida visualiseringsarbete på Saab är ett fortsatt arbete med systematisering av användandet av tekniken. I detta arbetet ingår delar som att:

- integrera all programvara som används vid visualiseringar
- integrera visualiseringsarbetet i det dagliga beredningsarbetet
- ta fram ett bra system för dokumentering av visualiseringar
- fortsatt utbildning i ergonomi och programvara för berörd personal

Några konkreta exempel på rekommendationer som ges i examensarbetet är att:

- ge simulerarna ergonomiutbildning eller organisera så att simuleringar med datormanikiner alltid utförs tillsammans med en beredare med ergonomiutbildning
- fortsätta arbetet med framtagande av en väl fungerande dokumentationsmall, där man t.ex. bör tillsätta en tvärfunktionell dokumentationsgrupp som arbetar fram dokumentationsmallar
- en mer omfattande dokumentationsmall bör användas för simuleringar och visualiseringar för de tillfällen då datormanikiner använts
- datorgenererade bilder ingår i dokumentationen
- de funna positiva resultaten genom användande av simuleringar och visualiseringar vid det senaste projektet lyfts fram och poängteras för företagsledningen
- det görs en kostnadsanalys för att utvärdera värdet av simuleringar och visualiseringar i utvecklingsarbetet
- sammanställa en kort sammanfattning för att spridas på företaget med en presentation av de virtuella verktygen som också beskriver deras begränsningar och möjligheter

En mer generell reflexion från examensarbetet är att begreppet simulering ofta används så brett att det innefattar visualiseringar. En skillnad mellan simulering och visualisering är att i en simulering sker en analys av data i datorn medan vid en visualisering sker denna process i datoranvändarens huvud. Detta innebär att processen för simulering och visualisering är snarlik, dvs. med uppgiftsdefiniering, mål, inhämtande av geometridata, presentation och dokumentation av resultat.

För mer information om examensarbetet:

Magnus Rönnäng, mronnang@volvocars.com (Chalmers fram till 2003)

Marita Christmansson, marita.christmansson@arbetslivsinstitutet.se

Publikationer från studien:

Althoff Y. and Carlsson A. (2003) Visualiseringsarbete på Saab Automobile AB - En utvärdering av arbetssätt vid datorstödd visualisering inom produktberedningen. Examensarbete. Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Detta examensarbete har utförts vid Chalmers tekniska högskola av Ylva Althoff och Anders Carlsson i samarbete med Arbetslivsinstitutet Väst och Saab Automobile AB. Studien genomfördes inom ramen för ”Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning”, ett forskningsprojekt vid Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansieras av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

5 Diskussion

5.1 Praktiskt kring användning av datormanikiner

5.1.1 Simulera eller inte?

När är det lönt att simulera? Om en fysisk miljö finns tillgänglig är ofta behovet inte fullt så stort att också göra en simulering. Dock kan det finnas mervärden som motiverar simulering trots att fysiska möjligheter finns.

Simulering ger störst fördelar när den utförs tidigt i produktframtagningsprocessen. Därigenom kan man tidigt testa många olika lösningar och undvika felaktigheter som senare skulle bli dyra att korrigera. I fallstudie 2 (Cupola, kapitel 4.2) kunde ergonomi i viktlöshet testas med datormanikinen Jack, något som av förståeliga skäl inte gick att efterlikna så bra i den fullskalemodell som byggdes och testades med astronauter. Konstruktionsändringar testades tidigt först med manikinprogrammet och därefter implementerades den bästa lösningen i fullskalemodell för slutliga tester med expertanvändare (astronauter). Först ca fyra år efter manikinanalyserna började den riktiga modulen byggas, som efter ytterligare några år skickas upp i rymden.

Att kombinera virtuella och fysiska tester kan ha flera fördelar. I fallstudie 1 (Volvo Bussar, kapitel 4.1) visade det sig att den virtuella analysen, som utfördes under tiden som fysiska prototyper fanns tillgängliga, gav tillfälle att testa aspekter som var svåra eller dyra att realisera med prototyp.

En orsak till att virtuella analyser används mer och mer är att det är dyrt och svårt att både bygga och uppdatera fysiska fullskalemodeller eller prototyper, vilket minskar möjligheterna att testa olika varianter. Att det tar tid att bygga och uppdatera en prototyp, även en enklare fullskalemodell, innebär även att testerna i dessa ofta görs med inaktuella detaljer. Med andra ord, när väl prototypen är byggd är konstruktionen redan utvecklad ytterligare.

På ett övergripande plan om man skall simulera eller inte så finns det företag som på strategisk nivå i företaget beslutat att simuleringar skall utföras som en del i utvecklingsprocessen. Ett exempel är fallstudie 3 (Volvo Cars, kapitel 4.3) där Volvo beslutade att ersätta en av tre fysiska prototypserier med en virtuell serie där utvärdering skedde med hjälp av datoriserade verktyg, vilket de själva uppfattar som lyckat.

De flesta manikinanvändarna är större företag. För ett litet företag kan det vara svårt att motivera höga investeringskostnader eftersom mängden simuleringsarbete ofta är begränsat. I dessa fall kan det vara en bra lösning att hyra in konsulter för specifika uppdrag, vilka även samtidigt kan tillföra specialistkompetens inom andra områden som ergonomi, produktionsteknik etc.

En alternativ lösning för mindre företag är att gå ihop gemensamt och skapa en "simulerings-pool". Till exempel att gemensamt, kanske tio företag, anlita ett konsultföretag eller enskild simulant som alla har tillgång till över tiden, för att hos denna beställa simuleringsuppdrag då behov finns.

Ergonomisimulering är också ett sätt att framföra argument och övertala till förändring genom att sätta siffror på ergonomiska konsekvenser av olika lösningsförslag, för att t.ex. användas som beslutsunderlag. Därför kan en simulering motiveras ur andra perspektiv utöver att lösa ett problem.

Manikinsimulering kan vara ett bra sätt att jämföra kostnader för olika alternativa lösningar och motivera en dyrare investering, men därigenom minska kostnader för t.ex. sjukfrånvaro. Vid arbete med ergonomi generellt, samt inför inköp och användning av manikinprogram, är det viktigt att försöka beräkna möjliga vinster med en förbättrad ergonomisk situation.

Ett räkneexempel är från Volvo Cars där en arbetsuppgift i monteringen (Process- och kontrollinstruktion, PKI) som klassats som "röd", dvs. innebär risk för arbetsskador eller sjukdom, beräknas kosta i snitt 900 000 kr/år för företaget. Detta uppskattade nyckeltal har använts några år och är beräknad utifrån förväntad risk för besvär, anställningskostnader, frånvarokostnader och kostnader för ett belastningsskadefall som ändå jobbar kvar i produktion. Om bilmodellen sen har en tillverkningslivslängd på t.ex. 7 år i en fabrik (om modellen tillverkas i flera fabriker ökar kostnaden eftersom fler montörer berörs) kan alltså totala kostnaden komma upp i hela 6 300 000 kr. På Volvo Cars pågår även arbete att kartlägga kostnaderna för kvalitetsbrister på grund av dålig ergonomi, vilket skapar ytterligare kostnader pga. dålig ergonomisk miljö/dåliga monteringsförutsättningar.

(Källa Ann-Christine Falck, Volvo Car Corporation)



Tidsåtgång vid arbete med ergonomisimulering varierar mycket. Dels beror det på hur omfattande analyserna ska vara, dels på hur erfaren den som använder programmet är. En stor del av tiden går åt till filimport och hantering av filer (t.ex. konvertering). Detta kan förenklas genom bättre integrering mellan CAD-program etc., samt med ökad erfarenhet. Rörliga analyser (animeringar) och visuellt snygga bilder tar ofta mycket tid att

genomföra. Ofta kan man nöja sig med enklare bilder som resultat för att spara tid och kostnader för simulering.

5.1.2 Val av manikinprogramvara

Vilket manikinprogram behöver man? Ett av ställningstagandena är förstås prisnivån. De flesta programmen kostar omkring mellan 300 000-600 000 kr beroende på vilka analysmoduler som köps till. Det är viktigt att inte bara fokusera på priset utan snarare på programmets funktioner kontra vad man behöver för sina tillämpningar. Det är också viktigt att påpeka att en datormanikin faktiskt kan finnas som extramodul till programvara man redan använder inom företaget.

Vid val av datormanikinprogramvara finns det några viktiga aspekter att tänka på och frågor att ställa sig:



Vad ska man använda det till?

Vilka typer av analyser ska utföras mest?

Hur komplex datormanikin behövs?

Ska man köpa en egen programvara eller hyra in en konsult?

I ett datormanikinprogram?

modul att tillgå i det befintliga CAD-systemet? Ett exempel är Catia V5 (Delmia) som är en integrerad plattform för CAD och simulering där datormanikinen Safework finns tillgänglig.

En väg att gå kan vara att köpa en enklare datormanikin, t.ex. ManneQuinPro för ca 40 000 kr, för det dagliga arbetet och utöver detta hyra en konsult vid specifika problem. Detta kan ge den fördelen, som visats sig i flera studier, att konsulten inte bara för med sig kunskap att använda en mer avancerad datormanikin utan också för med sig kunskap inom t.ex. ergonomi och produktionsteknik. Nackdelen kan vara att man inte behåller kunskapen inom företaget på samma sätt som om man bygger upp kunskap att utföra simuleringar själv. Ett annat steg kan vara att införskaffa ett enklare analysverktyg. Ett exempel är programmen 3DSSPP (Bild 5.1) eller Ergowatch som kan användas för biomekaniska beräkningar för lyft utan att kunna visa en datormanikin i en fullständig virtuell miljö. Kostnaden för dessa ligger på mellan 4000-9000 kr

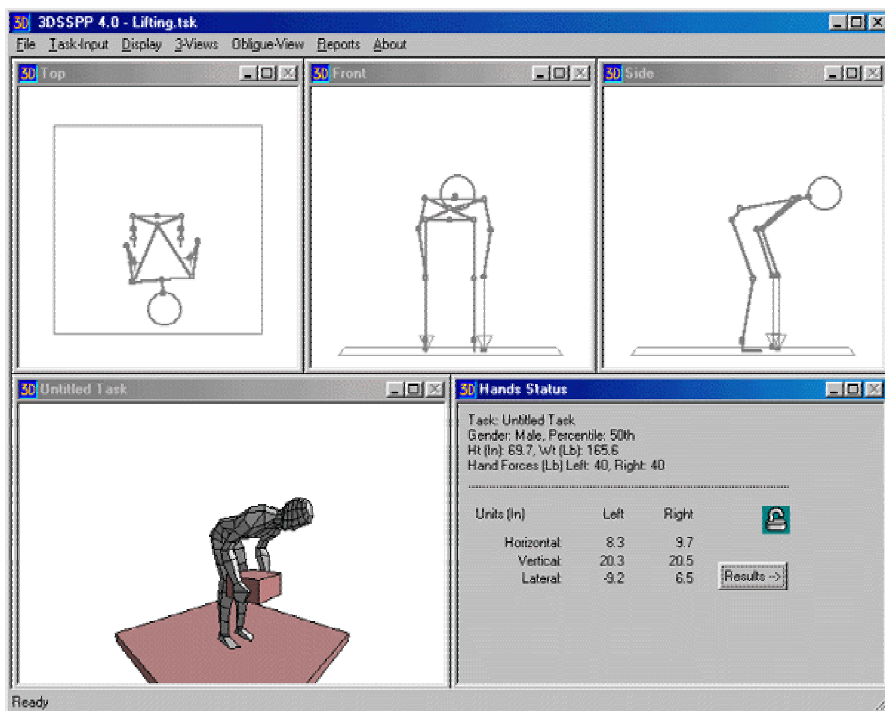


Bild 5.1. Programmet 3DSSPP, 3D Static Strength Prediction Program (Bild University of Michigan).

5.1.3 Vad kan man analysera?

Främst används datormanikiner vid utveckling och utformning av manuella arbetsplatser och då används de mest till utrymmes-, räckvidds- och siktanalyser. Mindre vanligt är att analysera större rörelser inom större områden av t.ex. en fabrik. I traditionell arbetsplatsutformning är användningen av de tillgängliga analysmodulerna mindre vanlig (se kapitel 2 för kort beskrivning av analysmetoderna samt kapitel 7 för ytterligare referenser).

Ett annat område är att utveckla förarplatser. Inom förarplatsutveckling används de analysmoduler som finns tillgängliga i större utsträckning (OWAS, RULA, Niosh Lyftekvation m.fl.). Trots det är t.ex. både Volvo och Saab så pass avancerade i sin användning att de inte nöjt sig med det den inköpta manikinen kan prestera. Istället har de implementerat deras egna ergonomistandarder in i programvaran. Orsaken till att många användare inte använder manikins analysmöjligheter har visat sig bero på några olika orsaker:

Analyserna är krångliga att utföra i datormiljön (t.ex. osäkert vilka data som ska fyllas i dataformulären samt att stora krav ställs på hur manikinen positioneras).

Det är svårt att avgöra vilken metod man ska välja av dem som finns tillgängliga, svårt att veta vad resultaten ger och betyder samt om metoderna ger det svar man söker.

Ovanan är också stor att använda de ergonomiska analysmetoderna, t.ex. OWAS. Dessa var från början pappersbaserade och de personer som börjat använda dem i samband med manikinprogrammen har ibland inte tidigare använt dem alls i pappersform.

Istället för att nyttja dessa ergonomiska metoder gör man ofta en erfarenhetsbaserad bedömning av arbetsmoment mm utifrån simuleringen på skärmen, eller en utskriven bild. Då används resultaten från manikinsimuleringen på samma sätt som man förut använde ett fotografi eller en film av en person som utförde ett arbetsmoment. Detta är inget fel och kan tillföra mycket, framförallt om ingen fysisk miljö finns tillgänglig.

5.1.4 Integration med andra verktyg

Konvertering av geometri från CAD- till simuleringsprogram är ett genomgående diskussionsämne för de flesta som arbetar med simulering. Det upplevs som tidsödande och krångligt samt behäftat med problem som dataförluster och felaktiga resultat. Vid all konvertering av CAD-data förloras information. Detta beror på att CAD-program använder en matematisk beskrivning av geometrierna, vilkas mått ofta har relationer med varandra och beskrivs av parametrar. Simuleringsprogram å sin sida använder oftast beskrivning av geometrierna genom sammansättning av små ytor som trianglar etc. Man får då en approximering av geometrierna med en nogranhet som är tillräcklig. Denna approximering gör också att det inte är möjligt att konvertera tillbaka från simuleringsprogram till CAD-program på ett tillfredsställande sätt.

Ett annat problem är att många ”mellanformat” som Iges, Vrml, STEP m.fl. inte alltid förmår hantera en modells många delar separat utan en modell bakas istället ihop till en större detalj. Detta gör det omöjligt att i simuleringsprogrammet t.ex. skapa leder och röra delar relativt varandra.

På grund av tidsödande filhantering och konvertering blir ofta versionshantering problematisk. Eftersom tempot i produktutvecklingen ökar, blir CAD-modeller snabbt inaktuella. Integration av system och program kan dock göra att alla kan arbeta på samma modeller.

När företag börjar arbeta med datormanikiner ställs nya krav på att använda 3D-CAD-program. Exempel från första intervjustudien i Manikinprojektet (kapitel 3.1) visar att de program/verktyg som används vid utveckling av produktionssystem ofta är 2D-CAD. Det begränsar möjligheten att arbeta effektivt med datormanikiner, eftersom det då inte finns 3D-modeller att importera och använda i manikinprogrammet. Istället måste verkstadsmiljön byggas upp för hand från början i manikinprogrammet. När man står inför en investering av CAD-program bör man se på användandet ur ett större perspektiv, t.ex. att det fungerar med önskat manikinprogram, att underleverantörer kan ha konkurrensfördel av att använda ett program som kan hantera/samverka med kund/uppdragsgivare, t.ex. för att kunna tillhandahålla sina produkter som 3D-modell till uppdragsgivaren.

5.2 Systemsyn på användningen krävs

För att kunna genomföra effektiva och bra simuleringar krävs en systemsyn på användningen av simuleringsprogrammen. Viktiga områden att beakta kring simulering är arbetssätt och organisation, informations- och dokumentationssystem samt utveckling av metoder och validering av resultat.

5.2.1 Arbetssätt och organisation

Viktigt HUR programmen används!

För att kunna utföra effektiv och korrekt simulering har många studier visat att det ställs stora krav på hur arbetet planeras och genomförs. Det är alltså inte programvaran i sig som begränsar, de är oftast tillräckligt bra och kompetenta, utan det är främst HUR programmen används i organisationen som avgör hur kostnadseffektivt och kvalitativt resultatet blir.

Några faktorer speciellt värda att nämnas som påverkar utfallet är följande.

Beställarkompetens

Samarbete, deltagande och kompetens

Kommunikation

Nya roller

Flera företag med erfarenhet av att använda manikinprogram arbetar på att införa metoder och procedurer i företaget för hur programmen ska användas, hur en simulering ska beställas och genomföras samt hur de ska dokumenteras. Dessa metoder och procedurer är ofta dator- eller webbaserade.

Beställarkompetens

Beställarkompetens är en viktig aspekt och som avsevärt kan förbättras. Ofta handlar det om att den som vill utföra en simulering, och som ej utför den själv framför datorn, behöver klargöra för sig själv samt sedan för den som ska utföra simuleringen vad som egentligen vill uppnås. Vill denne endast *belysa* och visualisera ett problem eller vill denne få ett problem *lost* (dvs. att simulanten kommer tillbaka med en lösning eller flera lösningsförslag)? Beställaren behöver nödvändigtvis inte kunna programmet, men det är ändå viktigt att denne har övergripande kunskap om vad som kan analyseras med programmet. Ett exempel på detta finns i fallstudie 3 (Volvo Cars, kapitel 4.3) där beställare inte fullt ut kände till möjligheterna med synfältsanalys.

Samarbete, deltagande och kompetens

För att få ett förbättrat resultat från simuleringsaktiviteter behövs samarbete mellan personer med olika kunskap. Detta gäller både vid planering/beställning av en simulering, under genomförande och sen vid tolkning av resultat. Ett vedertaget arbetssätt är så kallad *deltagande ergonomi*, där personer med olika kompetens involveras. En beskrivning av detta arbetssätt hittas t.ex. i Sundin (2001) och Haines *et al.* (2002).

Då personer från olika avdelningar och även operatörer involveras är det viktigt att dessa får kunskap om programmets möjligheter. Ju fler personer som involveras och ju längre ifrån det faktiska utvecklingsarbetet simulering utförs, desto viktigare är det att informera om möjligheter och begränsningar.

Eftersom de som utför simuleringarna ofta inte har direktkontakt med de arbetsmoment i faktisk produktion de simulerar så är det viktigt att de skaffar sig kunskap om och bekantar sig med produktionsmiljön. Utöver detta så är det i många fall ingenjörer som utför simuleringarna, som mycket handlar om ergonomi. För ett bra resultat krävs det därför att denne har skaffat sig kunskap om ergonomi samt även har möjlighet att samarbeta med eller rådfråga ergonomer. Dessa ökade kunskapskrav ska inte bara ses som en kostnad, utan snarare som en tillgång och nödvändighet för korrekta och effektiva analyser.

Företag som köper manikinprogram ska inte förvänta sig att man kan använda programmen effektivt direkt. Istället ska man räkna med att installation och upplärning till en nivå då programmet kan utnyttjas effektivt tar ett antal månader och det krävs kontinuerlig användning för att klara denna inläring t.ex. efter en introduktionskurs från programleverantören. De som använder programmet bör sen också arbeta kontinuerligt med simuleringsarbete för att upprätthålla kompetensen, dvs. inte ha för långa uppehåll då ingen simulering utförs.

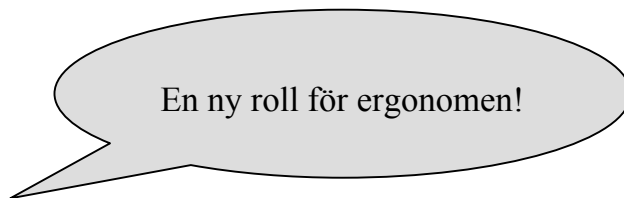
Kommunikation

Programmet i sig ger möjligheten att samlas kring bilder och animeringar och på det sättet skapa förbättrat samarbete. Tydligt är också att denna typ av programvara ger personer som arbetar med ergonomiska aspekter inom ett företag en ny möjlighet att förklara och motivera ergonomi. De kan med sifferfakta och resultat i form av CAD-miljöer kommunicera på samma språk som övriga tekniker inom företaget. Denna ökade förståelse bör tas med som en positiv effekt i bedömningen om man ska använda ergonomisimulering eller inte.

Nya roller

Den ökade användningen av det virtuella arbetssättet och de nya programmen förändrar situationen för flera yrkesgrupper. Ett exempel är ergonomen som nu ges möjligheten att komma in betydligt tidigare i

utvecklingen av produkter, arbetsplatser och produktionssystem och därigenom påverka och förbättra även de ergonomiska förutsättningarna. I fallstudie 3 (Volvo Cars, kapitel 4.3) och fallstudie 5 (Saab, kapitel 4.5) visade det sig att i och med att ergonomerna är delaktiga i ett tidigt utvecklingskede förändras även deras roll från den traditionella "sjukgymnasten som reparerar", till att vara en del av produkt- och produktionsutvecklingsteamet.



Detta medför att kraven förändras och att ergonomen behöver lära sig och få förståelse för de virtuella programmen, det virtuella arbetssättet samt konstruktions- och produktionsprocesser om de inte redan införskaffat sig denna kunskap (se intervjustudie om datormanikiners användning, kapitel 3.2 samt fallstudie 3, Volvo Cars, kapitel 4.3). Från intervjustudien om datormanikiners användning, kapitel 3.2, finns exempel där företag tar in konsulter med ergonomisk och teknisk kunskap för att man hos befintlig företagshälsovård saknar den kompetens som krävs för att kunna delta i utvecklingsarbetet.

5.2.2 Informations- och dokumentationssystem

Vid användning av datormaniker och annan simuleringsverksamhet har det visat sig vara ytterst viktigt att ha ett fungerande informations- och dokumentationssystem. Det gäller både att hantera information mellan individer inom en projektorganisation som stöd för det kontinuerliga arbetet, men även för att hantera kunskapsöverföring till framtida projekt.

Exempel på krav som bör ställas på informations- och dokumentationssystemet:

Dokumentera och kommunicera anledningen och förutsättningarna för en simulering. Detta är viktigt både om man utför simuleringen själv eller om man beställer den av en simuleringsingenjör. Här är begreppet beställarkompetens viktigt, dvs. att ha kunskap och information för att korrekt beställa en simulering så att resultatet blir det som önskas.

Viktigt är också att informationssystemet utformas så det fungerar som ett stöd i det dagliga arbetet, dvs. att det är lättillgängligt via t.ex. intranät och ej separerat från IT-systemen som redan används.

Systemet bör vara dynamiskt, dvs. uppdatera med automatik så rätt CAD-filer används, ändringar slår igenom etc.

Möjligheter att lätt kunna hitta tidigare utförda analyser.

Det måste finnas information om hur och varför en tidigare simulering utfördes, kunskap som idag oftast är 'tyst' kunskap hos enskilda individer inom ett företag.

Kunna koppla kravspecifikationer, standards etc. till förutsättningarna för simuleringarna (för att slippa springa och leta efter krav, leta i pärmar i bokhyllor och så att olika yrkesgrupper får tillgänglighet till andra områdens krav).

I både intervjustudien om datormanikiners användning, kapitel 3.2 och fallstudie 3 (Volvo Cars, kapitel 4.3) finns exempel på bristande informationshantering där data och kunskaper från analyser inte dokumenteras. Detta leder till att man inte kan återvinna en simulering utan mycket måste göras om igen, med onödig tidsåtgång, alternativt att bedömningen försvåras om en ny simulering behöver göras eller ej.

I fallstudie 2 (Cupola, kapitel 4.2) visade sig nyttan av att kosta på sig att utveckla och använda ett databasbaserat dokumentationssystem inför omfattande simuleringsarbete. Genom detta underlättades dokumentation avsevärt under och efter simuleringarna samt gav en kvalitetssäkring av resultaten.

5.2.3 Validering

Valideringsaspekter blir mer och mer viktiga, dvs. kan man lita på att de virtuella analyserna stämmer med verkligheten? Ett sätt är att göra fysiska tester efter virtuella för att verifiera att de virtuella testerna var korrekta. Denna validering är dock inte vanlig men några användare jämför helt enkelt manikinresultaten med prototyperna som byggs, men i stort sker ingen systematisk validering. När man gör dessa fysiska verifikationer så är det mycket viktigt att denna kunskap och information återförs tillbaka i organisationen så att de som utför simuleringar kan förbättra sina simuleringar.

6 Råd och rekommendationer

I rapporten har vi försökt beskriva erfarenheter av manikinanvändning inom olika områden vi kommit i kontakt med under olika projekt, och i detta kapitel har vi samlat ett antal råd till dem som använder datormanikiner eller funderar över om det kan vara något att börja använda. Vi hoppas att detta kan bidra till att svara på frågan ”Är datormanikinprogram något för mig?”

6.1 Råd till användare av datormanikinprogram

Behöver jag datormanikiner?

Genom den snabba utvecklingen inom produktutveckling med en allt mer massiv övergång till den digitala världen som komplement eller alternativ till fysisk utveckling av produkter, ökar nödvändigheten att även hantera ergonomi på detta sätt. De större företagen i världen, främst inom fordonsindustrin, använder redan datormanikiner sedan många år. Mindre företag har också börjat använda denna teknik, men ligger ofta efter i erfarenhet och resurser. Behoven att arbeta med ergonomi på ett nytt sätt har visat sig stort och stora potentialer ses i bl.a. effektivitet, möjlighet till tidiga analyser, förmågan att kommunicera ergonomiska aktiviteter med övrig personal inom ett företag etc. Nackdelar som framhävs är att det krävs resurser i form av pengar och kompetens för att fullt utnyttja den nya tekniken.

Frågan uppkommer om man ska investera i egen programvara eller lösa sitt behov genom att t.ex. anlita konsulter? Ett vanligt tillvägagångssätt har visat sig vara att börja med att hyra in konsulter för specifika tidiga uppdrag, för att med tiden och uppbyggd erfarenhet om datormanikinprogrammen införskaffa egen licens. Om antalet simuleringar inte är så stort att det motiverar kostnaden för programlicenser och personalkostnader kan användandet av konsulter vara en bra strategi. Vi anser även att det ger ett mervärde och att man ser konsultuppdraget som ett sätt att föra in ny kunskap till företaget. Se även kapitel 3.2 för mer information.

Vilken datormanikin skall jag välja?

Hur avancerad datormanikin man behöver beror mycket på vilken typ av analyser man vill göra. Den som t.ex. arbetar med utformning av förarplatser eller detaljerad produktutformning kan ha behov av en mer avancerad datormanikin, just utvecklad gentemot fordonsindustrin, än en produktionstekniker som tittar på utformning av en arbetsplats. Det viktigaste är dock att man väljer ett verktyg som fungerar bra för den typ av analyser man har behov av. Vid val av datormanikinprogramvara finns det några viktiga aspekter att tänka på och frågor att ställa sig:

Hur kan programmet samverka i befintliga CAD- och simuleringsprogram?

Kan det till och med integreras eller finns redan en ergonomimodul att tillgå i det befintliga CAD-systemet?

Vad ska man använda det till?

Vilka typer av analyser ska utföras mest?

Hur komplex datormanikin behövs?

Ska man köpa en egen programvara eller hyra in en konsult?

Vilka är alternativen till datormanikinprogram?

6.1.1 Vad krävs av mitt företag?

Strategisk översyn

Eftersom manikinprogram och andra former av geometrisimulering ställer krav på att även andra delar av produkt- och produktionssystemframtagning kan det vara en orsak att modernisera hela verksamheten och därmed ge ytterligare fördelar på sikt. I detta arbete måste man även se över organisation och arbetsprocesser för simulering. Se även kapitel 5.2.

3D-modeller

För simuleringsarbetet krävs att det finns tillgång till 3D-modeller av produkter och utrustning som skall användas i simuleringarna, detta gäller även sådant som kommer från underleverantörer och externa konsulter vilket kan vara lätt att glömma bort. Det vi sett är att det som framförallt ställer till problem är att lokaler och produktionssystem i allmänhet utvecklas med enklare medel (ex 2D-CAD) jämfört med produkterna (3D-CAD). Lokaler kan också vara så gamla att de endast finns på pappersritningar. Om så är fallet innebär det många extra timmar i förberedelsearbetet med att bygga upp datormiljön i form av maskiner, utrustning mm.

Kompetensuppbyggnad

För att simuleringsarbetet skall bli effektivt och av god kvalitet krävs att de som använder programmen ges tillräckligt med arbete för att upprätthålla kompetens. Detta gäller både kompetens kring programvara men gäller även för områden som simuleringarna handlar om, ex ergonomi, produktionsteknik etc.

Informations- och dokumentationssystem

Det är viktigt att det finns eller utvecklas informationssystem för att sprida och samla information kring simuleringar. Vi, och även de företag vi studerat, har blivit mer medvetna om vikten av detta och vi har sett exempel på att informationsbrister lett till att problem förbisets men också att problem överskattats. Se kapitel 5.2.2.

6.2 Råd till leverantörer och utvecklare

Vad vill användaren ha?

Enklare hantering av programmen, både av själva manikinen/människomodellen och av analyserna.

Bättre geometriöverföring mellan olika CAD- och simuleringsprogram. Den sammanslagning av program i större paket som erbjuds av några företag löser i viss mån detta problem men det kommer fortfarande att finnas behov av överföring mellan olika format.

Vad skall leverantörer och utvecklare satsa på?

Försöka fokusera på att skapa ett verktyg för användaren som underlättar användandet. Det är viktigt att ta hänsyn till helhetsbilden för användaren och understödja arbetssätt och dokumentationsbehov. Därmed är det viktigt att samverka med olika typer av användare i utvecklingen.

Dessa önskemål beaktas i viss mån reda av utvecklarna för att komma tillrätta med problemen, men det kan förbättras ytterligare. För fler exempel på mer detaljerade förslag och önskemål från användare, se kapitel 3.2.

6.3 Datormanikiner i undervisning

Datormanikinprogram har en naturlig plats i samband med att man undervisar i ämnen som handlar utformning av produkter- och produktionssystem och verktyg för detta. Programmen kan också användas inom ergonomisimulering som ett pedagogiskt verktyg för att t.ex. illustrera kroppsbelastningar vid olika arbetssituationer.

6.3.1 Några exempel på användning i undervisning

I en grundläggande ergonomikurs på Chalmers (Människa-maskinsystem, grundkurs) har Jack använts i undervisningen under några år. En stor del av kursen består i att eleverna i grupper skall göra ett besök på en arbetsplats och utvärdera ergonomi för något arbetsmoment. I kursen har ett 4-timmars labbtillfälle ingått där eleverna under handledning kunnat använda datormanikinprogrammet Jack för att utvärdera möjliga förändringar på ”sin” arbetsplats. Trots programmets komplexitet och begränsad tid har detta fungerat bra. Det som krävs är dock en ganska styrd handledning där studenterna leds genom de olika momenten i programmet vid gemensamma genomgångar. Det är viktigt att labbdeltagarna har ett begränsat och lämpligt arbetsmoment att simulera och det krävs därför en föregående föreläsning/genomgång för att de skall kunna förbereda sig inför labbtillfället.

I flera kurser inom produktutveckling och ergonomi på Chalmers har det givits ”interaktiva föreläsningar” som alternativ till en regelrätt laboration. Föreläsningen har bestått i att studenterna har haft möjlighet att använda Jack på en egen dator samtidigt som föreläsaren visar funktioner på storbild. Denna typ av föreläsning ger studenterna en större

förståelse för programmet jämfört med en traditionell föreläsning och kombinerat med en föreläsning som är mer inriktad på förutsättningar, metoder, antropometri mm. ger detta en bra inblick i vad datormanikiner har för möjligheter. Kunskapen är viktigt för dem som kanske inte kommer att använda programmen själva men som i många fall kommer att agera beställare eller bedöma resultat.

Det är viktigt att det finns handledning tillgänglig för studenter som vill använda datormanikinprogram i examensarbeten och andra projekt. Vår erfarenhet är att med relativt begränsad handledningstid kan även ett såpass avancerat program som Jack användas av studenter med gott resultat. Det som krävs är att studenterna har viss vana från användning av CAD- och visualiseringsprogram samt att de får hjälp att definiera och begränsa sin uppgift.

7 Referenser och ytterligare läsning

Manikinkonstruktion

Om man är intresserad av konstruktion och utveckling av datormanikiner rekommenderas:

Norman I. Badler, Cary B. Phillips, and Bonnie Lynn Webber, *Simulating Humans - Computer Graphics, Animation, and Control*, Oxford University Press 1993, ISBN:0195073592 Boken beskriver uppbyggnaden av Jack. Boken finns att ladda hem från Norman Badlers hemsida (<http://www.cis.upenn.edu/~badler/home.html>).

Ergonomi

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) har mer information om t.ex. NIOSH-lyftekvation som är ett verktyg som används i datormanikinprogram. Mer information hittas på NIOSH: <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>, <http://www.cdc.gov/niosh/94-110.html> (guide till lyftekvationen).

WinOWAS är ett datorprogram som underlättar analys med OWAS, programmet är gratis och mer information finns på <http://turva.me.tut.fi/owas/>

Några grundläggande böcker inom ergonomi mm är:

Lundgren N., Luthman G. and Elgstrand K. (Editors)(1987) *Människan i arbete*. ISBN 91-20-06680-5. Almqvist & Wiksell, Stockholm.

Arbete-Människa-Teknik (1997). ISBN 91-7522-414-3. Prevent Tel 08-4020220, Stockholm.

Tillämpning av manikinanvändning

Utöver de referenser som hittas i denna rapport kan artiklar och böcker hittas på Internet med hjälp av t.ex. följande sökord: *computer manikin, human modelling, digital human, virtual human*. Specifikt kan framhävas följande två böcker om tillämpningar:

Don B. Chaffin, *Digital human modelling for vehicle and workplace design*, Society of Automotive Engineers 2001, ISBN: 0-7680-0687-2. I denna bok beskrivs olika tillämpningar av datormanikinprogram. Kan beställas från publications@sae.org.

Kurt Landau, *Ergonomic Software Tools in Product and Production Design*, Ergon 2000, ISBN: 3-932160-11-8. Detta är en samling av beskrivningar från användning av datorbaserade hjälpmedel i utformning av produkter och produktionssystem. Beställs från ergon@ergonomia.de.

Referenser

- 3DSSPP 3D Static Strength Prediction Program (tm), University of Michigan, Center for Ergonomics,
<http://www.engin.umich.edu/dept/ioe/3DSSPP/index.html> (2004-04-20). University of Michigan, Ann Arbor.
- Althoff Y. och Carlsson A. (2003) Visualiseringsarbete på Saab Automobile AB - En utvärdering av arbetssätt vid datorstödd visualisering inom produktberedningen. Examensarbete. Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Badler N. (1993) Computer Graphics Animation and Control. Simulating Humans. Oxford University Press, New York.
- Bellan Y. et al., (1999) ANNIE, the application of human motion capture techniques and cognitive models for ergonomics in virtual environments. In proceedings of the Int. Conf. on Computer-Aided Ergonomics and Safety. Barcelona, Spain, May 19 - 21.
- Chaffin D.B. (Editor) (2001) Digital human modeling for vehicle and workplace design. SAE, Warrendale, PA.
- Christmansson M. och Rönnäng M. (2003) Hur utvecklas produktionssystem i svensk tillverkningsindustri? Rapport från delprojekt A i Datormanikinprojektet. Arbetslivsrapport Nr 2003:5. ISSN 1401-2928. Arbetslivsinstitutet, Göteborg.
- Christmansson M., Larsson M. och Sundin A. (2000) Rör- och kabeldragning vid Volvo Bussar AB - en analys av och jämförelse mellan montering av ett B10B-chassi och ett 8050-chassi under dess produktutvecklingsfas. Slutrapport. Arbetslivsinstitutet Väst, Göteborg.
- Dukic T., Rönnäng M., Christmansson M., Falck A.-C., Sjöberg H., Sundin A., Wartenberg C. och Örtengren R. (2002) Att använda virtuella verktyg för att vidareutveckla Volvo Cars produktionssystem - En fallstudie av utvecklingen av produktionssystemet för P28/XC90. En delrapport inom projektet "Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning". Chalmers, Göteborg.
- Dukic T., Rönnäng M., Örtengren R., Christmansson M. and Davidsson A.J. (2002) Virtual Evaluation of Human Factors for Assembly Line Work: A Case Study in an Automotive Industry. In Digital Human Modelling Conference. Munich June 2002. Edited by VDI/SAE VDI Verlag GmbH, Düsseldorf. pp 129-150.
- Groover M.P. (1984) CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Haines H., Wilson J.R., Vink P. and Koningsveld E. (2002) Validating a framework for participatory ergonomics (the PEF). *Ergonomics* 45, 309-327.
- Imada A. S. (1991) The rationale and tools of participatory ergonomics. In *Participatory Ergonomics*. Edited by Noro K. and Imada A.S. Taylor & Francis, London. pp 30-50.
- Landau K. (Editor)(2000) *Ergonomic Software Tools in Product and Production Design. A review of recent developments in human modeling and other design aids*. ERGON, Stuttgart.
- Majchrzak A., Chang T.-C., Barfield W., Eberts R. and Salvendy G. (Editors)(1987) *Human aspects of computer-aided design*. Taylor & Francis, Philadelphia.
- McAtamney L. & Corlett E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- Nilsson A. (2000) *Virtual Reality - Forskning i Sverige. Dagsläge och framtida riktlinjer*. Kommunikationsforskningsberedningen, KFB, Stockholm.
- NIOSH Lifting Equation, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-110, <http://www.cdc.gov/niosh/94-110.html> (2004-04-27). The National Institute for Occupational Safety and Health, Atlanta.
- OWAS (Owako Working Posture Analysis System), <http://turva.me.tut.fi/owas/> (2004-04-27). Tampere University of Technology, Tampere.
- Pimentel K. and Teixeira K. (1995) *Virtual Reality through the new looking glass*. McGraw-Hill, New York.
- Rönnäng M., Christmansson M., Dukic T., Örtengren R., Sjöberg, H., Sundin, A. and Wartenberg, C., (2000) Status of production system development in Swedish manufacturing industry. In *proc. 16th International Conference on Production Research (ICPR)*, Prague, Czech Republic.
- Rönnäng M., Dukic T., Christmansson R. and Örtengren R. (2002) The ergonomist in a virtual production planning process. In *Proc. 34th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, Humans in Complex Environments*, 1-3 October, 2002, Kolmården. Edited by Caldenfors D., Eklund J. and Kiviloog L. Linköping University, Linköping. pp 677-682.

- Rönnäng M., Örtengren R., Dukic T. (2003) It's in the eye of the beholder: Who should be the user of computer manikin tools? In proc. Digital Human Modeling Conference, Montreal, Canada, 16-19 juni. 03DHM-27.
- Sundin A. and Örtengren R., (1998) A participatory approach to computer-aided workplace design. In Maynard's Industrial Engineering Handbook (Eds. K.B. Zandin et al.). H.B. Maynard & Co, Pittsburg. BC 980910p.
- Sundin A. (2001) Participatory Ergonomics in Product Development and Workplace Design - Supported by Computerised Visualisation and Human Modelling. Doctoral thesis. Department of Human Factors Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Sundin A. and Sjöberg H. (2002) The use of computer manikins used in Sweden. In Proc. 34th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, Humans in Complex Environments, 1-3 October, 2002, Kolmården. Edited by Caldenfors D., Eklund J. and Kiviloog L. Linköping University, Linköping. pp 745-750.
- Sundin A. and Sjöberg H. (2003) The adoption of virtual visualisation and simulation of human aspects in product development and manufacturing design. In Proc. 8th International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing: Agility & Hybrid Automation. Rome May 26-30, 2003.
- Sundin A., Christmansson M. and Larsson M. (1999) Participatory ergonomics influencing the processes of product and production design. In Proc. 15th International Conference on Production Research. ISBN 1-874653-56-9. Edited by Hillery M.T. and Lewis H.J. Dept of Manufacturing and Operations Engineering, University of Limerick, Limerick. pp 1029-1032.
- Sundin A., Christmansson M. and Örtengren R. (2000) Methodological differences using a computer manikin in two case studies: Bus and space module design. In Proc. IEA 2000/HFES 2000 Congress. HFES, Santa Monica. pp 496-498.
- Sundin A., Christmansson M. and Örtengren R. (2000) Use of a computer manikin in participatory design of assembly workstations. In: Ergonomic Software Tools in Product and Production Design. A review of recent developments in human modeling and other design aids. Edited by Landau K. Ergon, Stuttgart. pp 204-213.
- Sundin A., Sjöberg H., Törner M., Wartenberg C., Rönnäng M., Örtengren R. and Dukic T. (2001) Virtual Reality 3D CUBE activities for manned space flights. In proc. CD-rom. International Conference on Computer Aided Ergonomics and Safety, CAES'01, Maui. Edited by Karwowski W., Mondelo P. and Mattila M. CAES.

- Sundin A., Törner M., Rönnäng M., Dukic T., Wartenberg C., Sjöberg H., Örtengren R. and Frid J. (2002) Prerequisites for extensive computer manikin analysis - An example with hierarchical task analysis, file exchange protocol and a relational database. In: SAE Transactions - Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems. Paper awarded to be among the most outstanding technical research in that field 2001. SAE 2001-01-2101. SAE International, Warrendale.
- Sundin A., Örtengren R. and Sjöberg H. (2001) Proactive human factors engineering analysis in space station design using the computer manikin Jack. In: SAE Transactions - Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems. Paper awarded to be among the most outstanding technical research in that field 2000. SAE SAE 2000-01-2166. pp 2237-2242.
- Sundin A., Christmansson, M., Sjöberg, H. and Örtengren, R. (1999) A participatory approach to use a computer mannequin in the development of assembly processes. In Proc. Int. Conf. on Computer-Aided Ergonomics and Safety. Barcelona, Spain, May 19 - 21.
- Törner M., Frid J., Sundin A. and Wartenberg C. (2000) Cupola system human factors engineering analysis (CUP-RP-LU-10). Verification of human factors engineering requirements in Cupola workplace design and construction of low fidelity 1-g Cupola mock-up and its use in development tests and demonstrations. Report for International Space Station Design Consolidation Review to Alenia Aerospazio, European Space Agency and NASA. Lindholmen Utveckling, Göteborg.
- Wartenberg C., Frid J. and Törner M. (2002) Relational database as a tool in industrial design. Experience from a human factors engineering analysis of a module for manned space-flight. *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, 371-385.
- Waters T. R., V. Putz-Anderson, et al. (1993) Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics* 36(7): 749-776.

8 Kontaktpersoner samt om Manikinprojektet

Erfarenheterna och fallstudierna som beskrivs kommer från den forskargrupp i Göteborg som kallades *Datormanikingruppen*. Gruppen fanns i Göteborg och bestod av Anders Sundin, Marita Christmansson och Tania Dukic från Arbetslivsinstitutet Väst och Hans Sjöberg, Magnus Rönnäng och Roland Örtengren från Chalmers tekniska högskola, institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling, avdelningen för Människa-tekniksystem.

Dessa två organisationer ingår även i nätverket da Vinci Centrum för mänskligare teknik (<http://www.davinci.chalmers.se>). Inom da Vinci Center finns insatsområdet *Människan i Virtuellt Produkt- och Processframtagning, MVP2*, som fokuserar på forskning och utveckling inom det område som denna rapport behandlar. Personerna från Datormanikingruppen ingår numera som deltagare detta insatsområde, *MVP2*.

För vidare information om forskargruppens arbete, kontakta oss gärna.

Marita Christmansson

Docent

Arbetslivsinstitutet Väst

<mailto:marita.christmansson@niwl.se>

marita.christmansson@arbetslivsinstitutet.se

031-501600

Tania Dukic

Psykolog, doktorand

Arbetslivsinstitutet Väst

tania.dukic@arbetslivsinstitutet.se

031-501600

Magnus Rönnäng

Civilingenjör

Volvo Car Corporation

Manufacturing Development Process

Dept. 81930

PVÖS 31405 31

031-325 6211

mronnang@volvocars.com

(Fram till 2003 vid Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling, Avd. för Människa-Tekniksystem, Chalmers)

Anders Sundin

Teknologie doktor

Arbetslivsinstitutet Väst

anders.sundin@arbetslivsinstitutet.se

031-501600

Roland Örtengren

Professor

Institutionen för Produkt- och

produktionsutveckling,

Avd. för Människa-Tekniksystem,

Chalmers

orten@ppd.chalmers.se

031-7721000

Hans Sjöberg

Civilingenjör

Institutionen för Produkt- och

produktionsutveckling,

Avd. för Människa-Tekniksystem,

Chalmers

hsj@ppd.chalmers.se

031-7721000

Manikinprojektets fullständiga titel är: ”Datormanikiner som verktyg vid utveckling och utvärdering av organisation och lokalanvändning”. Syftet med Manikinprojektet var att undersöka och utvärdera möjligheterna att med hjälp av datormanikiner:

-underlätta delaktighet hos olika parter vid utveckling av ett produktionssystem,

-förenkla utvecklingsarbetet i sig och

-erhålla en bra arbetsfördelning med avseende på resursmässiga (arbetstid, lokalanvändning, verktygsanvändning) och ergonomiska aspekter.

Manikinprojektet var ett treårigt forskningsprojekt som startades i januari 2000 och avslutades under 2003. Det genomfördes av Chalmers och Arbetslivsinstitutet Väst. Projektet finansierades av Rådet för arbetslivsforskning (RALF) / Verket för innovationssystem (VINNOVA) samt Arbetslivsinstitutet.

Projektet var indelat i tre delprojekt, A-C.

Del A hade som syfte att utröna hur produktionssystem utvecklas idag, med särskild fokusering på användandet av nya IT-verktyg för visualisering och simulering. Resultat från detta delprojekt redovisas kortfattat i Kapitel 3.1 i denna rapport.

Del B hade som syfte att studera hur enskilda användare hanterar datormanikinprogrammen. Delprojektet är uppdelat i två avsnitt, där det första är en generell kartläggning av användningsområden och de metoder som används. Resultat från detta delprojekt och avsnitt redovisas kortfattat i Kapitel 3.2 i denna rapport. Det andra avsnittet visade hur användare med olika bakgrund, produktionstekniker och ergonomer, tolkar resultatet från en datormanikinsimulering och en kortfattad redovisning hittas som fallstudie 4 i kapitel 4.4.

Del C utgjordes av en fallstudie på Volvo Cars. Forskargruppen följde där arbetet kring produktionsplaneringen för slutmonteringen av Volvo XC90, med särskild fokus på ergonomisimulering och datormanikiner. Resultat från detta delprojekt redovisas kortfattat i Fallstudie 3 (kapitel 4.3) i denna rapport.

9 Förklaring av begrepp som simulering och visualisering

9.1 Begreppet simulering

Med *simulering* menas att man skapar ett modellsystem som man kan påverka och studera och som uppför sig på samma sätt som det system, eller verklighet, man byggt en modell av.

Enligt Nationalencyklopedin (NE) betyder simulering (eng. simulation): *att representera ett system med ett annat i avsikt att studera dess dynamiska uppförande eller för att under laboratorieförhållanden träna behärskandet av systemet. Motiven för simulering kan t.ex. vara att det studerade systemet är alltför komplext för en analytisk undersökning, ännu inte är tillgängligt, är för dyrbart eller för farligt. Experiment med fartygsmodeller i bassänger och flygplansmodeller i vindtunnlar kan ses som enkla former av simulering. Modern simulering arbetar med matematiska modeller, som t.ex. kan omfatta grundläggande naturlagar, geometribeskrivning och materialegenskaper. Vanligen tar modellen formen av differentialekvationer som löses numeriskt med hjälp av datorer, varefter de beräknade resultaten används för utvärdering. Under en period ca 1930–1970 utfördes sådana beräkningar ofta med analogmaskiner.*

Programmeringstekniskt skiljer man mellan tidsstyrd simulering, där tidsvariabeln stegas fram med jämna intervall, och händelsestyrd simulering (eng. discrete event simulation), där kommande händelser lagras i köer vilka får avgöra vilka tidpunkter som beaktas. Särskilda programspråk avsedda för simulering har utvecklats, t.ex. GPSS, Simscript och NSimula. Exempel är *flödessimulering* där man kan bygga upp en modell av ett produktionssystem med datormodeller av maskiner och transportsystem som har samma cykeltider, kapacitet, hastigheter mm. som de verkliga. När man sedan kör sin simulering kan man påverka modellsystemet med störningar mm på samma sätt som i den verkliga miljön. På så sätt ser man hur dessa störningar påverkar funktionen hos systemet, t.ex. kan olika flaskhalsar i produktionen kan upptäckas där köer av material kommer att uppstå. Simuleringsmodellen (programmet) kan även visuellt visa vad som sker (goods som transporteras mellan arbetsstationer etc.), men det är inte nödvändigt.

NE skriver också: *Diskret simulering har också tidiga rötter, t.ex. i de militära stabernas krigsspel, men har med datorerna framträtt som en ny teknisk och vetenskaplig metodik med breda tillämpningsområden. Ett förlopp av möjliga händelser modelleras med ett datorprogram; en simulering innebär att datorprogrammet exekveras med en uppsättning parametervärden, varvid en fullständig undersökning omfattar ett antal simuleringar med systematiskt varierade parametrar. Ofta ingår slumpmässiga element i modellen, jfr slumpstal. Ett exempel ges av ett simulerat postkontor: parametrarna är antalet öppna kassor, antals- och tidsfördelning för besökare, tidsåtgång för kundernas ärenden etc. Vid*

varje exekvering av modellen samlas uppgifter om kölängd, väntetider, kapacitetsutnyttjande m.m.; simuleringen som helhet kan t.ex. syfta till att undersöka vilka resurser som krävs för att uppnå vissa servicenivåer.

Begreppet *geometrisimulering* används när man med exempelvis CAD-program eller datormanikinprogram studerar en miljö i dator. Detta är egentligen inte simulering enligt en sträng definition eftersom man inte skapat ett system utan mer utforskar möjligheter till interaktion mellan olika objekt i en miljö. Dock har man skapat en modell av något som man interagerar med, fast på ett mer interaktivt sätt än vad som egentligen menas med simulering.

9.2 Begreppen visualisering, animering och analys

9.2.1 Datorstödd visualisering

Datorstödd visualisering kan beskrivas som digitalt skapande och visning av något. Sker det i realtid (dvs direkt på skärmen) så kallas denna teknik ibland interaktiv visuell simulering och kännetecknar Virtual Reality-tillämpningar (VR). VR-teknik har genom den snabba datorutvecklingen gått från exklusiva militära tillämpningar till bredare tillämpningar innefattande produktutveckling, utbildning och underhållning. Tillämpningar inom produktutveckling inkluderar virtuella prototyper med en hög grad av realism, virtuell testning och utveckling av virtuella fabriker. En definition av datorstödd visualisering är ”computer-supported creation and presentation of e.g. a workplace, product or solution.” (Majchrzak et al., 1987).

9.2.2 Animering

En animering är en sekvens av snarlika bilder som uppspelade tillsammans ger ett intryck av rörelse. Enligt Random House Compact Unabridged Dictionary beskrivs animering som “make alive, to give motions to”. Begreppet används ofta för att beskriva en filmsekvens gjord i simuleringsprogram.

9.2.3 Analys

Att göra en analys, t.ex. ergonomianalys, innebär att man studerar ett resultat eller fenomen för att förstå det i sig eller i dess sammanhang. Enligt Random House Compact Unabridged Dictionary beskrivs det som “the separation of any material or abstract entity into its constituent elements (opposed to synthesis)” eller “a method of studying the nature of something or of determining its essential features and their relations”.

9.3 Ergonomisimulering

Vid användning av s.k. datormanikiner finns det språkförbistring om hur användningen egentligen kan beskrivas. Är det simulering? Eller är det rent av ”bara” visualisering och ibland kanske animering eller analys?

Då begreppet simulering inte nödvändigtvis behöver innehålla en dynamisk händelsestyd eller tidsstyrd faktor, utan istället kan definieras som ”att representera ett system med ett annat, i avsikt att studera dess dynamiska uppförande eller för att under laboratorieförhållanden träna behärskan av systemet” samt att ”Motiven för simulering kan t.ex. vara att det studerade systemet är alltför komplext för en analytisk undersökning, ännu inte är tillgängligt, är för dyrbart eller för farligt.”, så kan begreppet ergonomisimulering användas. Det innebär dock att man i ergonomisimuleringen m.h.a. t.ex. en datormanikin också visualiserar (skapar en bild, representation, av något), ibland animerar (spelar in flera bilder på rad som kan spelas upp i en animering) och ibland analyserar (bedömer det simulerade systemet eller beräkningar gjorda i systemet, ex biomekanik)

Ordet ergonomisimulering kan alltså användas.

9.4 Andra definitioner i sammanhanget

CAD: (Computer Aided Design) medger design och konstruktion av produkter i datormiljö. Enligt Groover (1984) kan CAD beskrivas som “any activity that involves the use of the computer to create or modify an engineering design”. I dagligt tal menar man för det mesta ett datorprogram för konstruktionsarbete, men CAD är alltså egentligen ett bredare begrepp.

Datormanikin: (Computer manikin) En datormodell av människan. Se även kapitel 2.

Digital mock-up: är en digital modell för att t.ex. testa någon funktion eller utseende av en produkt eller arbetsplats.

Mock-up: är enklare skalenliga fullskalemodeller, ofta av trä och plast, av en produkt eller arbetsplats för att t.ex. testa någon funktion eller utseende. En mock-up kan se äkta ut utan några riktiga funktioner men de kan också vara enkla med vissa fungerande funktioner (jämför med prototyp som är funktionellt realistisk originalmodell).

Modelleringsystem av människan: (Human modelling systems) Detta är ett vidare begrepp än termen datormanikin. Datormanikiner ingår i denna benämning. Human modelling inkluderar även andra aspekter som t.ex.

kognitiva modeller (ex Micro Saint) samt fristående analysmoduler eller metoder (ex 3DSSPP) som ibland dock infogats i manikinprogramvaror.

Prototyp: är funktionella förversioner av en slutlig produkt, eller enligt Nationalencyklopedien; prototy´p (av senlat. proto´typos 'ursprunglig', av likabetydande grek. proto´typos) Originalmodell som följande former baseras på. Inom industriell produktutveckling avses försöksmodell som är riktig i funktion, konstruktion och utseende men inte i tillverkningsmetod.

Verktyg: är något som används som stöd för att utföra någon verksamhet. Nationalencyklopedin menar att verktyg endast är sådant man använder för att handfast bearbeta. Encyclopedia Britannica säger dock att "something (as an instrument or apparatus) used in performing an operation or necessary in the practice of a vocation or profession". Ordet verktyg används ofta för ett datorprogram, t.ex. datormanikin.

Virtual Reality: är ett begrepp som beskriver en form av datormiljö där betraktaren mer eller mindre innefattas eller befinner sig i datorvärlden. Enligt Pimentel & Teixeira (1995) måste ett Virtual Reality system "be able to respond to user actions, have real-time 3D graphics and give the user a sense of immersion; all three of these characteristics must be fulfilled". Se även Nilsson (2000).