



Framtida ledningscentraler – delrapport 1, omvärldsanalys

Vetenskapliga bidrag under perioden 2005-2011

JIRI TRNKA, MATS PERSSON, PONTUS HÖRLING,
STAFFAN NÄHLINDER OCH HENRIK ARTMAN

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



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Informationssystem
Box 1165
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00
Fax: 013-37 81 00

www.foi.se

FOI-R--3184--SE
ISSN 1650-1942

Användarrapport
Februari 2011

Informationssystem

Jiri Trnka, Mats Persson, Pontus Hörling, Staffan
Nählinder och Henrik Artman

Framtida ledningscentraler – delrapport 1, omvärldsanalys

Vetenskapliga bidrag under perioden 2005-2011

Titel Framtida ledningscentraler – delrapport I, omvärldsanalys

Title Future command and control centres – progress report I, a review of contemporary research

Rapportnr/Report no FOI-R--3184--SE

Rapporttyp Användarrapport
Report Type User report

Månad/Month Februari

Utgivningsår/Year 2011

Antal sidor/Pages 70 p

ISSN ISSN 1650-1942

Kund/Customer Försvarsmakten

Projektnr/Project no E53289

Godkänd av/Approved by Anders Törne

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut

FOI, Swedish Defence Research Agency

Avdelningen för Informationssystem

Information Systems

Box 1165

Box 1165

581 11 Linköping

SE-581 11 Linköping

Sammanfattning

Denna rapport är en omvärldsanalys av forskning kring ledningscentraler. Syftet med rapporten är att kartlägga och analysera vetenskapliga bidrag inom området publicerade under åren 2005-2011. Rapporten sammanställer information om de viktigaste tidskriftsartiklarna inom området som fokuserar på ledningscentraler i stort; såväl militära ledningscentraler, krishantering, trafikledning för flyg och järnväg, samt processkontroll (såsom kärnkraftverk). Rapporten beaktar även artiklar inom de olika forskningsområden som är särskilt centrala för ledningscentraler, exempelvis situationsmedvetenhet, teamarbete, distribuerat beslutsfattande, datorstött arbete, informationsfusion och ledningsstödsystem. Rapporten sammanfattar den allmänna utvecklingen inom området, samt identifierar aktuella trender inom forskningen. Rapporten innehåller även en sammanställning av sammanfattningar (abstracts) av de refererade tidskriftsartiklarna.

Nyckelord: Omvärldsanalys, litteraturstudie, ledningscentraler.

Summary

This report is a review of contemporary research on command and control centers. The aim of the report is to map and analyze scientific contributions in the domain published in the period 2005-2011. The report reviews the most important journal articles in the domain focusing on command and control centres, including the military domain, emergency and crisis management, traffic control for air and railway transport systems, as well as process control (for instance nuclear power plants). The report also focuses on the different research areas that are central to command and control centres such as situation awareness, teamwork, distributed decision making, computer supported collaborative work, and decision-support systems. The report summarizes the development in the domain, as well as identifies current research trends. The report also contains a compilation of abstracts from the referred journal articles.

Keywords: Review of contemporary research, literature survey, command and control systems centres.

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.1.1	FM behov	8
1.1.2	Projektet "FM framtida ledningscentraler"	8
1.2	Syfte	9
1.3	Målgrupp.....	9
1.4	Genomförande	9
1.5	Begrepp.....	10
1.6	Disposition	11
2	Situationsmedvetenhet, kognition, automation och stress i ledningscentraler	13
2.1	Situationsmedvetenhet, kognition och teamarbete	13
2.2	Automation	15
2.3	Stress, arbetsbelastning och prestation	16
2.4	Sammanfattning	18
3	Informationsfusion	20
3.1	Tidigare omvärldsanalys inom informationsfusion	20
3.2	Kunskapsläge inom informationsfusion.....	20
3.3	Sammanfattning	22
4	Ledningsstödsystem: skärmar, gränssnitt & verktyg	24
4.1	Skärmar och gränssnitt i ledning under onormala och kritiska situationer	24
4.2	Gränssnitt, skärmar och verktyg för samverkan	26
4.3	Sammanfattning	27
5	Studier av verkliga ledningscentraler	29
5.1	Studier av enskilda ledningsrum	29

5.2	Ledningscentraler med flera ledningsrum.....	32
5.3	Sammanfattning	34
6	Metodrelaterad utveckling	36
6.1	Trender inom analysmetoder	36
6.2	Sammanfattning	39
7	Förändringshantering vid ledningscentraler	40
7.1	Utmaningar och strategier.....	40
7.2	Sammanfattning	42
8	Sammanfattning av utvecklingen	43
8.1	Utveckling inom området ledningscentraler.....	43
8.1.1	Komplexiteten i dagens ledningscentraler	43
8.1.2	Utformning av ledningscentraler har stor påverkan	44
8.1.3	Brist på systematisk analys av verkliga ledningscentraler.....	45
8.2	Forskningstrender	46
8.3	Reflektion kring den kartlagda forskningen.....	46
9	Refererade tidskriftsartiklar med sammanfattningar	48
9.1	Artiklar från "Ergonomics"	48
9.2	Artiklar från "Cognition, Technology & Work"	53
9.3	Artiklar från "Journal of Cognitive Engineering and Decision Making"	55
9.4	Artiklar från "Human Factors".....	57
9.5	Artiklar från "Theoretical Issues in Ergonomics Science"	62
9.6	Artiklar från "Applied Ergonomics"	65
9.7	Artiklar från övriga tidskrifter	67

1 Inledning

Denna rapport redovisar första delen av projektet ”FM framtida ledningscentraler”. Rapporten innehåller en omvärldsanalys av forskning kring ledningscentraler som publicerats under åren 2005-2011.

1.1 Bakgrund

1.1.1 FM behov

Inom ramen för den verksamhet som HKV AVD PLAN ansvarar för ingår bl.a. att etablera samt vidmakthålla Ledningsplats HKV Stockholm och däri ingående ledningscentraler. De senaste åren har ett antal ometableringar och omflyttningar av ledningscentraler skett där verksamhetens resultat, i avsaknad av fastställd framtida vision och målbild, har styrts av endast tids- och kostnadsfaktorer. Detta har varken varit ändamålsenligt eller kostnadseffektivt för verksamheten som helhet.

FM kommer under de närmaste åren genomföra omflyttningar, sammanslagningar och nyetableringar av ledningscentraler. Nya krav på reducerad personaltäthet, ökad närvaro av nya och/eller förändrade ledningsstödsystem och ökat informationsflöde ställer ytterligare krav på att ledningscentraler anpassas efter människans behov och förutsättningar. Dessa ledningsmiljöer bör då anpassas till metoder/processer, uppgiftsallokeringar, tekniker, organisationers förmåga och personalens färdigheter, såväl som varierande stressbelastning.

1.1.2 Projektet ”FM framtida ledningscentraler”

Projektet ”FM framtida ledningscentraler” har som syfte att kartlägga aktuell forskning och sammanställa erfarenheter inom området ledningscentraler för att ta fram de faktorer som kan påverka utformning av ledningscentraler på medellång till lång sikt. Målsättningen är att identifiera forskning och sammanställda erfarenheter som direkt eller på sikt kan implementeras i FM ledningscentraler.

Projektet beaktar både ”best practice” och vetenskapligt förankrade resultat. Projektet inriktar sig på ledningsforskning och relevant teknikutveckling från både militära och civila områden. Projektet sammanställer erfarenheter från andra sektorer med liknande ledningsmiljöer, exempelvis polisens ledningscentraler, kontrollrum och bevakningscentraler vid kärnkraftverk, fartygsbryggor och flygledningscentraler.

Projektet genomförs i samverkan mellan FOI och FHS.

1.2 Syfte

Syftet med det arbete som beskrivs i denna rapport har varit att identifiera, kartlägga och analysera forskning och studier inom området ledningscentraler som publicerats under åren 2005-2011.

Rapporten begränsas till att beakta forskning som är publicerad i vetenskapliga tidskrifter. Denna begränsning görs för att resultatet ska vara välgrundat och väl förankrat i vetenskapliga analyser. Eftersom det vanligen föreligger ett tidsintervall mellan utförd forskning och dess faktiska publicering har vi funnit att tidskriftsartiklar från 2005-2011 i princip täcker forskning under perioden av senaste tio år. Med hänsyn till teknikutveckling görs bedömningen att en period av tio år är tillräckligt för att tillgodose FM behov för utformning av framtida ledningscentraler.

Rapporten omfattar inte ledningsmetodik, annat än i den omfattningen att det direkt påverkar utformning av ledningscentraler.

1.3 Målgrupp

Målgruppen för rapporten är i första hand chefer på strategisk nivå på FM/HKV. I andra hand för forskare på FOI och universitet och högskolor (UoH) med intresse av hur ledningscentraler ska utformas för att stödja människan på bästa möjliga sätt. Den första målgruppen ska kunna använda forskningsresultaten till den specifika utvecklingsverksamheten, exempelvis avseende värdering av konsekvenser som eventuella förändringar kan innebära. För den senare målgruppen är rapporten främst att betrakta som en översikt av forskningsresultat. De flesta beskrivningarna är således skrivna för en läsare med god förståelse och insikt i problematiken kring ledningssystem, ledningscentraler, samt med viss insikt i de ledningsstödsystem och ledningsplattformar som används eller kan tänkas användas vid ledningscentraler.

1.4 Genomförande

Metodologiskt har vetenskapliga tidskriftsartiklar valts ut inom tidsintervallet 2005-2011 samt sorterats med avseende på vilket delområde de behandlar. Fokus har varit ledningscentraler i stort där såväl militära ledningscentraler som ledningscentraler för civil krishantering, trafikledning för flyg och järnväg samt processkontroll (såsom kärnkraftverk) har ingått. Litteratursökningen har också fokuserat på begrepp som är särskilt centrala för ledningscentraler. Sådana begrepp är exempelvis kognition, situationsmedvetenhet, teamarbete, distribuerat beslutsfattande, datorstött arbete, informationsfusion och ledningsstödsystem. Vi har särskilt studerat tidskrifter som tidigare publicerat forskning inom området

ledningscentraler. Vidare har vi använt oss av tidskriftsdatabaser som funnits tillgängliga via bibliotek och via Internet. Under sökningen i sådana databaser har vi i första hand utgått från breda sökbegrepp där sökord som exempelvis ”kontrollrum” och ”ledningscentral” för att sedan begränsa dessa enligt ovan. Vidare har vi gjort sökningar på tidskriftsartiklar som refereras av artiklar som valts ut enligt ovanstående steg.

1.5 Begrepp

I detta avsnitt förklaras och definieras några av de begrepp som är centrala för detta arbete. De begrepp som beskrivs är: ledning, ledningssystem, ledningscentral, ledningsstödsystem, ledningsplattform, informationssystem och sambandssystem.

Ledning är att skapa förståelse för vad som skall uppnås och en vilja att sträva mot uppsatt mål genom att påverka och samordna aktiviteter och resurser inom rådande regler och situation för att åstadkomma de effekter som definieras i uppdraget¹.

Ledningsprocess konstitueras av planering, ledning av genomförande och uppföljning².

Ledningssystem är den, till ett sammanhängande system sammansatta strukturer för ledning,

- som utgörs av chef med stab,
- vilka utövar ledning med stöd av doktrin och metod,
- som grupperar på en ledningsplats
- betjänad av ett betjäningförband och
- som bearbetar information vilken hanteras av informationssystem och
- som förflyttas med sambandssystem³.

Ledningscentral är en fast ledningsplats, d.v.s. en fysisk lokalitet i byggnad eller anläggning varifrån chef, eller av denna bemyndigat befäl, utövar ledning⁴.

¹ Försvarmakten (2007). *IDC² – Ledningskoncept för Integrerad Dynamisk Ledning*. Förhandsutgåva version 735, Bilaga 3. Stockholm: Försvarmakten.

² Försvarmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

³ Försvarmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

⁴ Försvarmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

Ledningsstödsystem är ett informationssystem primärt avsett att stödja chef med stab vid utövande av ledning⁵.

Ledningsplattform är den del av ledningssystemet som omfattar den tekniska infrastrukturen som i form av sambandssystem, informationssystem och övriga ledningsförutsättningar tillhandahålls staberna genom s.k. betjäningsförband⁶.

Informationssystem är ett system som behandlar, d.v.s. insamlar, bearbetar, lagrar och distribuerar information. Används oftast för datorstödda informationssystem⁷.

Sambandssystem är ett system för att säkerställa informationsöverföring mellan geografiskt utspridda aktörer⁸.

1.6 Disposition

Rapporten består av 9 kapitel. I detta avsnitt ges en kort beskrivning av innehållet i respektive kapitel.

Kapitel 1 (detta kapitel) inleds med en kort bakgrund till denna rapport. Därefter ges en beskrivning av rapportens syfte, målgrupp samt genomförande. Slutligen beskrivs centrala begrepp för detta arbete och rapportens disposition.

Kapitel 2 fokuserar särskilt på de olika forskningsområden som är centrala för ledningscentraler som exempelvis situationsmedvetenhet, kognition och teamarbete. Kapitlet omfattar problematiken kring automation och automationens påverkan på situationsmedvetenhet, stress och arbetsbelastning.

Kapitel 3 beskriver kortfattat informationsfusion, vilket kommer att bli en allt viktigare teknisk lösning för att skapa en helhet av spridd information. Med informationsfusion kan datorer sammanställa och aggregera information för att på så sätt skapa nya förutsättningar för observation och analys av omvärlden.

Kapitel 4 fokuserar på forskning som särskilt beaktar ledningsstödsystem och hur de stödjer människan i ledningsarbete. Här beskrivs forskning om framförallt den synliga och interaktiva delen av ledningsstödsystem som människor använder.

⁵ Försvarsmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarsmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

⁶ Försvarsmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarsmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

⁷ Försvarsmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarsmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

⁸ Försvarsmakten (2006). *Nomenklatur för Försvarsmakten inom Ledningssystemområdet – Nomen FM LED*. HKV 09 911: 78928, Bilaga 1. Stockholm: Högkvarteret.

Kapitel 5 fokuserar på den forskning som studerat verkliga ledningscentraler i verkliga beslutssituationer. Studierna inriktar sig på den komplexitet som möter ledningspersonalen då de ska genomföra sitt arbete.

Kapitel 6 har särskilt fokus på analysmetoder för att utforma, studera och utvärdera ledningscentraler. Här diskuteras olika trender inom området.

Kapitel 7 behandlar problematiken kring hur ledningscentraler kan hantera de ständiga förändringar som sker vid dagens ledningscentraler.

Kapitel 8 ger en kort sammanfattning av området ledningscentraler i allmänhet, diskuterar aktuella forskningstrender, samt gör en reflektion kring den kartlagda forskningen.

Kapitel 9 är slutligen en sammanställning av forskningsartiklarna med dess sammanfattningar (abstracts).

Det bör nämnas att ett flertal artiklar vid sortering skulle kunna inordnats i olika kategorier, eftersom en artikel vanligen berör flera delområden. Denna omvärldsanalys har dock utgått från det centrala temat som respektive artikel har fokuserat på. Vi har därför valt, för enkelhetens och läsbarhetens skull, att fokusera på respektive artikels huvudsakliga forskningsfråga.

2 Situationsmedvetenhet, kognition, automation och stress i ledningscentraler

Detta kapitel beskriver beteendevetenskaplig forskning med fokus på beslutsfattande och kognition med relevans för ledningscentraler. Under den studerade perioden (2005 – 2011) har dessa forskningsområden huvudsakligen inriktas mot följande tre delområden: (1) situationsmedvetenhet, kognition och teamarbete, (2) effekter av automation, och (3) stress, arbetsbelastning och prestation.

2.1 Situationsmedvetenhet, kognition och teamarbete

Flera författare (Klein⁹ m.fl., Salas¹⁰ m.fl., Stanton¹¹ m.fl.) sammanställer kunskapsutveckling kring situationsmedvetenhet och relaterade kognitiva aspekter som påverkar eller påverkas av den specifika miljö som ledningscentraler innebär. Den tidiga kognitionsforskningen fokuserade vanligen på mer individuella mentala funktioner, medan den sentida och samtida forskningen i högre grad beaktar teamarbete och social organisering.

Klein¹² m.fl. diskuterar och problematiserar konceptet med *team sensemaking* samt vilka svårigheter som konceptet ibland kan vara behäftat med. Författarna definierar team sensemaking bl.a. mot bakgrund av en diskussion om dess skillnader i förhållande till individuell och team situationsmedvetenhet samt skillnader mellan individuell och team sensemaking. Vidare introduceras och används ett makrokognitivt perspektiv för att beskriva team sensemaking. För att illustrera hur konceptet kan användas på en beslutssituation analyseras en olycka när en amerikansk u-båt kolliderade med det japanska fiske- och träningsfartyget *Ehime Maru*. Mot bakgrund av detta ges ett antal påståenden och förslag på hur team sensemaking skulle kunna vara möjligt att studera. Att få bättre förståelse för team sensemaking och hur detta ska åstadkommas är viktigt eftersom graden,

⁹ Klein, G., Wiggins, S., & Dominquez, C.O. (2010). Team sensemaking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 304-320.

¹⁰ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

¹¹ Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

¹² Klein, G., Wiggins, S., & Dominquez, C.O. (2010). Team sensemaking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 304-320.

eller kanske snarare avsaknaden, av team sensemaking kan vara en större bidragande faktor till t.ex. olyckor och misstag än individuell sensemaking.

Salas¹³ m.fl. gör en sammanställning av utvecklingen inom teamforskning under de senaste 20 åren. De identifierar åtta viktiga slutsatser och de fem största utmaningarna för framtiden. De viktiga slutsatserna är: (1) att delad kognition (*shared cognition*) har stor betydelse för teamarbete och teamprestanda, (2) att detta kan mätas; (3) att teamträning främjar teamarbete och höjer teamprestation; (4) att syntetiska uppdragsmiljöer (s.k. *synthetic task environments*) möjliggör att tillhandahålla ett sammanhang för att skapa realistiska beslutssituationer för teamforskning; (5) att det finns metoder för att modellera teamprestation; (6) att faktorer som påverkar teamprestation har identifierats; (7) att väl designade teknologier kan förbättra teamprestation; samt (8) att teamforskning har multidisciplinär karaktär. De största utmaningarna är: (1) att det finns behov av bättre ansatser och metoder för mätning; (2) att team måste studeras i naturalistiska situationer; (3) att det krävs bättre förståelse av flexibla/agila team och de processer som uppstår i samband med sådana team; (4) att teamkognition bör uppmärksammas i högre grad samt (5) att det krävs bättre förståelse av team i ett multikulturellt sammanhang.

Stanton^{14,15,16} m.fl., Salmon^{17,18} m.fl. problematiserar situationsmedvetenhet i team och distribuerade ledningssystem som hanterar komplexa beslutssituationer. De påpekar att dagens modeller och metoder inte är tillräckliga för att studera situationsmedvetenhet i verkliga beslutssituationer och ledningsmiljöer. De presenterar ett omfattande teoretiskt och empiriskt arbete som bygger på studier av ett flertal olika ledningssystem och miljöer. De föreslår en ansats (s.k. *distribuerad situationsmedvetenhet*) för att beskriva situationsmedvetenhet i team- och ledningssystemsammanhang, som bygger på schemateori, distribuerad kognition och kognitiva system. Ansatsen baseras på olika koncept (s.k. *transactive* och *compatible* situationsmedvetenhet) och metoder, vilka framhäver

¹³ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

¹⁴ Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

¹⁵ Salmon, P., Stanton, N., Walker, G., & Green, D. (2006). Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments. *Applied Ergonomics*, 37(2), 225-238.

¹⁶ Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., & Jenkins, D. (2009). Genotype and phenotype schemata and their role in distributed situation awareness in collaborative systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10(1), 43-68.

¹⁷ Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G. H., Jenkins, D., Baber, C., & McMaster, R. (2008). Representing situation awareness in collaborative systems: A case study in the energy distribution domain. *Ergonomics*, 51(3), 367 - 384.

¹⁸ Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Jenkins, D.P., & Rafferty, L. (2010). Is it really better to share? Distributed situation awareness and its implications for collaborative system design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1), 58-83.

situationsmedvetenhet som en dynamisk samverkansprocess. Därmed blir kommunikation, uppgiftsallokering samt interaktions- och kommunikationsvägar viktiga element som påverkar situationsmedvetenhet i team- och ledningssystemsammanhang.

Författarna demonstrerar ett flertal exempel på analys av situationsmedvetenhet enligt den föreslagna ansatsen. Mot bakgrund av både de empiriska resultaten samt det teoretiska resonemanget framför författarna intressanta aspekter på såväl ledningssystemutveckling, utformning av ledningsmiljöer och beslutsstrukturer samt vilken hänsyn man kan behöva ta till detta vid utveckling av tekniska hjälpmedel och ledningsstödsystem för situationsmedvetenhet i team.

2.2 Automation

Automation införs ofta för att avlasta en mänsklig operatör. En väl implementerad automation kan minska arbetsbördan för en individ, och kanske till och med reducera behovet av personal. Automation kan dock ofta medföra nya problem och nya möjligheter att göra fel. Studier inom detta område inriktar sig framförallt på automation i teamsammanhang, samt adaptiv automation.

Parasuraman och Wickens¹⁹ redovisar en genomgång (och förklaring) av 30 års utveckling och vetenskapliga resultat avseende humanaspekter av automation. I synnerhet har författarna studerat utvecklingen av automation inom tre områden: (1) nivåer och stadier av automation, (2) förtroende för och samtycke med automation, (3) adaptiv automation. I slutsatserna skriver författarna att det idag finns så stark vetenskaplig grund, baserat på empiriska data, att det är möjligt för designers att välja ”rätt” nivå av automation och välja rätt avseende vilka funktioner som bör automatiseras och vilka som inte bör automatiseras. I framtiden kommer allt fler system och funktioner automatiseras, men människan kommer dock fortsätta att vara den viktigaste delen av dessa system. Följande tre områden är det viktigaste, och kommer troligtvis även fortsättningsvis vara de viktigaste automationsfrågorna: (1) vilka nivåer och stadier av automationen är suboptimala (2) hur ska man balansera förtroende och samtycke (3) hur ska man adaptivt integrera människan med automationen?

de Greef²⁰ m.fl. fokuserar på användning av adaptiv automation i militära ledningsmiljöer och hur detta bör studeras. Medan militära operationer blir alltmer komplicerade sker samtidigt neddragningar av personal, vilket leder till ökad kognitiv arbetsbelastning i ledningsmiljöer. En dynamiskt anpassad grad av

¹⁹ Parasuraman, R., & Wickens, C.D. (2008). Humans: Still vital after all these years of automation. *Human Factors*, 50(3), 511-520.

²⁰ de Greef, T.E., Arciszewski, H.F.R., & Neerinx, M.A. (2010). Adaptive automation based on an object-oriented task model: Implementation and evaluation in a realistic C2 environment. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(2), 152-182.

automation, s.k. *adaptiv automation*, föreslås som ett möjligt sätt att minska mental arbetsbelastning och öka prestation. Det har skett en del forskning på adaptiv automation som emellertid ofta har varit fokuserad mot hur man ska mäta exempelvis mental arbetsbelastning i olika experimentella upplägg. Författarna föreslår ett angreppssätt där en objektorienterad syn används på uppgiften som ska utföras. Detta angreppssätt passar bra då uppgiften går ut på att identifiera, kontrollera och styra ett antal enheter, exempelvis radaroperatörer eller flygtrafikledare. De genomförde en empirisk studie för att testa effekter av adaptiv automation med ett objekt-orienterat synsätt i en simulerad C2-miljö (marinradar) avseende prestation och arbetsbelastning. Enligt studiens resultat leder adaptiv automation till förbättrad prestation, men avseende på arbetsbelastning medför det inte några förändringar. Författarna avslutar med att konstatera att deras angreppssätt är framgångsrikt och därför borde kunna användas i många andra militära ledningsmiljöer.

Wright och Kaber²¹ problematiserar effekter av automation på team. Författarna testar vad som händer i ett team som utför en luftförsvarsuppgift när olika typer av automation införs. Tidigare studier kring automation har oftast gällt vad som händer med en enskild individ, hur dennes arbete utförs och hur individen påverkas. Den här experimentella studien syftade alltså till att studera team, men också effekter av olika typer av automation (informationsinhämtning, informationsanalys, och beslutsvalfunktion). Resultaten visar att beroende på vilken typ av automation som införs ändras teamsamarbetet på olika sätt. Även om resultaten inte är generaliserbara till andra situationer är dock slutsatserna viktiga. Den första slutsatsen författarna drar är att en uppgiftsanalys bör genomföras innan införandet av automation: Detta för att effekten på både arbetsbelastning och strategier för teamkoordinering ska kunna förstås. Den andra slutsatsen är att det är viktigt att mäta såväl förändringen av kommunikationsmönster som koordinering, arbetsbelastning och prestation i teamet.

2.3 Stress, arbetsbelastning och prestation

Forskning inom flygtrafikledning bidrar med många studier avseende förhållandet mellan mental arbetsbelastning, situationsmedvetenhet och prestation samt problematiken kring prestation, stress och arbetsbelastning och dess koppling till automation.

²¹ Wright, M.C., & Kaber, D.B. (2005). Effects of automation of information-processing functions on teamwork. *Human Factors*, 47(1), 50-66.

Langan-Fox²² m.fl. diskuterar framtida civila flygtrafikledningscentraler och relaterade förändringar i operatörers och beslutsfattares arbetsuppgifter i sådana centraler. Framtida flygtrafikledningscentraler kommer troligen att innehålla både mer teknik och mer automation. Detta kan leda till positiva (minskad arbetsbelastning) men också oförutsedda konsekvenser för personalen (minskad kontroll på läget, obalans i arbetsbelastning, ökad stress och ökad grad av misstroende mot tekniken, men även större grad av uttråkning). Det finns behov av att kunna mäta och förstå konsekvenserna av stress, förtroende och uttråkning. Med anledning av kommande förändringar av arbetsuppgifter gör författarna en genomgång av olika mått på hur arbetet i en flygtrafikledningscentral skall kunna värderas. Författarna noterar speciellt att stress, förtroende (trust) och uttråkning är områden där relativt lite forskning sker på flygtrafikledningscentraler. De påpekar också att det finns behov av forskning kring rekrytering/urval och träning samt utbildning av ny personal för sådana framtida miljöer.

Metzger och Parasuman²³ beskriver två experiment som inriktar sig på den framtida flygtrafikledningen där flygledarna blir mindre involverade i ledning av flygplanen, men ändå förväntas ingripa om risk för kollision skulle uppstå. Eftersom flygledarna kommer vara mer bortkopplade från beslutsfattandeprocessen än idag finns en risk att de förlorar medvetenhet om rådande situation och därmed riskerar att prestationen minskar (d.v.s. sannolikheten att göra fel ökar). För att kompensera för detta kan automation i form av kollisionsvarning introduceras. I det första experimentet undersöktes i vilken utsträckning flygledarna fick positiva effekter av att använda en automatisk kollisionsdetektion som varnade då det fanns risk för kollision (i en simulerad miljö). Denna automation var tillförlitlig och alltid korrekt. Resultatet visade att flygledarnas prestation var bättre med den automatiska kollisionsvarningen än utan, men deras mentala arbetsbelastning var lika hög i båda fallen. I det andra experimentet användes ett automatiskt kollisionsvarningssystem som inte var perfekt. I det här fallet var flygledarnas prestation sämre med automationen än när de var utan (men med bibehållen mental arbetsbelastning).

Rovira och Parasuraman²⁴ studerar konsekvenserna av en s.k. *imperfect automation*. Ett antal flygledare fick hantera en (simulerad) situation där de fick automatisk varning av en förestående kollision. Automatiken var emellertid inte alltid helt korrekt och det visade sig att en bristfällig automation leder till sämre

²² Langan-Fox, J., Sankey, M.J., & Canty, J.M. (2009). Human factors measurement for future air traffic control systems. *Human Factors*, 51(5), 595-637.

²³ Metzger, U., & Parasuraman, R. (2005). Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload. *Human Factors*, 47(1), 35-49.

²⁴ Rovira, E., & Parasuraman, R. (2010). Transitioning to future air traffic management: Effects of imperfect automation on controller attention and performance. *Human Factors*, 52(3), 411-425.

prestation både avseende ”missar” och ”falskt alarm” än i en situation helt utan automation. Ju tidigare automatiken beräknar en föreliggande kollision, desto mer bristfällig är dess beräkning. Resultatet visade att bristfällig automation, ledde till kraftigt försämrad prestation samt ökad arbetsbelastning. Författarna drar slutsatsen att vid design av nya ledningsstödsystem med inbyggd automation är det viktigt att visa för operatören hur korrekt automationen är, så att han/hon kan värdera informationen på ett korrekt sätt.

2.4 Sammanfattning

- Det finns en stark vetenskaplig grund avseende situationsmedvetenhet, sensemaking, kognition, automation och arbetsbelastning på individnivå och rörande individuella mentala funktioner (se Klein²⁵ m.fl., Salas²⁶ m.fl., Stanton²⁷ m.fl., Parasuraman och Wickens²⁸).
- Kunskapsutvecklingen i den samtida forskningen beaktar i högre grad teamarbete. Framförallt efterfrågas forskning där teamrelaterade aspekter av situationsmedvetenhet, kognition, automation, arbetsbelastning, m.m. studeras under verkliga/realistiska beslutssituationer och i ett multikulturellt sammanhang (se Langan-Fox²⁹ m.fl., Salas³⁰ m.fl., de Greef³¹ m.fl., Klein³² m.fl.).
- Syntetiska uppdragsmiljöer möjliggör att tillhandahålla ett sammanhang för att skapa realistiska beslutssituationer för teamforskning (se Salas³³ m.fl.).

²⁵ Klein, G., Wiggins, S., & Dominquez, C.O. (2010). Team sensemaking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 304-320.

²⁶ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

²⁷ Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

²⁸ Parasuraman, R., & Wickens, C.D. (2008). Humans: Still vital after all these years of automation. *Human Factors*, 50(3), 511-520.

²⁹ Langan-Fox, J., Sankey, M.J., & Canty, J.M. (2009). Human factors measurement for future air traffic control systems. *Human Factors*, 51(5), 595-637.

³⁰ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

³¹ de Greef, T.E., Arciszewski, H.F.R., & Neerincx, M.A. (2010). Adaptive automation based on an object-oriented task model: Implementation and evaluation in a realistic C2 environment. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(2), 152-182.

³² Klein, G., Wiggins, S., & Dominquez, C.O. (2010). Team sensemaking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 304-320.

³³ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

- Det finns begränsad kunskap kring effekter av automation på situationsmedvetenhet, stress, prestation samt teamprocesser och forskning på detta efterfrågas (se Wright och Kaber³⁴, Metzger och Parasuraman³⁵, Rovira och Parasuraman³⁶).
- Det finns behov av metoder för att mäta och analysera situationsmedvetenhet, sensemaking, kognition, automation och arbetsbelastning i team- och multikulturella sammanhang (se Salmon³⁷ m.fl., Stanton³⁸ m.fl., Klein³⁹ m.fl.).

³⁴ Wright, M.C., & Kaber, D.B. (2005). Effects of automation of information-processing functions on teamwork. *Human Factors*, 47(1), 50-66.

³⁵ Metzger, U., & Parasuraman, R. (2005). Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload. *Human Factors*, 47(1), 35-49.

³⁶ Rovira, E., & Parasuraman, R. (2010). Transitioning to future air traffic management: Effects of imperfect automation on controller attention and performance. *Human Factors*, 52(3), 411-425.

³⁷ Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Jenkins, D., Baber, C., et al. (2008). Representing situation awareness in collaborative systems: A case study in the energy distribution domain. *Ergonomics*, 51(3), 367-384.

³⁸ Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

³⁹ Klein, G., Wiggins, S., & Dominquez, C.O. (2010). Team sensemaking. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 304-320.

3 Informationsfusion

Detta kapitel sammanfattar kunskapsläget inom forskningsområdet informationsfusion. Först presenteras tidigare genomförda omvärldsanalyser av området. Sedan ges en översikt av kunskapsläget inom området. Bland annat diskuteras sammanställning av data från flera sensorer, exempelvis för dynamisk målföljning. Viktiga begrepp som *mixed-initiative reasoning*, anomalidetektion och *hard-soft fusion* beskrivs.

3.1 Tidigare omvärldsanalys inom informationsfusion

FOI har nyligen publicerat en omvärldsanalys inom området för åren 2009 - 2010 (Hörling⁴⁰ m.fl.) och de flesta av kapitlen där kan vara nyttiga att ta del av för att få en uppfattning om *state-of-the-art* inom området informationsfusion, vilket kan komma till nytta inom en brett arbetande ledningscentral. För sådan fusion som ligger närmare sensor- och målsparfusion ligger kap. ”Situations- och hotbedömning”, ”Anomalidetektion” samt ”Gemensam lägesinformation samt något om sensornätverk” närmast. Det mesta som beskrivs i dessa kapitel befinner sig på sådana mognadsnivåer att det kan tillämpas skarpt inom 5-10 år, och en del används redan idag i befintliga ledningsstödsystem. FOI har sedan 2005 publicerat ytterligare ett par rapporter med omvärldsanalys inom området (se Svenson⁴¹, Berggren⁴² m.fl.). Dessutom kan en teknisk prognos, som skrevs 2003, för området t.o.m. 2020 nämnas (Svensson⁴³).

3.2 Kunskapsläge inom informationsfusion

Informationsfusion är ett område av mycket stor vikt, såväl idag som i en framtida ledningscentral som har att hantera stora inflöden av information. Informationen måste associeras (vilka rapporter avser i större eller mindre utsträckning samma sak), prioriteras och värderas. Från detta kan saknade

⁴⁰ Hörling, P., García Lozano, M., Gustavi, T., Johansson, F., Johansson, R., & Mårtenson, C. (2010). *Omvärldsanalys Informationsfusion 2009-2010* (Report FOI-R--3066—SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

⁴¹ Svenson, P. (2008). *Omvärldsanalys informationsfusion 2007-2008* (Report FOI-R--2536—SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

⁴² Berggren, P., Hörling, P., Mårtenson, C., Schubert, J., & Svenson, P. (2007). *Viktig informationsfusionsforskning i omvärlden 2006* (Report FOI-R--2252—SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

⁴³ Svensson, P. (2003). *Teknisk översikt och prognos 2002-2020 för området Informationsfusion* (Report FOI-R--0798—SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

pusselbitar identifieras, d.v.s. vilken viktig information saknas och behöver samlas in och hur skall detta bäst göras?

Klassisk sensorfusion över större geografiska ytor har sedan länge handlat om att inom samma sensor (framförallt radar) samtidigt följa och separera många flygplan eller fartyg i tid och rum. Denna typ av sensorfusion handlar även om att mellan flera sensorer av samma typ, som observerar samma geografiska område, sammanställa deras separata målspar till ett fusionerat systemspår för vart och ett av de objekt som observeras av mer än en av sensorerna. Funktionalitet för klassificering och identifiering av de följda objekten ingår ofta. Denna typ av fusion har sedan länge varit mogen och väldefinierad. Informationen som sammanställs är homogen och går lätt att sambearbeta matematiskt och statistiskt för att få en sammanställd lägesuppfattning; exempelvis ”vem finns var just nu”, och ”vart är de på väg”.

Informationsfusion mer generellt syftar kortfattat till att analogt erhålla en konsistent och mer heltäckande lägesuppfattning genom att sammanställa mer eller mindre heterogen information. De delar av informationen som verkar beröra samma sak (fysiska objekt, händelser etc.) vägs samman, ”fusioneras”, till en mer heltäckande beskrivning av dessa objekt eller händelser än vad informationsdelarna gör var för sig. ”Heltäckande” avser här aspekter som exakthet i tid, rum, identitet, avsikt, relationer etc. En sammanställning av de fusionerade delarna ger på högre nivå en tolkningsbar bild av situationen.

Det klassiska sättet att tänka här är att sammanställa många informationskällor med sensorer eller visuellt observerade fientliga stridsenheter till rörelsemönster och avsikter hos de förband de tros tillhöra på en högre nivå. Idag är denna typ av ”målföljnings”-fusion inte längre det allestädes viktigaste, åtminstone inte på markarenan. Dagens asymmetriska konflikter på olika nivåer gör att oerhört mycket mer information från fler arenor (PMESII⁴⁴) måste sambearbetas vilket gör informationsfusionen till en delikat uppgift. Målet blir snarast att bygga upp kunskap om konfliktens alla dimensioner, låt vara att det framförallt gäller dess aktörer med sina resurser och lojaliteter, än att följa fientliga enheter i ställningskrigföring.

Sensorfusion syftar som sagt till att gemensamt bearbeta data från flera sensorer för att få ett bättre ”målläge” och möjlighet att dynamiskt följa fysiska mål i tid och rum. Informationsfusion låter sig ofta jämföras med målföljning där ”målet” är en viss situation och dess utveckling i tid och rum, samt en bedömning av vilka konsekvenser den kan få. Eftersom en situation är mycket mer än de enskilda fysiska komponenterna i den (personer, fordon, byggnader, vapen etc.), nämligen även relationerna mellan dem satta i sammanhanget av hela konflikten

⁴⁴ PMESII står för ”Politisk, Militär, Ekonomisk, Information och Infrastruktur”. PMESII är en del av EBAO (*Effects-Based Approach to Operations*) och är en kategorisering av områden inom vilka effekter kan uppnås och mätas.

eller händelseutvecklingen, så blir behovet av information från många andra källor än sensorer helt avgörande. Situationer är dessutom ofta mer luddiga till konturen eftersom de inte har de fysiska avgränsningar som finns hos fysiska mål. Följaktligen överlappar hela tiden en situation andra situationer och händelseutvecklingar beroende på vad man anser ingår i dem. Sensorfusion är mer ren matematik än informationsfusion. Typerna av information är i det senare fallet så heterogena att fusion i de flesta fall bara kan utföras av människan som ofta är överlägsen datorn på att upptäcka komplexa mönster i sådan information. Intelligent sätt att instruera datorer att jämföra heterogen information har dock då och då presenterats, vilket ger datorn möjlighet att nyttja sin snabbhet för att även hitta denna typ av komplexa mönster. Idéer för hur datorn kan hjälpa människan med det den är bra på har vuxit fram i forskningen undan för undan, s.k. *mixed-initiative reasoning*. Även s.k. *hard-soft fusion* blir allt vanligare att studera. Detta område rör just hur det semantiska innehållet i ”mjuk” mänskligt genererad information skall kunna vägas samman. Ofta uttryckt i text, med ”hård” sensorinformation såsom målets position, hastighet och identitet. Mycket, dock inte allt, befinner sig fortfarande på forsknings-, och demonstrationsstadiet.

3.3 Sammanfattning

- Effektiv Situations- och Hotbedömning har länge hört till informationsfusionens mål, men varit svårt p.g.a. områdets spretiga och abstrakta karaktär. Det publiceras dock mer och mer här (se Beaver⁴⁵ m.fl., Costa⁴⁶ m.fl.).
- *Mixed-Initiative reasoning* är ett område som kommer starkt där strävan är att utnyttja datorns beräkningsförmåga för att hjälpa människan (se Belov och Gerken⁴⁷).
- Anomalidetektion överlappar med de ovanstående två punkterna; datorn försöker hitta avvikande mönster i inkommande data om exempelvis fartygsrörelser, rörelsemönster i folkmassor, industriprocesser (se van Laere och Nilsson⁴⁸, Brax⁴⁹ m.fl.).

⁴⁵ Beaver, J., Kerekes, R., & Treadwell, J. (2009). An information fusion framework for threat assessment. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 1903-1910. IEEE.

⁴⁶ Costa P. C., Chang K-C., Laskey, K., & Carvalho R. (2009). A multi-disciplinary approach to high level fusion in predictive situational awareness. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 248-255. IEEE.

⁴⁷ Belov, N., & Gerken, P. (2009). Mixed initiative soft data fusion associate. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 1897-1902. IEEE.

⁴⁸ van Laere, J., & Nilsson, M. (2009). Evaluation of a workshop to capture knowledge from subject matter experts in maritime surveillance. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 171-178. IEEE

- *Hard-soft fusion* syftar till ett integrerat mer eller mindre automatiserat resonerande med information som genererats av människor (mer kvalitativ) resp. maskiner (mer kvantitativ, främst avses sensorer, men även databaser med numerisk information etc.) (se Belov och Gerken⁵⁰, Nagi⁵¹ m.fl.).

⁴⁹ Brax, C., Niklasson, L., & Laxhammar, R. (2009). An ensemble approach for increased anomaly detection performance in video surveillance data. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 694-701. IEEE.

⁵⁰ Belov, N., & Gerken, P. (2009). Mixed initiative soft data fusion associate. *Proc. of the 12th International Conference on Information Fusion – FUSION 2009*, Seattle, WA, 6-9 July 2009, pp. 1897-1902. IEEE.

⁵¹ Nagi, R., Llinas, J., Hall, D., & Lavery, J. (2010). A multi-disciplinary university research initiative in hard and soft information fusion: overview, research strategies and initial results. *Proc. of the 13th International Conference on Information Fusion – FUSION 2010*, Sao Paulo, Brazil, 26-29 July 2010. IEEE.

4 Ledningsstödsystem: skärmar, gränssnitt & verktyg

Detta kapitel sammanställer forskning om ledningsstödsystem. Fokus är framförallt på de synliga och interaktiva delarna som skärmar, gränssnitt och verktyg. Först beskrivs studier av hur utformning av skärmar och gränssnitt påverkar ledning under onormala och kritiska situationer. Sedan följer en beskrivning av studier om utformningens betydelse för samverkan.

4.1 Skärmar och gränssnitt i ledning under onormala och kritiska situationer

Flera studier inriktar sig på utvärdering av hur olika lösningar avseende design och utformning av skärmar och gränssnitt påverkar situationsmedvetenhet, beslutsfattande och teamprocesser under onormala och kritiska situationer.

Nickel och Nachreiner⁵² studerar multipla grafiska skärmar i ledningsmiljöer i processindustri. De beskriver en studie där operatörsarbete i processkontroll utvärderades för hantering av avvikelser och störningar. Författarna inriktar sin analys på hur utformning av gränssnitt och fördelning av information mellan skärmar påverkar prestation och arbetsbelastning. De analyserar två olika uppställningar. Studiens resultat antyder att under normala förutsättningar påverkar inte utformningen av gränssnitt och fördelningen av information prestation och arbetsbelastning på något väsentligt sätt. Under onormala situationer, d.v.s. under hantering av avvikelser och störningar, har emellertid de olika uppställningarna olika effekt på prestation och arbetsbelastning. Detta har, enligt författarna, konsekvenser för design av ledningsmiljöer. Antalet grafiska skärmar i en ledningsmiljö, utformning av skärmars gränssnitt och fördelning av information mellan skärmarna måste utgå från uppdrag som utförs under onormala eller kritiska situationer med hänsyn till (1) dynamiken och (2) de enskilda operatörnas behov i sådana situationer.

Patrick⁵³ m.fl. beskriver en studie där fem skiftlag från ett kontrollrum vid ett kärnkraftverk fick hantera en mindre störning (ej nödläge) i en fullskalig simulering (en kopia av ett skarpt kontrollrum). I studien analyseras skiftlagens strategier för detektering och diagnostisering av en avvikelse via skärmar för processbevakning samt strategier för problemlösning och processkontroll.

⁵² Nickel, P., & Nachreiner, B.L. (2007). Evaluation of presentation of information for process control operations. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 23-30.

⁵³ Patrick, J., James, N., & Ahmed, A. (2006). Human processes of control: Tracing the goals and strategies of control room teams. *Ergonomics*, 49(12), 1395-1414.

Analysen, som grundar sig i s.k. processpåring (*process tracing*), påpekar att även om skiftlag från ett och samma kontrollrum hanterade ett likartat scenario där samma skärmar och visualisering användes, skilde sig skiftlagen väsentligt i sina strategier för att detektera och identifiera avvikelser, liksom i vilka problem och mål prioriterades. Vissa skiftlag var mer kontrollorienterade, andra fokuserade mer på att lösa problem. Detta resulterade i att skiftlagen presterade olika i termer av hur snabbt en avvikelse som signalerade en störning identifierades, likväl på vilket sätt, när och hur snabbt den åtgärdades. Analysen avslutas med en diskussion kring studiens innebörd för färdigheter och träningsbehov hos operatörer/beslutsfattare i sådana ledningsmiljöer.

Burns⁵⁴ m.fl. gör en experimentell jämförelse mellan tre typer av gränssnitt i en simulerad miljö för processkontroll i ett kärnkraftverk. Gränssnitten som användes i experimentet med simulatören var: (1) existerande traditionella gränssnitt, (2) ”avancerade” användarcentrerade gränssnitt, och (3) ekologiska gränssnitt. Utformningen av de avancerade och ekologiska gränssnitten genomfördes av olika utvecklingsteam. Inför experimentet arbetade utvecklingsteamerna oberoende av varandra för att de inte skulle påverka varandra i sina lösningar. Experimentet utfördes mot bakgrund av att utvärdera om ekologisk gränssnittsdesign förbättrar situationsmedvetenhet hos operatörer samt om den är lämplig för användning inom ramen för säkerhetskritiska tillämpningar. Som utvärderingskriterium användes mått på deltagarnas situationsuppfattning under olika faser av använda scenarier samt erfarenheter från observationer gjorda av en expert inom området. Expertobservationerna gjordes bl.a. för att undersöka validiteten och reliabiliteten i den arbetsinsats som deltagarna utförde under de olika momenten. Resultaten visar att ekologisk gränssnittsdesign förefaller vara ett bättre alternativ under omständigheter som inte är rutinbetonade eller onormala. I andra situationer noterades dock ingen skillnad i jämförelse med de andra gränssnitten. Författarna avslutar med att konstatera att en kombination av ekologisk gränssnittsdesign och gränssnitt som utvecklats enligt traditionell eller användarcentrerad metodik ger ett heltäckande stöd för både normala och rutinbetonade situationer samt för onormala eller oväntade händelser.

⁵⁴ Burns, C.M., Skraaning, G., Jamieson, G.A., Lau, N., Kwok, J., et al. (2008). Evaluation of ecological interface design for nuclear process control: Situation awareness effects. *Human Factors*, 50(4), 663 -679.

4.2 Gränssnitt, skärmar och verktyg för samverkan

Tre artiklar beskrivs här som är relevanta i detta sammanhang då de särskilt inriktar sig på problematiken med gränssnitt och datorbaserade verktyg i militära ledningsmiljöer.

Kuper och Guirelli⁵⁵ fokuserar på design av datorbaserade verktyg för att åstadkomma effektivare ledning. De argumenterar för att det finns behov av skraddarsydda verktyg som är utformade för att på ett holistiskt sätt stödja arbetspraxis vid specifika arbetsuppdrag. Detta innebär att specifika verktyg bör utvecklas för särskilda arbets- och uppdragsdomäner som är anpassade till specifika informations- och kommunikationsbehov hos enskilda operatörer. På så sätt kan kognitiv belastning på operatörer och beslutsfattare minskas. Författarna föreslår en designansats som bygger på *work-centered design*, samt beskriver tillämpning av ansatsen på ett ledningsstödssystem (s.k. *work-centered support system*) för en militär flygtransportledningsorganisation. De föreslår ett koncept för att stödja interaktion och asynkron samverkan som sker mellan operatörerna, som t.ex. koordinering, kommunikation av fattade beslut och statusbevakning. Genom detta koncept ges operatörerna möjlighet att själva anpassa de olika verktygen och deras gränssnitt avseende på vilken information, processer eller beslut de vill följa, på vilket sätt samt under vilka förutsättningar. Utvärderingen påpekar att det föreslagna konceptet bidrar till en förbättrad situationsanalys, ny uppföljningsförmåga samt effektivare samverkan. Genom ett integrerat gränssnitt stöds samtidigt delning och synkronisering mellan alla involverade operatörer i en distribuerad organisation.

Scott⁵⁶ m.fl. beskriver i sin artikel samma ledningsstödssystem som Kuper och Guirelli⁵⁷. De inriktar sig emellertid på design och utvecklingsarbete avseende hela systemet. Ledningsstödsystemet (s.k. *work-centered support system*) integrerar väderprognosystem med ett flertal verktyg för att stödja beslutsfattande, samarbete, arbetsledning och uppföljning samt framtagning av analys och beslutsunderlag. Detta sker i samarbete mellan olika operatörer. Författarna diskuterar olika behov och krav som ett sådant ledningsstödssystem behöver uppfylla, t.ex. att kunna upprätthålla situationsmedvetenhet om flera regioner i hela världen, förbereda allmänna prognoser och skraddarsy prognoser för varje uppdrag, svara på frågor och förmedla aktuella data, grafisk integration

⁵⁵ Kuper, S.R., & Guirelli, B.L. (2007). Custom work aids for distributed command and control teams: A key enabling highly effective teams. *The International C2 Journal*, 1(2), 25-42.

⁵⁶ Scott, R., Roth, E.M., Deutsch, S.E., Malchiodi, E., Kazmierczak, T.E., et al. (2005). Work-centered support systems: A human-centered approach to intelligent system design. *IEEE Intelligent Systems*, 20(2), 73-81.

⁵⁷ Kuper, S.R., & Guirelli, B.L. (2007). Custom work aids for distributed command and control teams: A key enabling highly effective teams. *The International C2 Journal*, 1(2), 25-42.

av flera olika datakällor, automatisk jämförelse av observationer i realtid med användardefinierade geografiska områden, m.m. Den föreslagna lösningen bygger på mjukvaruagenter som övervakar uppdrag och intressanta geografiska regioner samt meddelar förändringar som har operativ betydelse. Ett intressant bidrag till lösningen är att användare vid behov både kan skapa och kontrollera agenter genom att t.ex. modifiera dem eller ändra deras beteende efterhand. Att skapa en struktur som användarna kan förstå, inspektera och ändra ligger därför till grund för mjukvaruagenternas arkitektur. Detta resonemang baseras även på andra resultat som visar att effektiviteten vid användning av automatiserade agenter är beroende av att de uppfattas som medlemmar i teamet. För att detta skall vara möjligt behövs två grundläggande designegenskaper – observerbarhet och styrbarhet.

Jenkins⁵⁸ m.fl. fokuserar på skärmar för samverkansledning och civil-militär samverkan i katastrofsituationer. De skärmar som studeras i detta sammanhang är samtliga informationsytor som används för informationsdelning, d.v.s. både klassiska whiteboardtavlor och moderna digitala datorskärmar. Författarna påpekar att design av domänspecifika skärmar för samverkansledning är en utmaning i dagens ledningsmiljöer, särskilt i situationer där sådana skärmar inte funnits tidigare. De diskuterar sex områden som måste hanteras i designprocessen. Två simuleringar (fullskaliga övningar) används som exempel för att demonstrera en strukturerad ansats för design av skärmar för samverkansledning. Simuleringarna hade ett gemensamt scenario (naturkatastrof i form av översvämning) och ägde rum i två olika delar av Storbritannien. Exemplet inriktas mot försvarsmaktens stöd till det civila samhället och civil-militär samverkan i planeringsarbete på strategisk nivå. Författarna poängterar att gemensamma skärmar har en specifik funktion i beslutssituationer, som i den rapporterade studien av civil-militär samverkan, och är vitala för att dela allmän information som alla inblandade aktörer har behov av, t.ex. lägesinformation, resurser, mål och förmågor. De konstaterar att den föreslagna ansatsen endast är ett bidrag i processen för att minska klyftan mellan behovsanalys och design.

4.3 Sammanfattning

- Design och utformning av skärmar, verktyg och övriga tekniska hjälpmedel måste utgå ifrån scenarier och uppdrag som utförs under onormala eller kritiska situationer (se Patrick⁵⁹ m.fl., Nickel och Nachreiner⁶⁰, Kuper och Guirelli⁶¹).

⁵⁸ Jenkins, D.P., Salmon, P.M., Stanton, N.A., & Walker, G.H. (2010). A new approach for designing cognitive artefacts to support disaster management. *Ergonomics*, 53(5), 617-635.

⁵⁹ Patrick, J., James, N., & Ahmed, A. (2006). Human processes of control: Tracing the goals and strategies of control room teams. *Ergonomics*, 49(12), 1395-1414.

- Domän och uppdragsspecifika verktyg som operatörer och beslutsfattare kan anpassa till sina aktuella och individuella behov föreslås (se Kuper och Guirelli⁶², Scott⁶³ m.fl.).

⁶⁰ Nickel, P., & Nachreiner, B.L. (2007). Evaluation of presentation of information for process control operations. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 23-30.

⁶¹ Kuper, S.R., & Guirelli, B.L. (2007). Custom work aids for distributed command and control teams: A key enabling highly effective teams. *The International C2 Journal*, 1(2), 25-42.

⁶² Kuper, S.R., & Guirelli, B.L. (2007). Custom work aids for distributed command and control teams: A key enabling highly effective teams. *The International C2 Journal*, 1(2), 25-42.

⁶³ Scott, R., Roth, E.M., Deutsch, S.E., Malchiodi, E., Kazmierczak, T.E., et al. (2005). Work-centered support systems: A human-centered approach to intelligent system design. *IEEE Intelligent Systems*, 20(2), 73-81.

5 Studier av verkliga ledningscentraler

Detta kapitel beskriver studier som genomförts vid verkliga ledningscentraler. Bland annat diskuteras hur följande frågor berör ledningsarbetet: ledningscentralens utformning, informationsdelning och informationsflöde, aktörernas ledningsstrategier och rutiner, organisatoriska och teknikrelaterade förändringar samt hantering av osäkerhet.

5.1 Studier av enskilda ledningsrum

Hur ledningscentralers operatörer och beslutsfattare hanterar olika situationer, på vilket sätt de agerar och vilka hjälpmedel de använder sig av påverkas av ett komplext samspel mellan olika faktorer. Flera författare (se Langan-Fox⁶⁴ m.fl., de Greef⁶⁵ m.fl., Salas⁶⁶ m.fl.) påpekar att det finns behov av studier av verkliga ledningscentraler där olika aspekter av operatörers och beslutsfattares arbete som teamprocesser, stress, användning av ledningsstödsystem, m.m.

Militello⁶⁷ m.fl. studerade ledningsprocesser vid gemensamma krisledningscentraler. Två olika regionala ledningscentraler analyserades. Analysen byggde på två simuleringar (funktionsövningar) som genomfördes vid de två ledningscentralerna. Simuleringarna skilde sig i sitt upplägg (simulering A hade 23 deltagare och simulering B 15 deltagare) och scenario (huvudincident i simulering A var en tornado och i simulering B en tågurspårning). Organisationen vid ledningscentralerna beskrevs och studerades som ett *ad hoc* team vars storlek, struktur och arbetssätt styrdes av händelsen. Författarna identifierade tre huvudsakliga utmaningar för samverkansledning vid de två ledningscentralerna. Asymmetrisk fördelning av kunskap och erfarenheter bland personalen från de olika krishanteringsorganisationerna resulterade i att ledningsarbete, d.v.s. beslutsfattande och ledarskap, koncentrerades snabbt till erfaren personal. Detta påverkade arbets- och kommunikationsbelastning som blev fördelad på ett ojämnt sätt. En ojämn belastning och hög stress bidrog till

⁶⁴ Langan-Fox, J., Sankey, M.J., & Canty, J.M. (2009). Human factors measurement for future air traffic control systems. *Human Factors*, 51(5), 595-637.

⁶⁵ de Greef, T.E., Arciszewski, H.F.R., & Neerinx, M.A. (2010). Adaptive automation based on an object-oriented task model: Implementation and evaluation in a realistic C2 environment. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(2), 152-182.

⁶⁶ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

⁶⁷ Militello, L.G., Patterson, E.S., Bowman, L., & Wears, R. (2007). Information flow during crisis management: Challenges to coordination in the emergency operations center. *Cognition, Technology & Work*, 9(1), 25-31.

störningar av kommunikationen i ledningscentralerna samt begränsad och/eller sjunkande dokumentering i loggen och användning av gemensamma informationsytor (t.ex. delade skärmar). Detta skapade barriärer och ledde till bristfällig situationsmedvetenhet i ledningscentralerna. Författarna konstaterar att aktörerna som medverkade vid de studerade ledningscentralerna accepterade att ledningsprocesserna till viss grad var kaotiska och ineffektiva för att kunna behålla flexibiliteten och bemöta den variation som ligger i händelsens natur och utveckling. De föreslår följande åtgärder för att möta de identifierade utmaningarna och de rådande förutsättningarna: (1) användning av enkla (framförallt ej datorbaserade) verktyg och hjälpmedel, (2) frekvent träning och övning, (3) flexibla kommunikationslösningar, (4) bättre utformning av ledningsrum, (5) flexibel utformning av arbetsplatser och (6) användning av nya verktyg för att stödja situationsmedvetenhet (s.k. *voice loops* nämns som ett exempel).

Soeparman⁶⁸ m.fl. problematiserar standardisering och formalisering av ledningsarbete i gemensamma ledningscentraler som sker med hjälp av informations- och kommunikationsteknologier. De fokuserar på ledningscentraler för 112-ärenden och resursdirigering som integrerar de olika funktionerna som aktiveras vid 112 händelser, d.v.s. räddningstjänst, sjukvård och polis. Datainsamlingen består av observationer och intervjuer. Analysen inriktar sig på jämförelse av uppdragsnatur, rutiner och arbetssätt i de tre funktionerna avseende koordineringsbehov och typ av stöd som ges till operativa enheter. Det konstateras att det finns en trend av ökad formalisering av arbete och automatisering av rutiner som stöds genom ett eller flera gemensamma ledningsstödsystem för alla tre funktionerna. Vidare konstaterar författarna att det inte är teknik eller frågor relaterade till människa-system-interaktion som är utmaningen för en ökad formalisering, automatisering och systemintegration. Istället identifieras den verkliga utmaningen i den multidisciplinära natur som karakteriserar de uppdrag som utförs av funktionerna samt de specifika rutiner som används inom varje funktion.

Furniss och Blandford⁶⁹ studerade en ledningscentral för dirigering av ambulanssjukvårdsresurser i London. Den presenterade analysen bygger på observationer och intervjuer samt baseras på distribuerad kognition. Analysen rör tre olika områden: fysisk utformning av ledningsrummet, informationsflöde i ledningsrummet samt hjälpmedel och verktyg som används av operatörerna/beslutsfattarna. I analysen identifieras ett antal områden i det nuvarande ledningsrummets design som kan vidareutvecklas. En designprocess

⁶⁸ Soeparman, S., van Duivenboden, H., Wagenaar, P., & Groenewegen, P. (2008). ICTs and the limits of integration: Converging professional routines and ICT support in collocated emergency response control rooms. *Information Polity*, 13(3-4), 195-211.

⁶⁹ Furniss, D., & Blandford, A. (2006). Understanding emergency medical dispatch in terms of distributed cognition: a case study. *Ergonomics*, 49(12), 1174-1203.

som bygger på distribuerad kognition föreslås och används för att ta fram olika designlösningar för att förbättra teamarbetet i ledningsrummet. Dessa designlösningar samt den föreslagna processen diskuteras i artikeln. Det poängteras bl.a. att det är utformningen av ledningsrummet och informationsflödet som spelar en viktig roll för att stödja teamarbetet och hur detta arbete utförs.

Smith⁷⁰ m.fl. fokuserar på hur design av ledningscentraler kan säkerställa säker och resilient systemprestanda (i detta fall av ett järnvägssystem). Till skillnad från andra studier, som traditionellt inriktar sig på effektiva och säkert fungerande ledningscentraler, så fokuserar denna studie på andra faktorer som förmåga att hantera ovisshet, att lära sig på ett explorativt sätt, att reflektera över egna handlingar samt att ägna sig åt komplex problemlösning. Författarna studerade fem ledningscentraler för tunnelbanelinjer i London. Analysen belyser tre områden som särskild viktiga för att nå säker och resilient systemprestanda. Det första området är hantering av ovisshet orsakad av bristfällig sensordetektering och begränsningar i realtidssystembevakning och hur denna ovisshet hanteras genom särskilda strategier, som t.ex. s.k. *cross-checking*. Det andra området är träning av nya operatörer att lära sig jobba under sådana förutsättningar genom s.k. *on-the-job/in-situ* träning. De som tränas får öva på att lära sig kompensera (icke-säkerhetskritiska) misstag som de tillåts att göra i skarpa situationer. Det tredje området är dynamisk omfördelning av uppgifter och ansvar mellan operatörerna för att skapa utrymme för operatörer som hanterar en pågående störning i systemet.

Lutz och Lindell⁷¹ fokuserar på samverkan mellan olika krishanteringsorganisationer vid gemensamma ledningscentraler, framförallt samverkansledning där en planerad ledningsmetodik och ledningsstruktur används. Författarna studerar tillämpning av en standardiserad ledningsmetodik och beslutsstruktur (s.k. *incident command system*) vid gemensamma krisledningscentraler (*emergency operation centers*) i Texas under arbete i ledningscentraler vid orkanen Rita. Studien använde sig av enkäter som skickades till personal vid 22 krisledningscentraler. Studien bidrog med ett flertal intressanta slutsatser avseende ledningscentraler. Den första är att de studerade ledningscentralerna använde sig av samma ledningsmetodik och beslutsstruktur, men att den tillämpades något annorlunda vid varje ledningscentral. Detta resulterade i att samma/likartade uppdrag utfördes av skilda funktioner vid de olika ledningscentralerna. Den andra är att tillämpningsgraden av den planerade ledningsmetodiken och beslutsstrukturen inte påverkade effektiviteten av

⁷⁰ Smith, P., Blandford, A., & Back, J. (2008). Questioning, exploring, narrating and plying in the control room to maintain system safety. *Cognition, Technology & Work*, 11(4), 279-291.

⁷¹ Lutz, L.D., & Lindell, M.K. (2008). Incident command system as a response model within emergency operation centers during hurricane Rita. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16(3), 122-134.

ledningsprocessen vid de olika ledningscentralerna. Istället identifierades den fysiska miljön och utformningen av ledningscentralerna som nyckelfaktorer för att påverka effektiviteten.

5.2 Ledningscentraler med flera ledningsrum

De studier av verkliga ledningscentraler som hittills beskrivits i detta kapitel inriktar sig på enskilda ledningsrum och/eller relativt små grupper av operatörer och beslutsfattare. Studier av större ledningscentraler där flertal olika större funktionella team samverkar (s.k. *team of teams*) och/eller som rör ledningsarbete som sker i flera ledningsrum är ovanliga. Enbart två sådana studier har hittats.

Watts-Perotti och Woods^{72, 73} beskriver en studie där en ledningscentral (*space shuttle mission control*) observerades under hantering av en incident vid en rymdresa. Studien inriktade sig på ledningsarbete vid s.k. avvikelshantering, d.v.s. detektering av anomalier/störningar, diagnostisk analys och hantering av åtgärder. Studien särskiljer sig från andra studier genom att en verklig situation i en verklig ledningscentral med en stor grupp av operatörer/beslutsfattare studerats. Vidare täcker studien händelseförloppet under flera dagar. Analysen bygger på observationer av fyra team samt på en analys av deltagarnas kommunikation och intervjuer. De fyra teamen tillhörde den studerade ledningscentralen och hade specifika funktioner vid den analyserade incidenthanteringen. Analysen beskriver en process med kontinuerlig avstämning (s.k. *collaborative cross-checking*) som skedde mellan de fyra teamen. Processen bygger på ett antal gemensamma möten där alla inbladade team träffas med syftet att dela lägesuppfattning, skapa gemensam lägesbild (s.k. *common ground*) samt för att koordinera planering och aktiviteter. Mötena syftade också till att identifiera svagheter, brister och oenigheter i informationsunderlaget, bedömningar och analyser samt för att identifiera planerade åtgärder som står i konflikt med varandra. Utöver dessa möten så ägde ett flertal andra möten rum mellan team som hade behov av ytterligare samordning. I analysen jämförs även det studerade fallet med en annan incident och hur den hanterades. Författarna drar slutsatsen att den process som dokumenterades i studien (och som de kallar *collaborative advocacy strategy*) representerar ett robust arbetssätt för att hantera sådana situationer. Författarna identifierar samtidigt ett flertal flaskhalsar som hade en störande effekt på processen. Utformningen av ledningscentralen där

⁷² Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. (2007). How anomaly response is distributed across functionally distinct teams in space shuttle mission control. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 1(4), 405-433.

⁷³ Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. (2009). Cooperative advocacy: An approach for integrating diverse perspectives in anomaly response. *Computer Supported Cooperative Work*, 18(2-3), 175-198.

enskilda team jobbar från skilda platser är en sådan flaskhals. Processen kräver att information kan delas mellan olika team kontinuerligt samt att aktiviteter som sker i respektive team kan följas av och koordineras med de andra teamen.

Avsaknad av hjälpmedel och verktyg för att (1) synkronisera informationsdelning (som ökar explosivt i sådana processer) mellan de olika teamen samt att (2) kunna uppmärksamma andra team och deras medlemmar om tillgänglig information och förändringar i informationsinnehållet är en annan flaskhals. Avsaknad av en integrativ funktion (i form av utrymme, person och/eller process) som sammanställer det aktuella läget är ytterligare en flaskhals.

Roth⁷⁴ m.fl. sammanfattar erfarenheter från utvecklingen av ett datorbaserat ledningsstödsystem (s.k. *work-centered support system*) för en militär flygtransportledningscentral (design- och utvecklingsprocessen av systemet beskrivs i Scott⁷⁵ m.fl.). Författarnas analys bygger på observationer och intervjuer som sträcker sig över en period över fyra år, vilket täcker perioderna både innan och efter det diskuterade ledningsstödsystemet har införts i ledningscentralen. Författarna noterar att ständiga förändringar skedde vid den studerade ledningscentralen. Förändringarna innefattade uppdragsnatur, omfattning, mål och prioriteter, roller och organisationsstruktur, informationskällor och ledningsstödsystem samt utformning av ledningscentralen. De dokumenterade förändringarna var både planerade och oplanerade, vilket medförde en del oförutsedd inverkan. Författarna inriktar sin analys framförallt på ledningsstödsystem. De påpekar att befintliga ledningsstödsystem vid ledningscentralen inte kunde anpassas till dessa förändringar, vilket ledningscentralens personal var tvungen att kompensera för genom egenutvecklade provisoriska strategier och hjälpmedel. De konstaterar att dagens sätt att införa och förvalta ledningsstödsystem inte klarade av att hänga med i utvecklingen på ledningscentralen. Något som ledde till en ökande diskrepans mellan det som ledningsstödsystemet tillhandahöll och det som operatörerna och beslutsfattarna faktiskt behövde. Enligt författarna är det inte möjligt att förutse alla förändringar som kan uppstå vid ledningscentraler i behovsanalysen och designfasen. För att ledningsstödsystem ska kunna uppfylla sin funktion över tid bör de vara modifierbara för att tillgodose de förändringar som sker vid ledningscentraler samt för att kunna bemöta de nya behov och krav som uppstår i samband med detta.

⁷⁴ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., et al. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

⁷⁵ Scott, R., Roth, E.M., Deutsch, S.E., Malchiodi, E., Kazmierczak, T.E., et al. (2005). Work-centered support systems: A human-centered approach to intelligent system design. *IEEE Intelligent Systems*, 20(2), 73-81.

5.3 Sammanfattning

- Hur ledningsarbetet utförs, samt hur effektivt det är påverkas av ledningscentralens fysiska miljö och utformning (se Furnis och Blandford⁷⁶, Militello⁷⁷ m.fl., Lutz och Lindell⁷⁸).
- Informationsdelning och informationsflöde i ledningscentraler påverkar ledningsarbetet samtidigt som det påverkas av ledningscentralens utformning och de hjälpmedel som används (se Watts-Perroti och Woods^{79,80}, Furnis och Blandford⁸¹, Militello⁸² m.mfl.).
- Ledningsarbete vid ledningscentraler avsedda för samverkansledning berörs av aktörernas olika ledningstraditioner, strategier, rutiner och erfarenheter vilka i sin tur påverkar tillämpning av en gemensam ledningsmetodik, uppgiftsallokering, informationsdelning och informationsflöde samt användning av gemensamma ledningsstödsystem (se Lutz och Lindell⁸³, Militello⁸⁴ m.fl., Soeparman⁸⁵ m.fl.).

⁷⁶ Furnis, D., & Blandford, A. (2006). Understanding emergency medical dispatch in terms of distributed cognition: a case study. *Ergonomics*, 49(12), 1174-1203.

⁷⁷ Militello, L.G., Patterson, E.S., Bowman, L., & Wears, R. (2007). Information flow during crisis management: Challenges to coordination in the emergency operations center. *Cognition, Technology & Work*, 9(1), 25-31.

⁷⁸ Lutz, L.D., & Lindell, M.K. (2008). Incident command system as a response model within emergency operation centers during hurricane Rita. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16(3), 122-134.

⁷⁹ Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. (2009). Cooperative advocacy: An approach for integrating diverse perspectives in anomaly response. *Computer Supported Cooperative Work*, 18(2-3), 175-198.

⁸⁰ Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. (2007). How anomaly response is distributed across functionally distinct teams in space shuttle mission control. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 1(4), 405-433.

⁸¹ Furnis, D., & Blandford, A. (2006). Understanding emergency medical dispatch in terms of distributed cognition: a case study. *Ergonomics*, 49(12), 1174-1203.

⁸² Militello, L.G., Patterson, E.S., Bowman, L., & Wears, R. (2007). Information flow during crisis management: Challenges to coordination in the emergency operations center. *Cognition, Technology & Work*, 9(1), 25-31.

⁸³ Lutz, L.D., & Lindell, M.K. (2008). Incident command system as a response model within emergency operation centers during hurricane Rita. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16(3), 122-134.

⁸⁴ Militello, L.G., Patterson, E.S., Bowman, L., & Wears, R. (2007). Information flow during crisis management: Challenges to coordination in the emergency operations center. *Cognition, Technology & Work*, 9(1), 25-31.

⁸⁵ Soeparman, S., van Duivenboden, H., Wagenaar, P., & Groenewegen, P. (2008). ICTs and the limits of integration: Converging professional routines and ICT support in colocated emergency response control rooms. *Information Polity*, 13(3-4), 195-211.

- Det sker ständiga organisatoriska och teknikrelaterade förändringar samt förändringar av den fysiska utformning vid dagens ledningscentraler, vilket kontinuerlig förändrar sammanhanget i vilken operatörer och beslutsfattare agerar (se Roth⁸⁶ m.fl., Jenkins⁸⁷ m.fl.).
- Ovisshet och ofullkomlighet i det som förmedlas genom de befintliga ledningsstödsystemen vid ledningscentraler samt diskrepanser mellan det som dessa ledningsstödsystem tillhandahåller och det faktiska behovet leder till att operatörer och beslutsfattare måste kompensera för dessa brister genom egna strategier och egenutvecklade hjälpmedel (se Smith⁸⁸ m.fl., Roth⁸⁹ m.fl.).

⁸⁶ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., et al. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

⁸⁷ Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., & Walker, G.H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(1), 1-14.

⁸⁸ Smith, P., Blandford, A., & Back, J. (2008). Questioning, exploring, narrating and plying in the control room to maintain system safety. *Cognition, Technology & Work*, 11(4), 279-291.

⁸⁹ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., et al. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

6 Metodrelaterad utveckling

Detta kapitel beskriver metodrelaterad utveckling. Behovet av nya och vidareutveckling av befintliga analysmetoder diskuteras. Ett flertal refererade artiklar beskriver tillämpning av analysmetoder, t.ex. *cognitive work analysis*, *control task analysis* och *critical decision making*.

6.1 Trender inom analysmetoder

Analys och utvärdering av komplexa sociotekniska system som dagens ledningsmiljöer är en svår och utmanande uppgift (se t.ex. Jenkins⁹⁰ m.fl.). Flera författare (se t.ex. Salas⁹¹ m.fl., Roth⁹², Militello⁹³ m.fl.) påpekar att det behövs nya analysmetoder för att få en ingående förståelse av s.k. *context of use*, d.v.s. kunskap om i vilket sammanhang operatörer och beslutsfattare arbetar, hur sammanhanget påverkar operatörernas och beslutsfattarnas arbete samt hur detta sammanhang och dess påverkan förändras över tid. Med andra ord, det finns ett behov av metoder för att:

Identifiera och karakterisera situationer som operatörer och beslutsfattare vid en ledningscentral måste hantera, framförallt de som är oväntade och oförutsedda.

1. Få fram och representera kunskap, motivation och strategier som operatörer och beslutsfattare använder sig av för att hantera sådana situationer.
2. Beskriva förutsättningar under vilka denna hantering sker, d.v.s. miljösammanhang, arbetspraxis och domänkaraktistik.
3. Skapa multimetodansatser som kombinerar (1), (2) och (3), samt
4. Integretera dessa metoder med behovsanalys och designprocesser.

Metoder som nämns i detta sammanhang är dels nya, dels olika varianter och dels vidareutveckling av existerande ramverk för metodik, exempelvis *cognitive work analysis* och *work-centered design*, samt specifika undersöknings och analysmetoder, exempelvis *control task analysis* och *critical decision method*. Flera artiklar beskriver tillämpning av dessa metoder i studier och projekt med inriktning mot ledningscentraler:

⁹⁰ Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., & Walker, G.H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(1), 1-14.

⁹¹ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

⁹² Roth, E.M. (2008). Uncovering the requirements of cognitive work. *Human Factors*, 50(3), 475-480.

⁹³ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

Feigh och Pritchett⁹⁴ redogör för kontextuell analys av fyra ledningscentraler för koordinering av flygtransporter vid olika kommersiella flygtransportbolag. I analysen kombineras *cognitive work analysis* och *contextual control model* med syftet att ta fram olika arbetstyp-modeller och på så sätt dokumentera variation i arbetspraxis associerad till förändringar i det aktuella sammanhanget.

Naikar⁹⁵ m.fl. och Naikar⁹⁶ fokuserar på *cognitive work analysis* och framförallt *work domain analysis* och *control task analysis* i militära tillämpningar. De föreslår bl.a. riktlinjer för genomförande av *control task analysis*. Flera exempel beskrivs där metoderna tillämpats, bl.a. framtagning av krav för framtida (luftburen) ledningscentral för luftförsvaret, och förslag på teamdesign för en sådan ledningscentral.

Jenkins⁹⁷ m.fl. presenterar en ny analysmetod som kombinerar *work domain analysis* och *event & actor-independent model*, och som syftar till att identifiera och utvärdera hur utformning av ledningscentraler påverkar deras prestanda. Brittiska arméns taktiska stab används som exempel för att beskriva tillämpningen av metoden med syfte att identifiera positiva och negativa effekter av nya datorbaserade ledningsstödsystem som hade introducerats i stabsarbetet.

Farrington-Darby⁹⁸ m.fl. och Farrington-Darby och Wilson⁹⁹ analyserar strategier för kommunikation och sociala interaktioner mellan operatörer vid en ledningscentral för järnvägstrafik. De föreslår en ny metod som bygger på *cognitive work analysis* och som de kombinerar mer *applied cognitive task analysis*, *critical decision method* och *video ethnography*.

⁹⁴ Feigh, K.M., & Pritchett, A.R. (2010). Modeling work for cognitive work support system design in operational control centers. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(1), 1-26.

⁹⁵ Naikar, N., Moylan, A., & Pearce, B. (2006). Analysing activity in complex systems with cognitive work analysis: concepts, guidelines and case study for control task analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(4), 371-394.

⁹⁶ Naikar, N. (2006). Beyond interface design: Further applications of cognitive work analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(5), 423-438.

⁹⁷ Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., & Walker, G.H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(1), 1-14.

⁹⁸ Farrington-Darby, T., Wilson, J.R., Norris, B.J., & Clarke, T. (2006). A naturalistic study of railway controllers. *Ergonomics*, 49(12&13), 1370-15394.

⁹⁹ Farrington-Darby, T., & Wilson, J.R. (2009). Understanding social interactions in complex work: a video ethnography. *Cognition, Technology & Work*, 11(1), 1-15.

Walker^{100, 101, 102} m.fl. presenterar en multimetodansats (*event analysis of systemic teamwork*) som integrerar fem olika ergonomiska metoder (*hierarchical task analysis, coordination demand analysis, communication usage diagram, social network analysis, och critical decision method*) för att beskriva de komplexa interaktionerna som sker i stora ledningssystem. Författarna beskriver tre tillämpningsscenarier: järnvägsunderhåll, militärtaktiskt bedömning och flygtrafikledning.

Salmon¹⁰³ m.fl., Stanton¹⁰⁴ m.fl. och Stewart¹⁰⁵ m.fl. fokuserar på mätning och analys av situationsmedvetenhet i teamsammanhang. De föreslår ny ansats där *event analysis of systemic teamwork* och tre olika representationer (*social network, task network och knowledge network*) används för att konstruera s.k. *propositional network*, vilket beskriver dynamiska och samverkansrelaterade aspekter av ledningsarbete i relation till situationsmedvetenhet i team- och ledningssystemsammanhang. De demonstrerar ansatsen på en eldistributionsledningscentral och två luftförsvarsledningscentraler.

Evenson¹⁰⁶ m.fl. sammanfattar erfarenheter från kontextuell analys vid systemdesign. De beskriver tre fall där kontextuell analys tillämpades i tre olika designprocesser: *work-centered design* (militär flygtransportledningscentral), *interaction design* (medicinskt center), och *participatory design* (driftcentral för telefonitjänster). Med utgångspunkt från dessa tre fall argumenterar de för att kontextuell analys är en universal metod som kan användas i ett brett spektrum av systemdesign och utvecklingsprocesser.

¹⁰⁰ Walker, G.H., Gibson, H., Stanton, N.A., Baber, C., Salmon, P., et al. (2006). Event analysis of systemic teamwork (EAST): A novel integration of ergonomics methods to analyse C4i activity. *Ergonomics*, 49(12), 1345-1369.

¹⁰¹ Walker, G.H., Stanton, N.A., Stewart, R., Jenkins, D., Wells, L., et al. (2009). Using an integrated methods approach to analyse the emergent properties of military command and control. *Applied Ergonomics*, 40(4), 636-647.

¹⁰² Walker, G.H., Stanton, N.A., Barber, C., Wells, L., Gibson, H., et al. (2010). From ethnography to the EAST method: A tractable approach for representing distributed cognition in air traffic control. *Ergonomics*, 53(2), 184-197.

¹⁰³ Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Jenkins, D., Baber, C., et al. (2008). Representing situation awareness in collaborative systems: A case study in the energy distribution domain. *Ergonomics*, 51(3), 367-384.

¹⁰⁴ Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

¹⁰⁵ Stewart, R., Stanton, N.A., Harris, D., Baber, C., Salmon, P., et al. (2008). Distributed situation awareness in an airborne warning and control system: Application of novel ergonomics methodology. *Cognition, Technology & Work*, 10(3), 221-229.

¹⁰⁶ Evenson, S., Muller, M., & Roth, E.M. (2008). Capturing the context of use to inform system design. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2(3), 181-203.

6.2 Sammanfattning

- Det finns behov av nya mät- och analysmetoder för att få ingående förståelse av i vilket sammanhang operatörer och beslutsfattare vid ledningscentraler arbetar, hur sammanhanget påverkar operatörernas och beslutsfattarnas arbete samt hur detta sammanhang och dess påverkan förändras över tid (se Salas¹⁰⁷ m.fl., Roth¹⁰⁸, Militello¹⁰⁹ m.fl.).
- Det föreslås dels vidareutveckling av existerande ramverk och dels nya ramverk för metodik samt specifika metoder för att mäta och analysera sammanhang, situationsmedvetenhet, samt kommunikation och interaktion (se Feigh och Pritchett¹¹⁰, Walker¹¹¹ m.fl., Stanton¹¹² m.fl., Farrington-Darby och Wilson¹¹³).
- Det föreslås en integration av kontextuell analys i design och utvecklingsprocesser (se Evenson¹¹⁴ m.fl., Naikar¹¹⁵).

¹⁰⁷ Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540-547.

¹⁰⁸ Roth, E.M. (2008). Uncovering the requirements of cognitive work. *Human Factors*, 50(3), 475-480.

¹⁰⁹ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

¹¹⁰ Feigh, K.M., & Pritchett, A.R. (2010). Modeling work for cognitive work support system design in operational control centers. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(1), 1-26.

¹¹¹ Walker, G.H., Stanton, N.A., Stewart, R., Jenkins, D., Wells, L., et al. (2009). Using an integrated methods approach to analyse the emergent properties of military command and control. *Applied Ergonomics*, 40(4), 636-647.

¹¹² Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., et al. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311.

¹¹³ Farrington-Darby, T., & Wilson, J.R. (2009). Understanding social interactions in complex work: a video ethnography. *Cognition, Technology & Work*, 11(1), 1-15.

¹¹⁴ Evenson, S., Muller, M., & Roth, E.M. (2008). Capturing the context of use to inform system design. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2(3), 181-203.

¹¹⁵ Naikar, N. (2006). Beyond interface design: Further applications of cognitive work analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(5), 423-438.

7 Förändringshantering vid ledningscentraler

Detta kapitel beskriver förändringshantering vid ledningscentraler och utmaningar och strategier för detta. Bland annat diskuteras följande frågor: betydelsen av ökad förändringstakt och komplexitet, hur ledningssystemets funktionalitet vid kontinuerlig utveckling och förändring av operationella förutsättningar säkerställs, fortsatt integration av kognitiva systemmetoder samt behovet av nya filosofier och verktyg för design av sociotekniska system.

7.1 Utmaningar och strategier

Komplexa sociotekniska system som dagens ledningsmiljöer kännetecknas av ständiga förändringar som sker i dessa miljöer. Den allt snabbare förändringstakten samt den ökande komplexiteten i dessa förändringar har uppmärksammats av flera författare (se t.ex. Roth¹¹⁶ m.fl., Militello¹¹⁷ m.fl., Jenkins¹¹⁸ m.fl.). Det föreslås olika lösningar på hur denna utmaning bör mötas. Exempel på detta är att inkludera nya metodansatser, design- och utvecklingsfilosofier, arbetsformer och färdigheter hos personalen.

Falzon¹¹⁹ diskuterar hur man säkerställer att ett system fungerar på ett säkert och tillförlitligt sätt över tid i en situation där operationella förutsättningar kontinuerlig utvecklas och förändras. För att kunna hantera detta krävs det, enligt författaren, att personal (användare) och ergonomer aktivt medverkar i designprocessen (s.k. deltagande design) där operationella kriterier och förväntad framtida användning identifieras med hjälp av scenarier som innefattar verkliga situationer. Förändringar i personal, organisation och tekniska hjälpmedel bidrar till modifierade arbetsförutsättningar. Även detta måste uppmärksammas så att förändringarna inte leder till en osäker och icke tillförlitlig systemfunktion. Författaren föreslår koncept av *förmågor*, samt en kontinuerlig analys av faktiska förmågor, bl.a. genom att tillåta personal att systematiskt värdera operationella funktioner för att sörja för säker och tillförlitlig systemfunktion.

¹¹⁶ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

¹¹⁷ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

¹¹⁸ Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., & Walker, G.H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(1), 1-14.

¹¹⁹ Falzon, P. (2008). Enabling safety: Issues in design and continuous design. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 7-14.

Militello¹²⁰ m.fl. argumenterar för en fortsatt integration av *cognitive system engineering* metoder (som bl.a. diskuteras i kap 8) i ledningssystemutveckling för att skapa bättre kontextuell förståelse av kognition och arbetsförutsättningar i designprocessen samt att åstadkomma större flexibilitet i utvecklingsprocessen. Något som krävs för att hantera förändringar hos ett system som till exempel ledningscentraler.

Roth¹²¹ m.fl. drar slutsatsen att det behövs nya designfilosofier och verktyg för att möta de ständiga förändringarna som sker vid dagens ledningscentraler, bl.a. genom att ge användare, d.v.s. operatörer och beslutsfattare, möjlighet att själva modifiera och vidareutveckla de informationssystem som de använder.

Arvidsson¹²² m.fl., samt Chang och Yeh¹²³ påpekar, baserat på deras erfarenheter från civil flygtrafikledning, att det är organisationens kultur som huvudsakligen påverkar: (1) hur operatörer och beslutsfattare arbetar med tekniska hjälpmedel i en ledningsmiljö samt (2) vilken förmåga en organisation (ledningcentral) har för att klara av organisatoriska och teknikrelaterade förändringar. De noterar samtidigt att i organisationer som är hårt styrda av regler och förordningar saknas en sådan kultur.

Smith¹²⁴ m.fl. och Roth¹²⁵ m.fl. noterar att operatörers och beslutsfattares förmåga att utveckla egna strategier och hjälpmedel för att kompensera för brister och diskrepanser mellan det som de befintliga beslutsstödssystemen tillhandahåller och det som faktiskt behövs i det aktuella sammanhanget är en central funktion för en ledningscentral att för att hantera förändringarna.

¹²⁰ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

¹²¹ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

¹²² Arvidsson, M., Johansson, C.R., Ek, Å., & Akselsson, R. (2006). Organisational climate in air traffic control – Innovative preparedness for implementation of new technology and organizational development in a rule governed organization. *Applied Ergonomics*, 37(2), 119-129.

¹²³ Chang, Y-H., & Yeh, C-H. (2010). Human performances interfaces in air traffic control. *Applied Ergonomics*, 41(1), 123-129.

¹²⁴ Smith, P., Blandford, A., & Back, J. (2008). Questioning, exploring, narrating and plying in the control room to maintain system safety. *Cognition, Technology & Work*, 11(4), 279-291.

¹²⁵ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006). Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

7.2 Sammanfattning

- Dagens ledningsmiljöer kännetecknas av ständiga förändringar. Dessa förändringar sker i allt snabbare takt samt är av ökande komplexitet (se Roth¹²⁶ m.fl., Militello¹²⁷ m.fl., Jenkins¹²⁸ m.fl.).
- Förändringar i personal, organisation, och tekniska hjälpmedel bidrar till modifierade arbetsförutsättningar. Dessa förändringar måste uppmärksammas så att förändringarna inte leder till en ledningscentral som fungerar på ett osäkert och icke tillförlitligt sätt (se Falzon¹²⁹).
- Organisationens kultur samt organisationens och operatörers/beslutsfattares förmåga att hantera kontinuerliga förändringar är ofta en central funktion för hur väl en ledningscentral klarar att hantera dessa förändringar (se Arvidsson¹³⁰ m.fl., Chang och Yeh¹³¹, Smith¹³² m.fl., Roth¹³³ m.fl.).
- Det behövs nya design- och utvecklingsfilosofier, metoder och verktyg för att kunna bemöta de ständiga förändringar som sker vid ledningscentraler (se Falzon¹³⁴, Militello¹³⁵ m.fl., Roth¹³⁶ m.fl.).

¹²⁶ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006).

Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

¹²⁷ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

¹²⁸ Jenkins, D.P., Stanton, N.A., Salmon, P.M., & Walker, G.H. (2011). Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(1), 1-14.

¹²⁹ Falzon, P. (2008). Enabling safety: Issues in design and continuous design. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 7-14.

¹³⁰ Arvidsson, M., Johansson, C.R., Ek, Å., & Akselsson, R. (2006). Organisational climate in air traffic control – Innovative preparedness for implementation of new technology and organizational development in a rule governed organization. *Applied Ergonomics*, 37(2), 119-129.

¹³¹ Chang, Y-H., & Yeh, C-H. (2010). Human performances interfaces in air traffic control. *Applied Ergonomics*, 41(1), 123-129.

¹³² Smith, P., Blandford, A., & Back, J. (2008). Questioning, exploring, narrating and plying in the control room to maintain system safety. *Cognition, Technology & Work*, 11(4), 279-291.

¹³³ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006).

Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

¹³⁴ Falzon, P. (2008). Enabling safety: Issues in design and continuous design. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 7-14.

¹³⁵ Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. (2010). The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process. *Systems Engineering*, 13(3), 261-273.

¹³⁶ Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. (2006).

Evolvable work-centred support systems for command and control: Creating systems users can adapt to meet changing demands. *Ergonomics*, 49(7), 688-705.

8 Sammanfattning av utvecklingen

Detta kapitel sammanfattar utvecklingen inom området ledningscentraler, identifierar aktuella forskningstrender samt gör en reflektion kring den presenterade omvärldsanalysen.

8.1 Utveckling inom området ledningscentraler

Det är huvudsakligen tre områden som är ett återkommande tema i de artiklar som inkluderats i omvärldsanalysen: (1) komplexiteten i dagens ledningscentraler, (2) påverkan av ledningscentralers utformning samt (3) brist på systematisk analys av verkliga ledningscentraler.

8.1.1 Komplexiteten i dagens ledningscentraler

Flera studier i denna omvärldsanalys beskriver den ökade komplexiteten av dagens ledningscentraler. Framförallt vid sådana som hanterar dynamiska och oförutsägbara situationer som t.ex. militära insatser, krishantering eller rymdresor.

Det är framförallt de ständiga förändringarna som sker vid ledningscentraler och den allt snabbare förändringstakten som huvudsakligen bidrar till den ökade komplexiteten. Dessa förändringar är multidimensionella och orsakas av:

- Operationella förutsättningar som kontinuerlig utvecklas och förändras, t.ex. nya hot, förändringar i tillgång till resurser, och utveckling inom taktik.
- Teknikutveckling, exempelvis nya informationskällor och ledningsstödsystem.
- Organisatoriska förändringar, till exempel, i uppdragsnatur, mål, roller och beslutsstrukturer.
- Ändringar i fysisk utformning av ledningscentraler.

Dessa förändringar påverkar på ett direkt eller indirekt sätt operatörer och beslutsfattares arbete och sammanhanget i vilket de agerar. Operatörer och beslutsfattares förmåga att utveckla egna strategier och hjälpmedel för att kompensera för missanpassningar och brister i teknik och organisation är ofta en central funktion för att en ledningscentral ska kunna hantera ständiga förändringar.

En stor utmaning inför framtiden är hur dessa kontinuerliga förändringar vid ledningscentraler bör hanteras för att säkerställa att ledningscentraler fungerar på

ett robust sätt över tiden. Detta innefattar bl.a. att en ledningscentral klarar att fungera tillförlitligt, såväl i situationer som är mer långsamma som i situationer som är mer tidskritiska. Därtill finns emellertid även problematiken med att hantera övergångar mellan olika dynamiska skeden. Flera författare föreslår olika lösningar på hur denna utmaning bör mötas, t.ex. genom att inkludera nya metodansatser, design- och utvecklingsfilosofier, anpassningsbara verktyg och hjälpmedel, arbetsformer och ökade färdigheter hos personalen.

Ytterligare en faktor som bidrar till komplexiteten hos dagens ledningscentraler är beslutssituationer som sker i samverkan med andra aktörer. Ledningsarbete vid ledningscentraler avsedda för samverkansledning påverkas av aktörernas olika ledningstraditioner, strategier, rutiner och erfarenheter. Framförallt i fallet med civil-militär samverkan. Ett sådant faktum påverkar ledningscentraler och ledningsarbete, bl.a. avseende till vilken grad en gemensam ledningsmetodik kan tillämpas, eller vilka funktioner och aktiviteter som kan stödjas genom ett gemensamt ledningsstödsystem. Exempel på olika ledningstraditioner är där vissa aktörer kan föredra en relativt ineffektiv och kaotisk ledningsprocess för att kunna behålla flexibiliteten (framförallt krishanteringsorganisationer) och andra som har en mer strukturerad och planerad process (t.ex. militära organisationer). Ledningscentraler för samverkansledning kan därför ha specifika krav som kan skilja sig ifrån övriga ledningscentraler, bl.a. avseende behov av flexibel utformning av ledningsrum eller användning av enkla (ej datorbaserade) hjälpmedel.

Den tredje faktorn som identifierades är relaterad till användning av nya hjälpmedel och verktyg som ofta ändrar, i vissa fall radikalt, hur operatörer och beslutsfattare utför sina arbetsuppgifter. Det är framförallt verktyg och hjälpmedel som automatiserar olika funktioner i tidskritiska uppdrag. Exempel på sådana hjälpmedel återfinns inom flygtrafikledning, luftförsvar och sjöbevakning, vilka också uppmärksammas i de artiklar som denna rapport refererar till. Flera sådana verktyg och hjälpmedel används redan i skarpa uppdrag eller kommer att finnas tillgängliga och användas inom kort. Den här typen av verktyg och hjälpmedel påverkar arbetet vid ledningscentraler på många olika sätt. Exempelvis avseende situationsmedvetenhet, allokering av uppgifter, arbetsbelastning, informationsdelning eller kommunikation. Flera författare påpekar dock att det oftast endast finns en begränsad kunskap om effekterna av automation, bl.a. rörande stress, prestation, arbetsbelastning och teamarbete i verkliga beslutssituationer samt hur de olika effekterna bör hanteras.

8.1.2 Utformning av ledningscentraler har stor påverkan

Flera studier av verkliga ledningscentraler beskrivs i denna rapport. En gemensam erfarenhet från dessa studier är att fysisk utformning av ledningscentraler, d.v.s. den fysiska miljön, lokaler, operatörsplatser och delade skärmar, har stor påverkan på hur ledningscentraler fungerar. Utformningen av

ledningscentraler påverkar hur ledningsarbete utförs och med vilken effektivitet det sker. Den påverkar även hur information delas inom ledningscentraler. Utformning av ledningscentraler har därför större påverkan på ledningsarbetet än t.ex. ledningsmetodik eller de tekniska hjälpmedlen som används.

Utformning av ledningscentraler kan dock ha olika effekt på ledningsarbete under normala eller mer långsamma situationer än under situationer som är oväntade eller tidskriftiska. Detta är något som särskilt måste uppmärksammas i ledningscentraler som hanterar båda typerna av situationer, t.ex. inom den militära domänen, krishantering eller hantering av rymdresor. Flera författare argumenterar för att design och utformning av ledningscentraler, t.ex. avseende skärmar och andra tekniska hjälpmedel, måste utgå från normala situationer men även ifrån scenarier och uppdrag som utförs under onormala eller kritiska situationer.

8.1.3 Brist på systematisk analys av verkliga ledningscentraler

Hur ledningscentralers operatörer och beslutsfattare hanterar olika situationer, på vilket sätt de agerar och vilka hjälpmedel de använder sig av påverkas av ett komplext samspel mellan olika faktorer. Det finns emellertid begränsad kunskap om det komplexa samspelet, särskilt när det gäller den militära domänen och krishantering. Artiklar från de olika forskningsområdena som nämns i denna rapport påvisar brist på systematisk analys av verkliga ledningscentraler.

Studier som sker i verkliga ledningscentraler är inriktade på den komplexitet som möter operatörer och beslutsfattare i ledningscentraler när de ska genomföra sitt arbete. Vanligen problematiserar sådana studier olika förhållningssätt eller matchningen mellan människa och teknik och matchningens sammansättning. Flera studier av verkliga ledningscentraler beskrivs i denna rapport. Dessa studier är dock inriktade mot enskilda ledningsrum och/eller relativt små grupper med operatörer och beslutsfattare. Studier av större ledningscentraler där ett flertal olika större funktionella team samverkar (s.k. *team-of-teams*) och/eller som rör ledningsarbete som sker i flera ledningsrum – något som är vanligt i dagens militära ledningscentraler och ledningscentraler för krishantering – är sällsynta. Enbart två sådana studier har hittats.

Systematiska och långsiktiga utvärderingar av verkliga ledningscentraler är en utmaning för framtiden. Det finns behov av studier som inriktar sig på systematisk analys av bl.a. teamarbete, arbetsbelastning och prestation. Det finns även behov av långsiktiga utvärderingar av ledningscentraler, vilket ger en detaljerad insikt i ledningscentralernas ”inre liv”. Det föreslås till och med att systematisk analys av ledningscentraler måste bli en integrerad del av utvecklingsarbetet vid ledningscentraler, bl.a. för att kunna utvärdera de ständiga förändringar som sker vid dagens ledningscentraler.

8.2 Forskningstrender

Den tydligaste trenden bland de studerade artiklarna är förflyttning av fokus från de individuella operatörerna och beslutsfattarna till teamarbete. Den tidiga forskningen inom situationsmedvetenhet, kognition, automation, stress, m.m. fokuserade vanligen på mer individuella och mentala funktioner samt individuella operatörer och beslutsfattare. Den sentida och samtida forskningen beaktar i högre grad distribuerat beslutsfattande och social organisering.

I samband med denna utveckling, d.v.s. fokus på teamarbete, har sammanhangets påverkan fått större uppmärksamhet. Det finns behov att få ingående förståelse av i vilket sammanhang människor i beslutssituationer arbetar, hur sammanhanget påverkar deras arbete samt hur detta sammanhang och dess påverkan förändras över tiden. Flera författare från olika forskningsområden påpekar att forskningsstudier måste flyttas från labbexperiment till naturalistiska beslutssituationer och ledningsmiljöer.

Den tredje trenden är starkt kopplad till de första två trenderna som diskuteras. Förflyttning av fokus till teamsammanhang och till verkliga beslutssituationer kräver nya mät- och analysmetoder. Flera författare föreslår dels nya, dels olika varianter och vidareutveckling av existerande övergripande metodramverk och specifika undersöknings- och analysmetoder som har sitt ursprung i forskningsområdet kognitiva system. Flera artiklar beskriver tillämpning av dessa metoder på verkliga beslutssituationer och ledningsmiljöer.

8.3 Reflektion kring den kartlagda forskningen

Denna rapport bygger på ett 40-tal tidskriftsartiklar som inkluderats i den presenterade omvärldsanalysen (med undantag för informationsfusion där sammanfattning av annan omvärldsanalys användes). Det är många bidrag med mycket information som är värd att reflektera över.

Ett 10-tal artiklar som beskriver forskning kring militära ledningssystem och ledningscentraler. De har sitt ursprung i enbart i tre länder: Storbritannien, USA och Australien.

Större delen av artiklarna kommer från Europa och USA. Studier relaterade till flygtrafikledning har störst spridning över antalet forskargrupper och kontinenter, inklusive Nordamerika, Europa, Asien och Stillahavsområdet. Studier av järnvägstrafikledning kommer däremot bara från ett land – Storbritannien. Forskning kring ledningscentraler i krishantering rapporteras från Storbritannien, USA och Nederländerna. Enbart en artikel kommer från Sverige och rör flygtrafikledning.

Problematiken kring automation i ledningsmiljöer avseende situationsmedvetenhet, prestation, stress och arbetsbelastning studeras huvudsakligen inom civil flygtrafikledning.

Studier av verkliga ledningscentraler fokuserar både på ledningscentraler under normala förhållanden (flyg, järnväg, och krishantering) samt onormala och kritiska situationer (flyg, krishantering och processkontroll). Enbart en studie beskriver analys av en militär ledningscentral (flygtransportledningscentral).

Det är fyra forskargrupper som utmärker sig särskilt i denna omvärldsanalys. De står för hälften av alla tidskriftsartiklarna:

- Human Factors Integration Defence Technology Centre som finansieras av UK MoD och som representeras av konstellationen Salmon, Stanton, Walker, Stewart, Baber, m.fl.
- Forskare inom området kognitiva system med någon form av tidigare eller nuvarande anknytning till The Ohio State University, bl.a. Woods, Watts-Perroti och Patterson.
- Forskare från University College London (Smith, Blandford och Back).
- Forskare med anknytning till militär flygforskning i USA, bl.a. Roth, Kuper, Scott, Eggleston, m.fl.

9 Refererade tidskriftsartiklar med sammanfattningar

Detta kapitel innehåller sammanfattningar (abstracts) av de forskningsartiklar som citerats i föregående kapitel. Artiklar från sex välkända tidskrifter presenteras i var sitt eget underkapitel. Det sjunde underkapitlet innehåller artiklar från övriga tidskrifter.

9.1 Artiklar från "Ergonomics"

A naturalistic study of railway controllers

Farrington-Darby, T., Wilson, J.R., Norris, B.J., & Clarke, T. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12-13, 2006, pp. 1370-1394.

There is an increasing prevalence for work to be analysed through naturalistic study, especially using ethnographically derived methods of enquiry and qualitative field research. The relatively unexplored domain of railway control (in comparison to signalling) in the UK is described in terms of features derived from observations and semi-structured interviews. In addition, task diagrams (a technique taken from the Applied Cognitive Task Analysis toolkit) are used to represent controllers' core elements of work, i.e. to manage events or incidents, and to identify the challenging steps in the process. The work features identified, the task diagrams, and the steps identified as challenging form a basis from which future ergonomics studies on railway controllers in the UK will be carried out.

Understanding emergency medical dispatch in terms of distributed cognition: a case study

Furniss, D., & Blandford, A. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12, 2006, pp. 1174-1203.

Emergency medical dispatch (EMD) is typically a team activity, requiring fluid coordination and communication between team members. Such working situations have often been described in terms of distributed cognition (DC), a framework for understanding team working. DC takes account of factors such as shared representations and artefacts to support reasoning about team working. Although the language of DC has been developed over several years, little attention has been paid to developing a methodology or reusable representation which supports reasoning about an interactive system from a DC perspective. We present a case study in which we developed a method for constructing a DC account of team working in the domain of EMD, focusing on the use of the method for describing an existing EMD work system, identifying sources of

weakness in that system, and reasoning about the likely consequences of redesign of the system. The resulting DC descriptions have yielded new insights into the design of EMD work and of tools to support that work within a large EMD centre.

A new approach for designing cognitive artefacts to support disaster management

Jenkins, D.P., Salmon, P.M., Stanton, N.A., & Walker, G.H. *Ergonomics*, Vol. 53, No. 5, 2008, pp. 617-635.

The public display of information is not a new phenomenon; whiteboards (and blackboards before them) have commonly been used to share information. Once annotated, these collaborative information sources have clear benefits for cognition, reducing the burden on short-term memory and supporting parallel processing. This paper introduces a structured approach for considering the design and development of these cognitive artefacts with the aim of enhancing system performance. To illustrate this approach, a case study of military support to large-scale civilian emergencies is used. Using the introduced process, a number of displays are developed supporting individual and shared understanding of the domain, enhancing the crisis planning and management process. The case study demonstrates how the proposed structured approach can inform the designer and lead to domain specific designs. A clear trail can be plotted between the analysis of the domain and the development of the cognitive artefacts.

Human processes of control: Tracing the goals and strategies of control room teams

Patrick, J., James, N., & Ahmed, A. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12, 2006, pp. 1395-1414.

This study utilized a process tracing methodology to analyse the goals and strategies of control room teams in dealing with an unpredicted plant disturbance. The human processes of control used by operators and their supervisors, and interactions between them, were analysed during phases of detection, diagnosis, and control of a small plant leak. Five control room teams were videotaped tackling this simulated scenario on a full-scale simulator. The results found substantial differences both within and between teams in how the goals of monitoring and implementing procedures during the detection phase, and problem-solving and plant control during the diagnosis phase were achieved. The temporal patterning of the activities associated with these goals revealed that the teams used different strategies. The training implications of these findings are

discussed, in particular with respect to the control room supervisor who had a pivotal role.

**Evolvable work-centred support systems for command and control:
Creating systems users can adapt to meet changing demands**

Roth, E., Scott, R., Deutsch, S., Kuper, S., Schmidt, V., Stilson, S., & Wampler, J. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 7, 2006, pp. 688-705.

Military command and control (C2) organizations are complex socio-technical systems which must constantly adapt to meet changing operational requirements. We describe our experiences in developing a work-centred support system (WCSS) to aid weather forecasting and monitoring in a military airlift C2 organization as an illustrative case. As part of the development process we conducted field observations both before and after introduction of the WCSS in their operations centre. A striking finding was the constant changes that operations personnel faced (changes in goals and priorities, changes in scale of operations, changes in team roles and structure, and changes in information sources and systems). We describe the changes in workplace demands that we observed and the modifications we needed to make to the WCSS in response. For today's fielded systems, it is seldom possible to make changes that are responsive to users' changing requirements in a timely manner. We argue for the need to incorporate facilities that enable users to adapt their systems to the changing requirements of work and point to some promising directions towards evolvable work-centred support systems.

Representing situation awareness in collaborative systems: A case study in the energy distribution domain

Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Jenkins, D., Baber, C., & McMaster, R. *Ergonomics*, Vol. 51, No. 3, 2008, pp. 367-384.

The concept of distributed situation awareness (DSA) is currently receiving increasing attention from the human factors community. This article investigates DSA in a collaborative real-world industrial setting by discussing the results derived from a recent naturalistic study undertaken within the UK energy distribution domain. The results describe the DSA-related information used by the networks of agents involved in the scenarios analysed, the sharing of this information between the agents and the salience of different information elements used. Thus, the structure, quality and content of each network's DSA is discussed, along with the implications for DSA theory. The findings reinforce the notion that when viewing situation awareness (SA) in collaborative systems, it is useful to focus on the coordinated behaviour of the system itself, rather than on the individual as the unit of analysis and suggest that the findings from such

assessments can potentially be used to inform system, procedure and training design. SA is a critical commodity for teams working in industrial systems and systems, procedures and training programmes should be designed to facilitate efficient system SA acquisition and maintenance. This article presents approaches for describing and understanding SA during real-world collaborative tasks, the outputs from which can potentially be used to inform system, training programmes and procedure design.

Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology

Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., McMaster, R., Salmon, P., Hoyle, G., Walker, G., Young, M.S., Linsell, M., Dymott, R., & Green, D. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12-13, 2006, pp. 1288-1311.

The purpose of this paper is to propose foundations for a theory of situation awareness based on the analysis of interactions between agents (i.e. both human and non-human) in subsystems. This approach may help to promote a better understanding of technology-mediated interaction in systems, as well as helping in the formulation of hypotheses and predictions concerning distributed situation awareness. It is proposed that agents within a system each hold their own situation awareness, which may be very different from (although compatible with) that of other agents. It is argued that we should not always hope for, or indeed want, sharing of this awareness, as different system agents have different purposes. This view marks situation awareness as a dynamic and collaborative process binding agents together on tasks on a moment-by-moment basis. Implications of this viewpoint for the development of a new theory of, and accompanying methodology for, distributed situation awareness are offered.

Event analysis of systemic teamwork (EAST): A novel integration of ergonomics methods to analyse C4i activity

Walker, G.H., Gibson, H., Stanton, N.A., Baber, C., Salmon, P., & Green, D. *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12-13, 2006, pp. 1345-1369.

C4i is defined as the management infrastructure needed for the execution of a common goal supported by multiple agents in multiple locations and technology. In order to extract data from complex and diverse C4i scenarios a descriptive methodology called Event Analysis for Systemic Teamwork (EAST) has been developed. With over 90 existing ergonomics methodologies already available, the approach taken was to integrate a hierarchical task analysis, a coordination demand analysis, a communications usage diagram, a social network analysis, and the critical decision method. The outputs of these methods provide two summary representations in the form of an enhanced operation sequence diagram

and a propositional network. These offer multiple overlapping perspectives on key descriptive constructs including who the agents are in a scenario, when tasks occur, where agents are located, how agents collaborate and communicate, what information is used, and what knowledge is shared. The application of these methods to live data drawn from the UK rail industry demonstrates how alternative scenarios can be compared on key metrics, how multiple perspectives on the same data can be taken, and what further detailed insights can be extracted. The ultimate aim of EAST is, by applying it across a number of scenarios in different civil and military domains, to provide data to develop generic models of C4i activity and to improve the design of systems aimed at enhancing this management infrastructure.

From ethnography to the EAST method: A tractable approach for representing distributed cognition in air traffic control

Walker, G.H., Stanton, N.A., Barber, C., Wells, L. Gibson, H., Salmon, P., & Jenkins, D. *Ergonomics*, Vol. 53, No. 2, 2010, pp. 184-197.

Command and control is a generic activity involving the exercise of authority over assigned resources, combined with planning, coordinating and controlling how those resources are used. The challenge for understanding this type of activity is that it is not often amenable to the conventional experimental/methodological approach. Command and control tends to be multi-faceted (so requires more than one method), is made up of interacting socio and technical elements (so requires a systemic approach) and exhibits aggregate behaviours that emerge from these interactions (so requires methods that go beyond reductionism). In these circumstances a distributed cognition approach is highly appropriate yet the existing ethnographic methods make it difficult to apply and, for non-specialist audiences, sometimes difficult to meaningfully interpret. The Event Analysis for Systemic Teamwork method is put forward as a means of working from a distributed cognition perspective but in a way that goes beyond ethnography. A worked example from Air Traffic Control is used to illustrate how the language of social science can be translated into the language of systems analysis.

9.2 Artiklar från "Cognition, Technology & Work"

Enabling safety: Issues in design and continuous design

Falzon, P. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 10, No. 1, 2008, pp. 7-14.

The communication considers the necessary conditions for the production of reliability and safety during and after design. After a brief reminder of the nature of design processes, it is argued that this production depends on the way the system design process is conducted, and in particular on the extent to which end users are involved in the design process. However, one thing is to design for safety, another thing is to make sure that, over time, systems continue to function safely. Systems are unstable and evolve after their implementation. The next part thus considers these evolutions (and in particular the migration effects) and the way in which negative effects of migrations on safety can be prevented. The development model proposed by Amartya Sen and its implications for the design of safety enabling environments are then presented.

Understanding social interactions in complex work: a video ethnography

Farrington-Darby, T., & Wilson, J.R. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 11, No. 1, 2009, pp. 1-15.

Rail network control is a function which depends upon the expertise of controllers for successful performance, and this expertise is situated in social skills and interactions as much as technical knowledge. A work analysis framework has been established which gets around some of the difficulties found in using cognitive work analysis, and allows structured investigation at the environment, domain, activity, scenario and expertise levels. Within this major research programme a video ethnography study was carried out to explore the work and work systems of the rail controllers in more detail, with specific reference to social interactions. Discussion centres around the strategies, communications, social relationships, learning and development and inter-team differences that were identified in the video ethnography.

Information flow during crisis management: Challenges to coordination in the emergency operations center

Militello, L.G., Patterson, E.S., Bowman, L., & Wears, R. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 9, No. 1, 2007, pp. 25-31.

This paper discusses challenges to coordination in the emergency operations center (EOC). A county-level EOC is made up of representatives from a range of

organizations including local government, fire, police, hospital, utility, and Red Cross representatives. These ad hoc teams are tasked with coming together during an emergency to obtain and deliver resources to first responders on the scene of the disaster, as well coordinating transportation of casualties, tracking of fatalities, and establishment of shelters. Two county-level exercises were observed. Themes were identified across the two exercises. Recommendations for better supporting coordination in crisis management are offered.

Evaluation of presentation of information for process control operations

Nickel, P., & Nachreiner, B.L. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 10, No. 1, 2008, pp. 23-30.

In an experimental process control simulation study two operators performed monitoring and control operations including safety critical tasks that required parallel processing of information distributed over different functional mimic displays. The assignment of mimic displays to Visual Display Units (VDUs) was experimentally varied by allowing one or two VDUs for mimic presentation. The study revealed no evidence for differences in task performance during normal process control operations. During abnormal operations, however, detrimental effects both on performance and work load were observed. Having only one VDU available for mimic display revealed either a lower level of performance (time for fault management) and/or a higher level of emotional work strain. It is concluded that decisions on the number of VDUs necessary for effective and efficient process control must refer to the tasks to be performed and the presentation of information necessary for a safe, effective and efficient task performance under critical, but not only normal conditions.

Questioning, exploring, narrating and plying in the control room to maintain system safety

Smith, P., Blandford, A., & Back, J. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 11, No. 4, 2008, pp. 279-291.

Systems whose design is primarily aimed at ensuring efficient, effective and safe working, such as control rooms, have traditionally been evaluated in terms of criteria that correspond directly to those values: functional correctness, time to complete tasks, etc. This paper reports on a study of control room working that identified other factors that contributed directly to overall system safety. These factors included the ability of staff to manage uncertainty, to learn in an exploratory way, to reflect on their actions, and to engage in problem-solving that has many of the hallmarks of playing puzzles which, in turn, supports exploratory learning. These factors, while currently difficult to measure or explicitly design for, must be recognized and valued in design.

Distributed situation awareness in an airborne warning and control system: Application of novel ergonomics methodology

Stewart, R., Stanton, N.A., Harris, D., Baber, C., Salmon, P., Mock, M., Tatlock, K., Wells, L., & Kay, A. *Cognition, Technology & Work*, Vol. 10, No. 3, 2008, pp. 221-229.

This paper applies a distributed theory of situation awareness based upon the analysis of interactions between agents (both human and non-human) in an Airborne Warning and Control System (Boeing E3D Sentry). The basic tenet of this approach is that agents within a system each hold their own component(s) of situation awareness, which may be very different from, but compatible with, other agent's view of the situation. However, it is argued that it is not always necessary to have complete sharing of this awareness, as different system agents have different purposes. Situation awareness is regarded as a dynamic and collaborative process that binds agents together on tasks on a moment-by-moment basis. Situation awareness is conceptualised as residing at a system, not an individual level. Data were collected from crew-members in the E3D during a series of simulated air battles. These data pertained to task structure, communications between the crew and the collection and analysis of crew actions at critical decision points. All phases of operations were considered. From these data propositional networks were developed in which key knowledge objects were identified. Analysis of these networks clearly shows how the location and nature of distributed situation awareness changes across agents with regard to the phase of operation/air battle.

9.3 Artiklar från "Journal of Cognitive Engineering and Decision Making"

Adaptive automation based on an object-oriented task model: Implementation and evaluation in a realistic C2 environment

de Greef, T.E., Arciszewski, H.F.R., & Neerincx, M.A. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Vol. 4, No. 2, 2010, pp. 152-182.

Staffing reduction initiatives and more complicated military operations lead to a higher cognitive workload in command and control (C2) environments. Extending automation with adaptive capabilities can aid the human in overcoming cognitive workload challenges. At present, most adaptive automation research has focused on laboratory experiments and only limited research has aimed to implement and validate adaptive automation in a real-world setting. The objective of the present study was to investigate the effects of adaptive automation in precisely such a setting, extending the scientific

knowledge base of adaptive systems with an evaluation of a real-world adaptive task. Implementing adaptive automation in a real-world C2 setting required extending current adaptive automation theories with an object-oriented task model and a hybrid triggering mechanism. The extended model was evaluated with eight naval officers using a high-fidelity C2 environment and showed an overall efficiency effect of 60%. Furthermore, no negative side effects of adaptive automation have been found, and the data show that the scenarios were manipulated correctly. In addition, the positive efficiency effects appear most strongly in the more complicated asymmetrical scenarios (65%). This latter conclusion shows that adaptive automation can be a valuable contribution to future C2 systems.

Capturing the context of use to inform system design

Evenson, S., Muller, M., & Roth, E.M. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Vol. 2, No. 3, 2008, pp. 181-203.

New system design often focuses on opportunities afforded by technology without careful analysis of the needs of the people and work involved. A strong consensus has been found across diverse design traditions regarding the need for in-depth analysis of the context of use to inform system design. Analysis of context of use encompasses identifying and characterizing the range of situations that can arise, the demands they impose, and the motivations and activities of the people involved. This paper presents three case studies in which context of use analysis was a key part of successful system design. The three case studies represent *work-centered design*, emerging from cognitive engineering and cognitive systems engineering; *interaction design*, emerging from industrial and communication design; and *participatory design*, emerging from the Scandinavian labor movement. The case studies highlight commonalities in experience and core tenets across traditions. They argue for the importance of incorporating context of use analyses as part of the systems engineering process and illustrate a variety of approaches for context of use analysis.

Modeling work for cognitive work support system design in operational control centers

Feigh, K.M., & Pritchett, A.R. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Vol. 4, No. 1, 2010, pp. 1-26.

The design of cognitive work support systems for operational control centers is an emerging challenge for human factors practitioners. This paper presents an example of applying techniques derived from the interactive design tradition to a context-of-use analysis, including both knowledge elicitation and modeling, to inform the design of a cognitive work support system. The paper integrates

insights from the Cognitive Control Model—specifically, contextual control modes—into the cognitive analysis of work. The inclusion of COCOM in contextual inquiry helps to identify important contextual factors and brings meaning and organization to the different patterns of activity observed. Specifically, the paper presents the results of a contextual inquiry for airline operation control centers in the form of work models that have been extended to account for contextual control modes.

How anomaly response is distributed across functionally distinct teams in space shuttle mission control

Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, Vol. 1, No. 4, 2007, pp. 405-433.

In this paper, we describe the coordinative anomaly response processes of functionally distinct teams who encountered a space shuttle anomaly at the beginning of a shuttle mission. Anomaly response processes were observed as two distinct teams considered how to modify mission plans in response to the anomaly. We analyzed multiple coordinative and independent activities that occurred across the teams over several days until the space shuttle safely returned. Our analysis of this case captures how the processes of anomaly response become distributed across a set of functionally distinct teams. The analysis identifies the demands that arise as anomaly response is distributed and reveals how interactions among distinct teams can make anomaly response robust in the face of uncertainty and risk.

9.4 Artiklar från ”Human Factors”

Evaluation of ecological interface design for nuclear process control: Situation awareness effects

Burns, C.M., Skraaning, G., Jamieson, G.A., Lau, N., Kwok, J., Welch, R., & Andresen, G. *Human Factors*, Vol. 50, No. 4, 2008, pp. 663 -679.

Objective: We determine whether an ecological interface display for nuclear power plant operations supports improved situation awareness over traditional and user-centered displays in a realistic environment. *Background:* Ecological interface design (EID) has not yet been fully evaluated with real operators facing realistic scenarios. *Method:* Ecological displays were evaluated alongside traditional and user-centered “advanced” displays in a full-scope nuclear power plant simulation. Licensed plant operators used the displays in realistic scenarios that either had procedural support or did not have procedural support. All three displays were evaluated for their ability to support operator situation awareness.

Results: A significant three-way interaction effect was observed on two independent measures of situation awareness. For both measures, ecological displays improved situation awareness in scenarios that did not have procedural support, primarily in the detection phases of those scenarios. No other pronounced effects appeared across both measures. *Conclusions:* The observed improvement was sufficiently large to suggest that EID could improve situation awareness in situations where procedures are unavailable. However, the EID displays did not lead to improved situation awareness in the other conditions of the evaluation, and participants using these displays occasionally underperformed on single measures of situation awareness. This suggests that the approach requires further development, particularly in integrating EID with procedural support. *Application:* This research has important findings for the ongoing development of the EID approach, the design of industrial operator displays, and design to support situation awareness.

Human factors measurement for future air traffic control systems

Langan-Fox, J., Sankey, M.J., & Canty, J.M. *Human Factors*, Vol. 51, No. 5, 2009, pp. 595-637.

Objective: This article provides a critical review of research pertaining to the measurement of human factors (HF) issues in current and future air traffic control (ATC). *Background:* Growing worldwide air traffic demands call for a radical departure from current ATC systems. Future systems will have a fundamental impact on the roles and responsibilities of ATC officers (ATCOs). Valid and reliable methods of assessing HF issues associated with these changes, such as a potential increase (or decrease) in workload, are of utmost importance for advancing theory and for designing systems, procedures, and training. *Method:* We outline major aviation changes and how these relate to five key HF issues in ATC. Measures are outlined, compared, and evaluated and are followed by guidelines for assessing these issues in the ATC domain. Recommendations for future research are presented. *Results:* A review of the literature suggests that situational awareness and workload have been widely researched and assessed using a variety of measures, but researchers have neglected the areas of trust, stress, and boredom. We make recommendations for use of particular measures and the construction of new measures. *Conclusion:* It is predicted that, given the changing role of ATCOs and profound future airspace requirements and configurations, issues of stress, trust, and boredom will become more significant. Researchers should develop and/or refine existing measures of all five key HF issues to assess their impact on ATCO performance. Furthermore, these issues should be considered in a holistic manner. *Application:* The current article provides an evaluation of research and measures used in HF research on ATC that will aid research and ATC measurement.

Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload

Metzger, U., & Parasuraman, R. *Human Factors*, Vol. 47, No. 1, 2005, pp. 35-49.

Future air traffic management concepts envisage shared decision-making responsibilities between controllers and pilots, necessitating that controllers be supported by automated decision aids. Even as automation tools are being introduced, however, their impact on the air traffic controller is not well understood. The present experiments examined the effects of an aircraft-to-aircraft conflict decision aid on performance and mental workload of experienced, full-performance level controllers in a simulated Free Flight environment. Performance was examined with both reliable (Experiment 1) and inaccurate automation (Experiment 2). The aid improved controller performance and reduced mental workload when it functioned reliably. However, detection of a particular conflict was better under manual conditions than under automated conditions when the automation was imperfect. Potential or actual applications of the results include the design of automation and procedures for future air traffic control systems.

Humans: Still vital after all these years of automation

Parasuraman, R., & Wickens, C.D. *Human Factors*, Vol. 50, No. 3, 2008, pp. 511-520.

Objective: The authors discuss empirical studies of human-automation interaction and their implications for automation design. *Background:* Automation is prevalent in safety-critical systems and increasingly in everyday life. Many studies of human performance in automated systems have been conducted over the past 30 years. *Methods:* Developments in three areas are examined: levels and stages of automation, reliance on and compliance with automation, and adaptive automation. *Results:* Automation applied to information analysis or decision-making functions leads to differential system performance benefits and costs that must be considered in choosing appropriate levels and stages of automation. Human user dependence on automated alerts and advisories reflects two components of operator trust, reliance and compliance, which are in turn determined by the threshold designers use to balance automation misses and false alarms. Finally, adaptive automation can provide additional benefits in balancing workload and maintaining the user's situation awareness, although more research is required to identify when adaptation should be user controlled or system driven. *Conclusions:* The past three decades of empirical research on humans and automation has provided a strong science base that can be used to guide the design of automated systems. *Application:* This research can be applied to most current and future automated systems.

Uncovering the requirements of cognitive work

Roth, E.M. *Human Factors*, Vol. 50, No. 3, 2008, pp. 475-480.

Objective: In this article, the author provides an overview of cognitive analysis methods and how they can be used to inform system analysis and design.

Background: Human factors has seen a shift toward modeling and support of cognitively intensive work (e.g., military command and control, medical planning and decision making, supervisory control of automated systems).

Cognitive task analysis and cognitive work analysis methods extend traditional task analysis techniques to uncover the knowledge and thought processes that underlie performance in cognitively complex settings. *Methods:* The author reviews the multidisciplinary roots of cognitive analysis and the variety of cognitive task analysis and cognitive work analysis methods that have emerged.

Results: Cognitive analysis methods have been used successfully to guide system design, as well as development of function allocation, team structure, and training, so as to enhance performance and reduce the potential for error.

Conclusions: comprehensive characterization of cognitive work requires two mutually informing analyses: (a) examination of domain characteristics and constraints that define cognitive requirements and challenges and (b) examination of practitioner knowledge and strategies that underlie both expert and error-vulnerable performance. A variety of specific methods can be adapted to achieve these aims within the pragmatic constraints of particular projects.

Application: Cognitive analysis methods can be used effectively to anticipate cognitive performance problems and specify ways to improve individual and team cognitive performance (be it through new forms of training, user interfaces, or decision aids).

Transitioning to future air traffic management: Effects of imperfect automation on controller attention and performance

Rovira, E., & Parasuraman, R. *Human Factors*, Vol. 52, No. 3, 2010, pp. 411-425.

Objective: This study examined whether benefits of conflict probe automation would occur in a future air traffic scenario in which air traffic service providers (ATSPs) are not directly responsible for freely maneuvering aircraft but are controlling other nonequipped aircraft (mixed-equipage environment). The objective was to examine how the type of automation imperfection (miss vs. false alarm) affects ATSP performance and attention allocation. *Background:* Research has shown that the type of automation imperfection leads to differential human performance costs. *Method:* Participating in four 30-min scenarios were 12 full-performance-level ATSPs. Dependent variables included conflict detection and resolution performance, eye movements, and subjective ratings of trust and self confidence. *Results:* ATSPs detected conflicts faster and more

accurately with reliable automation, as compared with manual performance. When the conflict probe automation was unreliable, conflict detection performance declined with both miss (25% conflicts detected) and false alarm automation (50% conflicts detected). *Conclusion:* When the primary task of conflict detection was automated, even highly reliable yet imperfect automation (miss or false alarm) resulted in serious negative effects on operator performance. *Application:* The further in advance that conflict probe automation predicts a conflict, the greater the uncertainty of prediction; thus, designers should provide users with feedback on the state of the automation or other tools that allow for inspection and analysis of the data underlying the conflict probe algorithm.

On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments

Salas, E., Cooke, N.J., & Rosen, M.A. *Human Factors*, Vol. 50, No. 3, 2008, pp. 540-547.

Objective: We highlight some of the key discoveries and developments in the area of team performance over the past 50 years, especially as reflected in the pages of *Human Factors*. *Background:* Teams increasingly have become a way of life in many organizations, and research has kept up with the pace. *Method:* We have characterized progress in the field in terms of eight discoveries and five challenges. *Results:* Discoveries pertain to the importance of shared cognition, the measurement of shared cognition, advances in team training, the use of synthetic task environments for research, factors influencing team effectiveness, models of team effectiveness, a multidisciplinary perspective, and training and technological interventions designed to improve team effectiveness. Challenges that are faced in the coming decades include an increased emphasis on team cognition; reconfigurable, adaptive teams; multicultural influences; and the need for naturalistic study and better measurement. *Conclusion:* Work in human factors has contributed significantly to the science and practice of teams, teamwork, and team performance. Future work must keep pace with the increasing use of teams in organizations. *Application:* The science of teams contributes to team effectiveness in the same way that the science of individual performance contributes to individual effectiveness.

Effects of automation of information-processing functions on teamwork

Wright, M.C., & Kaber, D.B. *Human Factors*, Vol. 47, No. 1, 2005, pp. 50-66.

We investigated the effects of automation as applied to different stages of information processing on team performance in a complex decision-making task. Forty teams of 2 individuals performed a simulated Theater Defense Task. Four automation conditions were simulated with computer assistance applied to

realistic combinations of information acquisition, information analysis, and decision selection functions across two levels of task difficulty. Multiple measures of team effectiveness and team coordination were used. Results indicated different forms of automation have different effects on teamwork. Compared with a baseline condition, an increase in automation of information acquisition led to an increase in the ratio of information transferred to information requested; an increase in automation of information analysis resulted in higher team coordination ratings; and automation of decision selection led to better team effectiveness under low levels of task difficulty but at the cost of higher workload. The results support the use of early and intermediate forms of automation related to acquisition and analysis of information in the design of team tasks. Decision-making automation may provide benefits in more limited contexts. Applications of this research include the design and evaluation of automation in team environments.

9.5 Artiklar från "Theoretical Issues in Ergonomics Science"

Team sensemaking

Klein, G., Wiggins, S., & Dominguez, C.O. Theoretical Issues in Ergonomics Science, Vol. 11, No. 4, 2010, pp. 304-320.

Team sensemaking, in many ways, is more critical than individual sensemaking. It poses additional coordination requirements and it offers additional ways for sensemaking to break down. It is more difficult to accomplish, and it may be a larger contributor to accidents than failures at the individual level. In this article, we describe team sensemaking as a macrocognitive function—the sensemaking that has to be performed by a team rather than by individuals. Team sensemaking is defined as the process by which a team manages and coordinates its efforts to explain the current situation and to anticipate future situations, typically under uncertain or ambiguous conditions. We describe emergent strategies for accomplishing different aspects of team sensemaking and describe emergent requirements for sensemaking at the team level. We use an example to illustrate team sensemaking in action and its emergent strategies and requirements. Finally, we identify some research methods for studying team sensemaking.

Using work domain analysis to evaluate the impact of technological change on the performance of complex socio-technical systems

Jenkins, D.P., Stanton, N.A, Salmon, P.M., & Walker, G.H. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 12, No. 1, 2011, pp. 1-14.

Complex socio-technical systems are notoriously difficult to evaluate. The relationships between measurable processes and high-level descriptions of performance are neither clear nor well understood. Consequently, it is extremely difficult to relate changes made to physical components to overall system performance. Using the relationships captured in work domain analysis, this paper introduces a new approach for evaluating the impact of system changes. An event and actor-independent model is used to describe the given domain at a number of levels of abstraction. The relationship between these descriptions forms the basis of this approach. A case study of a recently upgraded UK land military headquarters is used to demonstrate the approach. As the presented case study will show, a clear link can be made between system changes that result in an increase in overall system performance, as well as changes that result in a degradation. It is contended that the described approach adds important structure to the way that evaluations of complex socio-technical systems are considered, creating a traceable link between changes made at a component level to high-order descriptions of domain purpose.

Analysing activity in complex systems with cognitive work analysis: concepts, guidelines and case study for control task analysis

Naikar, N., Moylan, A., & Pearce, B. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 7, No. 4, 2006, pp. 371-394.

Cognitive work analysis is gaining momentum as an approach for the analysis, design and evaluation of complex sociotechnical systems. This paper focuses on control task analysis (ConTA), the second phase of cognitive work analysis. The paper consolidates existing approaches to ConTA and extends the basic concepts, in particular, by asserting that activity in some work systems is better characterized by both work situations and work functions and by introducing a new formative representation for ConTA called the contextual activity template. In addition, the paper proposes a set of methodological guidelines for performing ConTA and presents a case study of a ConTA for a first-of-a-kind military system called Airborne Early Warning and Control. As well as illustrating the conceptual extensions and methodological guidelines for ConTA by example, this case study highlights some of the difficulties of conducting ConTA for first-of-a-kind, complex systems during the early stages of development.

Is it really better to share? Distributed situation awareness and its implications for collaborative system design

Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., Jenkins, D.P., & Rafferty, L. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 11, No. 1, 2010, pp. 58 - 83.

Despite well over two decades of academic research, situation awareness in complex collaborative environments remains ambiguous. Recent systems-based models of distributed situation awareness have attempted to address this; however, further effort is required in clarifying exactly how situation awareness operates in complex socio-technical systems. One pertinent issue regards what the 'distributed' situational picture looks like from the perspective of each component of the system and how it differs amongst team members. Is the same picture 'shared' across team members, or do they have different, but compatible, views on the situation? This article tackles this question by presenting a distributed cognition-inspired systems-based model of situation awareness in collaborative systems, along with an accompanying modelling approach, the propositional network methodology. Following this, the paper focuses explicitly on the model's sub-concept of compatible situation awareness and uses case study evidence to demonstrate how awareness is distributed between, and differs between, team members. This view is then compared to existing team situation awareness views and the implications for collaborative system design are discussed.

Genotype and phenotype schemata and their role in distributed situation awareness in collaborative systems

Stanton, N.A., Salmon, P.M., Walker, G.H., & Jenkins, D. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 10, No. 1, 2009, pp. 43 - 68.

Situation awareness (SA) is a critical commodity for teams working in complex systems. This article builds on existing schema theory to postulate an explanation of how teams develop and maintain SA during collaborative activities. The perceptual-action cycle approach and schema theory are used to formulate a model of distributed SA. Extracts from a case study undertaken in the UK energy distribution domain are used to demonstrate the concept of genotype and phenotype schemata as distributed SA. The sub-concepts of compatible and transactive SA are also outlined and explored via the case study. The differences between this perspective and the more commonly cited 'shared SA' perspective is articulated. In conclusion, whilst the ideas presented in this article are quite different to those expressed by the dominant models of individual and team SA presented in the literature, it is contended that they are more appropriate for the study of SA in collaborative environments.

9.6 Artiklar från "Applied Ergonomics"

Organizational climate in air traffic control – Innovative preparedness for implementation of new technology and organizational development in a rule governed organization

Arvidsson, M, Johansson, C.R., Ek, Å., & Akselsson, R. *Applied Ergonomics*, Vol. 37, No. 2, 2006, pp. 119-129.

A positive and innovative organizational climate is of great importance in order to manage and adapt to change. Such a climate seldom evolves in organizations closely governed by rules and regulations. Because of ongoing organizational and technical changes within the Swedish Air Navigation Services Provider, a study concerning the organizational climate for changes and innovations was conducted to investigate the organization's capacity to cope with changes. Study locations were the two Swedish main air traffic control centers and parts of the civil aviation administration headquarters. In the study 390 subjects took part and the CCQ questionnaire was used to measure the organizational climate. The results show that the organizational climate is quite positive despite the rule-governed work. The results also show that administrative personnel assess the organizational climate as more positive than operative personnel. Comparisons between management positions did not result in any differences.

Human performance interfaces in air traffic control

Chang, Y-H., & Yeh, C-H. *Applied Ergonomics*, Vol. 41, No. 1, 2010, pp. 123-129.

This paper examines how human performance factors in air traffic control (ATC) affect each other through their mutual interactions. The paper extends the conceptual SHEL model of ergonomics to describe the ATC system as human performance interfaces in which the air traffic controllers interact with other human performance factors including other controllers, software, hardware, environment, and organisation. New research hypotheses about the relationships between human performance interfaces of the system are developed and tested on data collected from air traffic controllers, using structural equation modelling. The research result suggests that organisation influences play a more significant role than individual differences or peer influences on how the controllers interact with the software, hardware, and environment of the ATC system. There are mutual influences between the controller–software, controller–hardware, controller–environment, and controller–organisation interfaces of the ATC system, with the exception of the controller–controller interface. Research findings of this study provide practical insights in managing human performance interfaces of the ATC system in the face of internal or external change,

particularly in understanding its possible consequences in relation to the interactions between human performance factors.

Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments

Salmon, P., Stanton, N, Walker, G., & Green, D. *Applied Ergonomics*, Vol. 37, No. 2, 2006, pp. 225-238.

The construct of situation awareness (SA) has become a core theme within the human factors (HF) research community. Consequently, there have been numerous attempts to develop reliable and valid measures of SA but there is a lack of techniques developed specifically for the assessment of SA in command, control, communication, computers and intelligence (C4i) environments. During the design, development and evaluation of novel systems, technology and procedures, valid and reliable situation awareness measurement techniques are required for the assessment of individual and team SA, in order to determine the improvements (or in some cases decrements) resulting from proposed design and technological interventions. The paper presents a review of existing situation awareness measurement techniques for their suitability for use in the assessment of SA in C4i environments. Seventeen SA measures were evaluated against a set of HF methods criteria. It was concluded that current SA measurement techniques are inadequate by themselves for use in the assessment of SA in C4i environments, and a multiple-measure approach utilising different approaches is recommended.

Using an integrated methods approach to analyse the emergent properties of military command and control

Walker, G.H., Stanton, N.A., Stewart, R., Jenkins, D., Wells, L., Salmon, P., & Baber, C. *Applied Ergonomics*, Vol. 40, No. 4, 2009, pp. 636-647.

This paper applies the event analysis for systemic teamwork (EAST) method to an example of military command and control. EAST offers a way to describe system level emergent properties that arise from the complex interactions of system components (human and technical). These are described using an integrated methods approach and modelled using Task, Social and Propositional networks. The current article is divided into three parts: a brief description of the military command and control context, a brief description of the EAST method, and a more in depth presentation of the analysis outcomes. The emergent properties of the military scenario relate to the degree of system reconfigurability, systems level situational awareness and the role of mediating technology. The findings are compared with similar analyses undertaken in

civilian domains, in which the latest developments in command and control, under the aegis of Network Enabled Capability (NEC), are already in place.

9.7 Artiklar från övriga tidskrifter

Custom work aids for distributed command and control teams: A key enabling highly effective teams

Kuper, S.R., & Guirelli, B.L. *The International C2 Journal*, Vol. 1, No. 2, 2007, pp. 25-42.

This paper presents an approach for designing information technology-based work aids, using a case study approach, to enable high work efficiency and effectiveness (E&E) for a distributed and networked command and control (C2) team. We believe this approach can be utilized to achieve these high-efficiency goals for other C2 teams as well. A common approach to supporting distributed teams is with general purpose collaboration tools (such as chat, whiteboards, file sharing, etc.). Because of the general nature of these tools and because they support only selected aspects of holistic work, the level of work efficiency that can be achieved by these means with teams in the C2 domain is limited. To achieve higher levels of efficiency and effectiveness, we believe holistic, coherent work aiding tailored to the specific work of the team is necessary and can better enable Network Centric Warfare tenets. This paper presents an approach to scoping, analysis, and concept design aimed at achieving those objectives. It also provides an application example of the analysis and design of a demonstration concept developed to support a distributed team of ten different C2 operators geographically distributed between two Air Operations Centers.

Incident command system as a response model within emergency operation centers during hurricane Rita

Lutz, L.D., & Lindell, M.K. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 16, No. 3, 2008, pp. 122-134.

This study examines the degree to which the use of the Incident Command System (ICS) influenced the performance of Texas emergency operations centers (EOCs) during Hurricane Rita. Staff in evacuation, transition, and host county EOCs completed a questionnaire that assessed demographic variables, EOC physical environment, ICS experience, ICS implementation, and team climate. The results indicated that the duties each ICS section performed varied substantially from one EOC to another. Moreover, ICS experience and ICS implementation lacked statistically significant correlations with team climate, even though EOCs' physical environments did. Finally, staff from emergency

relevant agencies (e.g., public works and social services) seemed to have more problems with ICS than did staff from emergency mission agencies (e.g., fire and police departments). Thus, there needs to be further study of ICS application in emergencies other than structural and wildland fires, as well as the development of new ICS training materials for emergency relevant agencies to supplement the current ICS training materials for emergency mission agencies.

The role of cognitive systems engineering in the systems engineering design process

Militello, L.G., Dominguez, C.O., Lintern, G., & Klein, G. *Systems Engineering*, Vol. 13, No. 3, 2010, pp. 261-273.

The article is intended to aid students and consumers of Cognitive Systems Engineering (CSE) in learning about CSE. A proliferation of terms describing CSE and related constructs makes it difficult to sort out differences and similarities across approaches. To aid the reader in exploring CSE, we examine areas of confusion surrounding CSE, define CSE, and discuss the role of CSE in the systems engineering design process. We advocate the use of CSE principles and methods as a means to incorporate worker needs, expertise, cognitive demands, constraints, and goals throughout the design process. Articulation of the value case for CSE is offered as a vehicle to foster collaboration across disciplines.

Beyond interface design: Further applications of cognitive work analysis

Naikar, N. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 36, No. 5, 2006, pp. 423-438.

Cognitive work analysis (CWA) is gaining momentum as an approach for the analysis, design, and evaluation of complex sociotechnical systems. The majority of applications of CWA have focussed on interface design but in this paper we demonstrate that CWA can also be used for a variety of other applications. These applications include the use of CWA to: identify training needs and training-system requirements; evaluate alternative system design proposals; develop team designs; and identify training strategies for managing human error. By discussing how CWA has been employed in these areas for the Australian Department of Defence, this paper demonstrates that CWA can consistently produce feasible and useful outcomes on industry projects for applications other than interface design.

Work-centered support systems: A human-centered approach to intelligent system design

Scott, R., Roth, E.M., Deutsch, S.E., Malchiodi, E., Kazmierczak, T.E., Eggleston, R.G., Kuper, S.R., & Whitaker, R.D. IEEE Intelligent Systems, Vol. 20, No. 2, 2005, pp. 73-81.

The work-centered support system approach to human-centered computing focuses on analyzing and supporting cognitive and collaborative work. The Work-Centered Support System for Global Weather Management, developed to support weather forecasting and monitoring in an airlift service organization, exemplifies this approach. The WCSS-GWM uses software agents embedded in work domain visualizations to support cognitive and decision-making processes, work artifact production, collaboration, and management of the multiple interwoven tasks that characterize work. It demonstrates and extends cognitive-engineering principles for effecting human-software agent interaction and WCSS concepts.

ICTs and the limits of integration: Converging professional routines and ICT support in colocated emergency response control rooms

Soeparman, S., van Duivenboden, H., Wagenaar, P., Groenewegen, P. Information Polity, Vol. 13, No. 3-4, 2008, pp. 195-211.

In this article we have tried to establish how the nature of professional routines affects the ICT supported standardization and scripting of work performed by operators in Dutch colocated emergency response control rooms. In this type of multidisciplinary emergency control room three professions – police, fire rescue services and ambulance services – share the same technical facilities and are housed under the same roof. In the control rooms under study, efforts to create a more integrated control room are accompanied by a pursuit to further script and standardize operator intake and dispatch routines with the help of ICTs. Findings suggest that important impediments to the ICT supported scripting and standardization of operator intake and dispatch routines are not of a Human-Machine Interface (HMI) nature, but can mainly be attributed to differences in the nature of each of the three disciplines' professional routines themselves. These impediments are primarily related to ostensive as well as performative aspects of distinct sets of routines in the colocated control room.

Cooperative advocacy: An approach for integrating diverse perspectives in anomaly response

Watts-Perotti, J., & Woods, D.D. Computer Supported Cooperative Work, Vol. 18, No. 2-3, 2009, pp. 175-198.

This paper contrasts cooperative work in two cases of distributed anomaly response, both from space shuttle mission control, to learn about the factors that make anomaly response robust. In one case (STS-76), flight controllers in mission control recognized an anomaly that began during the ascent phase of a space shuttle mission, analyzed the implications of the failure for mission plans, and made adjustments to plans (the flight ended safely). In this case, a Cooperative Advocacy approach facilitated a process in which diverse perspectives were orchestrated to provide broadening and cross-checks that reduced the risk of premature narrowing. In the second case (the Columbia space shuttle accident—STS-107), mission management treated a debris strike during launch as a side issue rather than a safety of flight concern and was unable to recognize the dangers of this event for the flight which ended in tragedy. In this case, broadening and cross-checks were missing due to fragmentation over the groups involved in the anomaly response process. The comparison of these cases points to critical requirements for designing collaboration over multiple groups in anomaly response situations.

