



Björn Norlin, Gunnel Frenzel-Norlin

Automation och larm i marina system

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT

Ledningssystem
Box 1165
581 11 Linköping

FOI-R--1082--SE

December 2003

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Björn Norlin, Gunnel Frenzel-Norlin

Automation och larm i marina system

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1082--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 8. Människan i totalförsvaret	
	Månad, år December 2003	Projektnummer E 7051
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 81 MSI med fysiologi	
Författare/redaktör Björn Norlin Gunnel Frenzel-Norlin	Projektledare Björn Norlin	
	Godkänd av Martin Rantzer	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Björn Norlin	
Rapportens titel Automation och larm i marina system		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>Hur ett larm ska utformas beror i hög grad på systemets funktion i övrigt och hur man har använt sig av automatik. Denna rapport behandlar hur automatik kan användas för att underlätta operatörens arbete och därmed öka effektiviteten och säkerheten i systemet. Den vetenskapliga bakgrunden till resonemangen redovisas översiktligt. Den snabba tekniska utvecklingen diskuteras liksom olyckor och tillbud beroende på dålig människa-system-anpassning. MANPRINT – en metod för att säkerställa bättre människa-system-integration redan vid projektering och planering beskrivs. Några nyckelbegrepp som tas upp är mental arbetsbelastning, situationsmedvetenhet, systemtilltro samt "human error". För- och nackdelar med automatisering diskuteras. Informationspresentation tas upp som en mycket viktig del av ett automatiserat system. Slutligen diskuteras automatiseringens konsekvenser för personalen.</p> <p>Rekommendationer: Automatisera endast om det leder till dokumenterade systemförbättringar. Skapa genomskinliga system, med tydlig presentation av automatikens åtgärder. Använd adaptiva ("smarta") larmpaneler, där den vid varje tillfälle viktigaste informationen presenteras. Utbilda operatörerna specifikt för arbetet i det automatiserade systemet.</p>		
Nyckelord Automatik, larm, mental arbetsbelastning, situationsmedvetenhet		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 33 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1082--SE	Report type User report
	Programme Areas 8. Human Systems	
	Month year December 2003	Project no. E 7051
	General Research Areas 5. Commissioned Research	
	Subcategories 81 Human Factors and Physiology	
Author/s (editor/s) Björn Norlin Gunnel Frenzel-Norlin	Project manager Björn Norlin	
	Approved by Martin Rantzer	
	Sponsoring agency Swedish Defence Forces	
	Scientifically and technically responsible Björn Norlin	
Report title (In translation) Automation and Alarms in Naval Systems		
Abstract (not more than 200 words) <p>The design of an alarm is highly dependent on overall system function and how automation has been implemented. This report discusses how automation can be used to facilitate operators' performance and thereby increase system effectiveness and safety. The scientific background to the discussion is briefly explained. The fast technological development is discussed as well as accidents and near accidents caused by "clumsy automation". MANPRINT – an approach to systems integration is presented. The key concepts discussed are: mental workload, situation awareness, trust and human error. Pros and cons of automation are discussed. Information display is presented as an important part of automation. Consequences of automation for the personnel are discussed.</p> <p>Recommendations:</p> <p>Use automation only if it results in documented improvements of the system.</p> <p>Create transparent systems, where clear communication about the automation's behaviour is presented.</p> <p>Use adaptive ("smart") alarm displays, where only information most relevant to the situation is presented.</p> <p>Train operators specifically to perform well in the automated system.</p>		
Keywords Automation, alarms, mental workload, situation awareness		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 33 p.	
	Price acc. to pricelist	

INLEDNING.....	5
BAKGRUND.....	6
Den tekniska utvecklingen.....	6
Olyckor och tillbud.....	7
MANPRINT – En lösning i sikte.....	9
NÅGRA GRUNDLÄGGANDE BEGREPP.....	13
Mental arbetsbelastning.....	15
Situationsmedvetenhet.....	17
Systemtilltro.....	19
Felhandlingar.....	20
OPERATÖRENS ROLL I AUTOMATISERADE SYSTEM.....	23
Automatik.....	23
Automatisering.....	24
Presentation.....	26
Personalen.....	29
Sammanfattande rekommendationer.....	31
LITTERATUR.....	32

INLEDNING

Målsättningen för arbetet med den här rapporten har varit att utarbeta rekommendationer för utformningen av larm i marina vapensystem. Arbetsmetodiken har i första hand baserats på en omfattande litteraturgenomgång, men den har kompletterats med studier ombord på marinens fartyg och diskussioner med operatörer i olika befattningar.

Under sammanställningen av materialet stod det ganska tidigt klart att det inte är särskilt meningsfullt att diskutera larm som en isolerad del av systemen. Hur man skall utforma ett larm är i hög grad beroende av hur systemet i övrigt är utformat och framför allt av hur man har använt sig av automatik. I avancerade militära system är det därför mest fruktbart att betrakta larm som en integrerad del av automatiken. Av detta skäl kommer rapporten även att till stora delar behandla hur man lämpligen använder sig av automatik för att på bästa sätt underlätta operatörens arbete och därmed öka effektiviteten och säkerheten i systemet.

Den vetenskapliga bakgrunden till resonemangen redovisas översiktligt och vissa nyckelbegrepp diskuteras.

Rapportens målgrupper är de som är ansvariga för systemutveckling på HKV och FMV samt operativ personal ute på förbanden.

För specialintresserade finns litteraturanvisningar.

BAKGRUND

Den tekniska utvecklingen

Ingen kan undgå att imponeras av de senaste tjugo årens oerhört snabba tekniska utveckling. Detta gäller särskilt på datorsidan, där snabbhet och lagringsmöjligheter gång på gång överträffar vad man något år tidigare trodde var tekniskt möjligt. Till detta kommer att den fysiska storleken och priset hela tiden minskar. För de så kallade slutanvändarna är utvecklingspotentialen enorm. Bara fantasin sätter gränser för den stora hjälp och nytta man kan ha av den nya tekniken.

Alla användare kan dock lätt konstatera att utvecklingen har gått betydligt långsammare när det gäller möjligheterna att på ett enkelt och självklart sätt använda sig av tekniken. Man kan säga att här har de högt ställda förväntningarna inte alls infriats. När det gäller hemdatorer har vissa förbättringar kunnat observeras de sista åren. Huvudprincipen är dock att den dominerande programtillverkaren har tvingat användarna att anpassa sig till och lära sig vissa konventioner, som med tiden känns ”naturliga”. Konkurrenterna tycks inte heller våga frångå dessa konventioner, vilket förmodligen hämmar utvecklingen.

Övrig hemelektronik är ofta onödigt komplicerad och har en rad funktioner som de flesta aldrig kommer att använda. Ofta framstår de få nödvändiga funktionerna inte tillräckligt tydligt utan drunknar bland alla möjligheter. De flesta användarna känner exempelvis inte till sin mobiltelefons alla funktioner och färre än hälften kan programmera sin video för automatisk inspelning utan bruksanvisning.

För användare av hemelektronik orsakar de här bristerna irritation och tidsförlust, men av konkurrensskäl kommer förmodligen förbättringar att ske. Många

tillverkare har i sin reklam börjat använda honnörsuttryck som ”ergonomisk”, ”intuitiv”, ”mänsklig” och ”MMI”. De praktiska resultaten är dock ännu tafatta och ofullgångna. Oftast speglar det så kallade operatörsgränssnittet snarare teknikernas bild av hur produkten fungerar rent tekniskt än användarens bild av hur den skall användas.

Olyckor och tillbud

Problemen med svårskött hemelektronik är allvarliga nog, men i många professionella sammanhang blir liknande problem bokstavligen katastrofala. I facklitteraturen beskrivs och analyseras en rad mycket allvarliga tillbud och olyckor inom bland annat medicin, luftfart, sjöfart, kärnkraft och vägtrafik.

Några spektakulära och välkända svenska fall är den nu tjugo år gamla dialysolyckan i Linköping, flygkraschen med SAS i Gottröra och de båda JAS-haverierna i Linköping och Stockholm. I samtliga fall har man ansett att olyckorna berodde på bristande anpassning mellan människan och det system hon arbetade i. I samtliga fall har människan trots hög utbildning och med full förståelse för sitt ansvar misslyckats därför att systemet har uppfört sig på ett oväntat eller obegripligt vis. I samtliga fall är detta fullständigt oacceptabelt.

Hur kan då sådant ske och kan man göra något åt det?

Inom den civila luftfarten där olyckor och allvarliga tillbud kan leda till ekonomisk ruin har säkerhetstänkandet alltid varit väl utvecklat. Ett långvarigt tvisteämne mellan flygbolagen å ena sidan och piloterna och deras fack å den andra har varit besättningens storlek. Flygindustrin löste detta genom att erbjuda och införa *glass-cockpit* och FMS *Flight Management System*. Långtgående

datorisering och automatisering skulle leda till att man inte längre behövde tre, utan kunde klara sig med två piloter.

För att göra en mycket lång historia kort ledde detta till att en helt ny typ av tillbud och olyckor började uppträda. Gemensamt för dessa var att de inte som oftast tidigare berodde på en räckta små misstag och/eller felbedömningar som tillsammans och under olyckliga omständigheter ledde till ett tillbud eller en olycka. Nej, i de nya systemen började man tala om *Geographical Desorientation*, *Flight Mode Desorientation* och *Controlled Flight Into Terrain*. Ofta var den ursprungliga orsaken en felinmatad siffra eller ett glömt kommatecken. Systemet interagerade inte med piloterna utan utförde stumt vad det blivit instruerat att göra, hur fel detta än var och utan att visa piloterna resultatet.

Nu, när användningen av den nya tekniken har mognat, har man förstått att det krävs att piloten får en mycket tydlig bild av vad automatiken vid varje tillfälle arbetar med, och att han/hon ges tillfälle att när som helst ingripa och rätta till felaktigheter. Man har också förstått att pilotens nya arbetsuppgifter från aktiv flygning till systemövervakning kräver en annan utbildning och en annan attityd till arbetet än tidigare.

Inom det militärindustriella komplexet har, kanske vid sidan av rymdindustrin, användningen av avancerad högteknologi fått sina mest extrema tillämpningar. Den som tror att man i de här komplexa systemen har tagit bättre hand om anpassningen mellan människa och system än i den civila världen blir dock grymt besviken.

MANPRINT – en lösning i sikte

Den militärteknologiska utvecklingen har helt dominerats av USA. Det var också där man först uppmärksammade de problem användningen av högteknologi kan medföra under riktiga krigsförhållanden. Det är också i USA som man har kommit i särklass längst med att göra något åt problemen. Men det har inte varit lätt, och slaget är inte på något sätt slutgiltigt vunnet.

Redan under Vietnamkriget visade sig US Army's satsning på ny teknik leda till oväntade problem. Satsningen hade förväntats *to increase Army capability and readiness* och *to generate greater combat power*. I stället visade det sig att nästan inget system var så effektivt i fält som man hade förväntat sig. De högteknologiska systemen ställde också höga krav på kunskap och skicklighet hos de soldater som använde dem. Dessutom krävde systemen stora resurser för underhåll och logistik.

Rätt snart stod det klart att man inte kunde lösa problemen bara genom att tillföra fler system och mer kvalificerad personal. Under krigsförhållanden skulle det helt enkelt inte kunna vara möjligt att få tag på och utbilda den personal som krävdes. Runt 1980 började man ana att det var vapensystemens komplexitet i sig själv som verkade ligga bakom svårigheterna.

General Accounting Office publicerade två rapporter 1981 och 1985, av vilka det framgick att 50% av alla systemfel berodde på *human error*, och man ansåg att mycket större hänsyn måste tas till frågor som gällde *Manpower, Personnel and Training (MPT)* när man utvecklade nya vapensystem.

På *U.S. Army Research Institute (ARI)* började man 1982 att utveckla en teknik som man kallade *Reverse Engineering*, där man som namnet antyder följde dokumentationen i utvecklingsprojekt baklänges för att hitta kritiska punkter. Man

fann då att om man tidigt i projekten skulle ha tagit hänsyn till *MPT* hade många av problemen i vapensystemen kunnat undvikas.

På *U.S. Army Materiel Command* togs 1982 ett genomgripande initiativ för att förbättra integrationen mellan människa och system: begreppet MANPRINT myntades. Det är en förkortning av *Manpower and Personnel Integration* och är såväl en filosofi som ett handlingsprogram vad gäller management och teknik, som är mycket brett upplagt. Verksamheten började 1986 som ett *Special Assistant Office* på AMC men blev redan 1987 ett *Directorate in the Office of the Deputy Chief of Staff for Personnel (ODCSPER)*.

Under 1991 expanderade MANPRINT och kom att förutom rena vapensystem att innefatta även *Automated Information Systems (AIS)*. Detta skedde efter upprepade klagomål på att *AIS* inte var designade så att de maximerade systemeffekten.

Vad är då MANPRINT? Det beskrivs som ett *comprehensive management and technical program designed to improve total system (leader, unit/soldier, and equipment) performance by focusing on the human requirements for optimal system performance*. Det innefattar sju så kallade domäner:

Personnel Capabilities: De kognitiva och fysiska förmågor som krävs för att utbilda för, operera, underhålla och bevara materiel och informationssystem.

Manpower: Det antal militära och civila personer som behövs eller skall finnas tillgängliga för att operera, underhålla, bevara och bedriva utbildning i systemet.

Training: Den utbildning, operatörs- och förbandsövning som krävs för att erbjuda personalen tillräcklig skicklighet, kunskap, värderingar och attityder.

Human Factors Engineering (HFE): Att integrera människans krav och förmågor i systemdefinition, design, utveckling och utvärdering för att optimera människa-maskinprestanda under operativa förhållanden.

Systems Safety (SS): De designmässiga och operativa egenskaper hos systemet som krävs för att minimera risken för mänskliga eller tekniska misstag och fel som kan orsaka olyckor.

Health Hazards (HH): De designmässiga och operativa egenskaper hos systemet som krävs för att undvika hälsorisker och dödsfall. De viktigaste hälsoriskerna är: starka ljud, kemiska och biologiska substanser, extrema temperaturer och strålningsenergi.

Soldier Survivability (SSv): De egenskaper hos systemet som kan minska risken för bekämpning av egna förband, upptäckt och risk för att bli bekämpad, att minimera skador på systemet och soldater, samt att minimera risken för psykisk och fysisk utmattning.

Den sista domänen har tillkommit efter erfarenheterna av *Operation Desert Storm*, där oavsiktlig bekämpning av egna eller allierade förband (*fratricide*) förekom vid flera tillfällen. I många fall ansågs det bero på olämplig utformning av högteknologiska vapensystem.

Det successiva införandet av MANPRINT har medfört stora fördelar. Betoningen på den totala systemförmågan har lett till synergieffekter för personal, utrustning och organisationer. Dessutom är utrustning som har utvecklats enligt principerna för MANPRINT billigare att bemanna, utbilda i, operera och underhålla.

Sammanfattningsvis anses MANPRINT optimera systemets totala prestanda samtidigt som totalkostnaderna minimeras.

För att en tillverkare över huvud taget skall komma ifråga för en beställning i de stater som har infört MANPRINT, måste man redan på offertstadiet redovisa en plan för hur MANPRINT-programmets krav skall tillgodoses. Under projekterings-, konstruktions- och tillverkningsarbetet bevakar man kontinuerligt att de uppsatta målen nås. Avsikten är att utveckla människa-maskinsystem som fungerar från början, så att man slipper dyrbara modifieringar och förseningar.

Det anses vara mycket viktigt att ansvaret för MANPRINT inte läggs på enskilda experter, utan att det genomsyrar hela organisationen från användare/beställare via företagsledning till alla som arbetar med projektet. Utbildning är väsentlig och det är ledningens ansvar att se till att kompetenser och resurser tillförs projektet i tillräcklig utsträckning. Den tid är förbi när man kunde skylla misslyckanden på enskilda operatörer eller konstruktörer.

Sedan 1996 har *Department of Defense (DoD)* införlivat MANPRINT i alla verksamheter inom sitt ansvarsområde under rubriken *Human Systems Integration*. Samma namn används för verksamheten i Canada och Storbritannien.

Den här rapporten behandlar vissa företeelser inom den fjärde domänen *HFE* och utmynnar i rekommendationer rörande utformning av automatik och larmsystem i militära system.

NÅGRA GRUNDLÄGGANDE BEGREPP

De första försöken att på ett systematiskt sätt förbättra anpassningen mellan människa och maskin gjordes i US Air Force under andra världskriget. Det fanns mycket att göra. Inte ens de primära manöverorganen i flygplanen var standardiserade. I vissa flygplan skulle gasreglaget föras bakåt för full gas och i andra framåt. Att detta orsakade tillbud och haverier när piloterna bytte från en flygplanstyp till en annan är ganska givet.

Från den här tiden härrör sådana åtgärder som att gruppera besläktade instrument tillsammans, vända dem så att normalvärdet alltid pekade uppåt, *Basic T-* placeringen av flyginstrumenten och utformning av reglage så att man kunde känna igen dem med känseln.

Rent allmänt kan man säga att den traditionella ergonomi som sysselsätter sig med stolphöjder, panellutningar och knappar och vred visserligen är viktig, men knappast längre tillhör forskningsfronten. Intresset är nu mer inriktat på psykologiska frågeställningar, där man arbetar med att kartlägga människans prestationsförmåga och begränsningar i moderna, tekniskt ofta mycket komplicerade människa-maskinsystem.

En klassisk frågeställning är vilka uppgifter man skall ge människan och vilka man kan överlåta till maskinen. Tidigt på femtiotalet upprättade man långa listor på vad människan respektive maskinen var bra på (så kallade *Fitts' Lists*) som var avsedda som vägledning för systemutvecklare och konstruktörer. De här listorna har inte särskilt stor betydelse längre. Dels är stora delar av dem numera triviala, dels har utvecklingen inom datorområdet gjort att maskinen kan göra så oändligt mycket mer än tidigare.

En satsning på människan respektive maskinen behöver inte innebära någon egentlig motsättning. Det väsentliga är att tekniken utnyttjas på ett för människan lämpligt sätt. Till stor del handlar det om vilken utgångspunkt eller vilka attityder man har. I ett teknikcentrerat perspektiv utgår man från vad som är lätt eller för den delen roligt att lösa tekniskt och lämnar resten åt människan. Har man ett mer människocentrerat perspektiv utgår man från människans förmågor och begränsningar och använder tekniken för att hjälpa och stötta människan. Det första synsättet leder ofta till en dålig arbetssituation för operatören medan det andra höjer systemets effektivitet och minskar risken för misstag och olyckor.

I det praktiska livet ser man att de flesta system har utvecklats från det teknikcentrerade perspektivet, men mycket dyrköpta erfarenheter har orsakat att det mer människocentrerade perspektivet långsamt börjar få ökat inflytande.

En mycket tydlig utveckling i hela samhället men framför allt i militära system är att den tekniska komplexiteten ökar. Teknisk komplexitet innebär naturligtvis aldrig någon fördel i sig. Man bör alltid sträva efter så enkla system som möjligt. En ökad komplexitet måste alltid ställas i relation till den verkliga ("sanna") ökningen av systemets prestanda. Tyvärr finns det många exempel på att det snarare är en slags teknikfascination eller helt enkelt prestige som avgör vilka systemlösningar man väljer.

Den ökade tekniska komplexiteten och de stora möjligheter som datatekniken medför har flyttat fokus för MSI-forskningen. Den kännetecknas numera av ett starkt intresse för kognitiva funktioner hos människan. Exempel på sådana funktioner är inlärning, minne, problemlösning och beslutsfattande. Många forskare studerar dessutom hur kognitiva funktioner påverkas av stress och arbetsbelastning.

På sista tiden har man börjat studera de mycket komplicerade frågor som berör hur motivation och emotion påverkar operatörers prestation i systemen. Betydelsen av samspelet i operatörsgruppen är ett annat område som får allt större uppmärksamhet.

I fortsättningen av detta avsnitt kommer några nyckelbegrepp inom aktuell MSI-forskning att beskrivas kortfattat. I senare avsnitt kommer konsekvenserna av forskningsresultat för utformning av automatik och larmsystem att behandlas.

Mental arbetsbelastning

Sedan tjugo år tillbaka har frågeställningar kring mental arbetsbelastning (*Mental Workload MWL*) dominerat MSI-forskningen. Ett skäl till detta är att begreppet även om det teoretiskt inte är helt okontroversiellt har en mycket stor praktisk betydelse för utformningen av människa-maskinsystem. Om man inte aktivt och initierat tar hänsyn till mental arbetsbelastning vid konstruktion av komplicerade system, kan man med säkerhet säga att problem förr eller senare kommer att uppstå.

Vad menar man då med mental arbetsbelastning? Under åren lopp har definitionerna varierat en del, men en definition som formulerades redan 1982 av en av områdets främsta forskare Sandra G. Hart står sig bra fortfarande:

”Mental arbetsbelastning är en subjektiv upplevelse orsakad av yttre och inre faktorer, till exempel motivation, förmåga, förväntningar, träning, tidspress, stress, trötthet, arbetsuppgifternas antal, typ och svårighetsgrad, den ansträngning man lägger ned och hur väl man lyckas lösa arbetsuppgifterna”.

Många teorier förekommer. De flesta har dock det gemensamt att man intresserar sig för den grad av psykisk ansträngning som krävs för att lösa en viss uppgift. Denna ansträngning behöver inte alls framgå av prestationen. En operatör kan lösa en arbetsuppgift med synbarligen lika gott resultat i två olika systemlösningar, trots att han/hon i den ena bara behöver anstränga sig till 40% av sin maximala förmåga och i den andra kanske måste anstränga sig till 90%.

Den väsentliga skillnaden mellan de båda systemlösningarna är att operatören i den första har mycket större möjligheter att klara av en oväntad eller kritisk situation än i den andra. Man brukar säga att han/hon har en större reservkapacitet i det första systemet.

Graden av reservkapacitet när man utför en arbetsuppgift varierar också mellan olika individer, främst beroende på skillnader i utbildning och erfarenhet. I militära system har mer basala individuella skillnader i sådant som begåvning och stresstolerans mindre betydelse, eftersom medlemmarna i en operatörsgrupp har valts ut i så många steg att skillnaderna mellan dem är relativt små. Man skall dock ha klart för sig att en individs reservkapacitet varierar från ett tillfälle till ett annat. Faktorer som stress, trötthet och rädsla kan ha ett mycket stort inflytande.

Mental arbetsbelastning mäts huvudsakligen på tre olika sätt:

Fysiologiska mått. Exempel på sådana mått är puls, blodtryck, pupillförändringar, förändringar i hudens elektriska motstånd och EEG. Den här typen av mått kan te sig avancerade, vetenskapliga och objektiva. En allvarlig invändning mot metoderna är dock att deras samband med mental arbetsbelastning inte är helt klarlagda. Andra invändningar är rent tekniska mätproblem samt att kroppens fysiologiska jämviktssystem (homeostas) interfererar med måtten.

Sekundäruppgiftsmetoden. Denna bygger på att man tillför en ny uppgift som skall utföras samtidigt som den primära arbetsuppgiften. Avsikten är att mäta reservkapaciteten och därigenom få ett mått på den mentala arbetsbelastningen. Ju bättre sekundäruppgiften utförs, desto större anses reservkapaciteten vara. Det kan ibland vara svårt att hitta någorlunda relevanta sekundäruppgifter, som inte i sig påverkar eller stör den primära arbetsuppgiften.

Subjektiva skattningar. Detta innebär att operatören, oftast i efterhand, får skatta olika dimensioner av den upplevda mentala arbetsbelastningen. Flera olika skalor och formulär finns utarbetade. Fördelarna med skattningar är att det är lätt att samla in data, man påverkar inte primäruppgiften och kraven på utrustning är små. Nackdelarna är vissa teoretiska och psykometriska problem, som ännu inte har lösts helt tillfredställande. Rent praktiskt är dock metoderna helt användbara.

Situationsmedvetenhet

Begreppet situationsmedvetenhet (*Situation Awareness, SA*) började ursprungligen användas i samband med flyg, men har blivit allt mer aktuellt i takt med att andra komplexa dynamiska system har vuxit fram. Nu används begreppet inom kärnkraftsindustrin, vid flygledning, i trafiksammanhang, inom medicinen, i processindustrin och i avancerad tillverkningsindustri.

En ofta använd definition formulerad 1988 av den framstående *SA*-forskaren Mica R. Endsley lyder i fri översättning: ”Perceptionen av elementen i omgivningen inom en volym av tid och rum, förståelsen av deras mening och möjligheten att förutsäga deras status i en nära framtid”.

Skälet till att man ansåg sig behöva ett mått på situationsmedvetenheten var att man mycket snart upptäckte att stora komplexa system med långt driven automatisering ledde till att operatörerna verkade förlora överblicken och gjorde oväntade misstag.

Ett stort problem med tidiga automatiserade system var att de gav väldigt lite *feedback* till operatören, vilket gjorde det mycket svårt för honom/henne att ingripa och göra rätt saker vid eventuella fel. Ett särskilt problem var att automatiken i sig gav operatören färre tillfällen att öva sig i att använda systemet manuellt, i den mån detta över huvud taget var möjligt.

Man brukar dela in *SA* i tre nivåer

Level 1 SA: Uppleva kritiska faktorer i omgivningen.

Level 2 SA: Förstå vad dessa faktorer betyder, särskilt när de relateras till personens mål.

Level 3 SA: Förstå vad som kommer att hända med systemet i en nära framtid.

Resonemangen kring mentala modeller är intimt knutna till begreppet situationsmedvetenhet. Sådana modeller utgör en slags inre representation eller föreställningsvärld, som utgör operatörens uppfattning om hur systemet fungerar och vad det befinner sig i för tillstånd. I senare avsnitt diskuteras hur systemutformning kan påverka operatörers mentala modeller och situationsmedvetenhet.

Det vanligaste sättet att mäta *SA* är att i en simulator slumpmässigt och oväntat ”frysa” förloppet och ställa frågor om olika nyckelfaktorers tillstånd. Tekniken

kallas *Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT)*. Man har också använt subjektiva skattningar eller *debriefing*. Risken är då dock stor att minnet spelar en allt för stor roll för resultatet.

Systemtilltro

Systemtilltro (*Trust*) är ett begrepp som har börjat användas allt oftare på senare år. Även om betydelsen är oklar är begreppet förstås intimt knutet till såväl mental arbetsbelastning som situationsmedvetenhet. Systemtilltro har ibland verkat ihop med om man känner igen sig från andra besläktade system, ibland om det är begripligt och ibland om systemet visar sina avsikter tillräckligt tydligt. Den rimligaste användningen av begreppet bör nog vara: Den bedömda pålitligheten hos systemet.

I ett senare avsnitt diskuteras hur operatörens tilltro till systemet påverkar hans/hennes sätt att använda det.

De försök som på senare år har gjorts att direkt påverka operatörers systemtilltro, frikopplat från systemets verkliga funktion och pålitlighet, faller utanför ramen för den här framställningen. Det bör dock påpekas att den sortens verksamhet inte har någonting med MSI-forskning att göra.

Felhandlingar

Felhandlingar (*Human Error*) är ett av de mest missbrukade och vilseledande begreppen i MSI-sammanhang. På svenska har man i decennier använt uttrycket ”Den Mänskliga Faktorn” närmast som ett skällsord. I de fall man inte har kunnat fastställa att ett tillbud eller en olycka beror på ett tekniskt fel har orsaken sagts vara den mänskliga faktorn. Begreppet innefattar både skuld och förakt. Det implicerar att operatören inte har ansträngt sig tillräckligt eller att han/hon varit medvetet vårdslös. För övrigt är människor notoriskt opålitliga, känslostyrda, impulsiva, fega, dumdriftiga, omdömeslösa, hänsynslösa, dumma – kort sagt omöjliga att använda i komplexa system.

I själva verket vet alla innerst inne att människan i de flesta fall är helt oersättlig i systemen. Det finns inga helautomatiska system. Förr eller senare måste de kontrolleras, justeras eller lagas av just en människa. Den springande punkten är att systemen måste konstrueras så att människan ges förutsättningar att använda dem på ett effektivt och säkert sätt. De måste konstrueras så att felhandlingar undviks.

I de allra flesta fall är det fel att ge operatören hela skulden för att en felhandling inträffar. Ofta har felhandlingen sina rötter mycket tidigt i projekterings-konstruktions-produktionskedjan. Många system som används i dag är konstruerade så att man med ganska elementära insikter i människans förmågor och begränsningar med säkerhet kan säga att en felhandling förr eller senare kommer att inträffa.

Att operatören trots detta i allmänhet får skulden för inträffade tillbud och olyckor har juridiska, ekonomiska och moraliska orsaker. Inte vetenskapliga. Detta medför

en stor risk för att de verkliga djupliggande skälen aldrig kommer fram. Saken är ju klar. Orsaken fastställd – den mänskliga faktorn. Den felande kan bestraffas.

För MSI-forskningen börjar problematiken med felhandlingen. Visst, operatören gjorde fel, men varför det? Ytterst få individer riskerar medvetet sina egna eller andras liv och hälsa. Problemet är att konstruera system som gör operatören medveten om riskerna och ger henne/honom goda möjligheter att påverka utfallet.

Ett första steg är att analysera vad en felhandling är. Redan när man skall definiera begreppet fel uppstår svårigheter. Rätt – fel är oftare ett kontinuum än en dikotomi.

Det som är rätt för en människa är fel för en annan. Det som är rätt i en viss situation är fel i en annan. Nationalitet, religion, kultur, ålder, tidsanda och moral avgör vad som är rätt eller fel. Även en arbetsuppgift kan som regel utföras på en rad olika vis. Om den görs på ett nytt sätt, är det fel eller kreativt? Har man gjort fel om det man gör kan få oönskade konsekvenser? Har man i så fall gjort rätt om konsekvenserna uteblir? Är resultatet av inläring att man gör allt färre fel? Är det mänskligt att fela?

Litteraturen som behandlar *Human Error* är mycket omfattande och även om man har haft svårt att enas om en definition av begreppet fel så kan man försöka reda ut om det finns några gemensamma drag hos det man brukar kalla fel och vad de kan ha för orsaker.

För det första skall man ha klart för sig att alla människor gör små fel hela tiden. Man hör fel, man ser fel, man glömmer, lägger inte märke till, säger fel, fattar fel beslut i triviala sammanhang och missuppfattar. Om en handling görs på grund av

felaktiga premisser talar man om ett misstag och om den inte får de avsedda konsekvenserna kallar man det ett misslyckande.

Många forskare menar att ”orsaken” till en olycka är en eftertionalisering och utgör bara sista länken i en hel kedja av ”*latent errors*” eller ”*normal accidents*”.

Den vanligaste orsaken till att misstag begås i komplexa system är brist på återkoppling (*feedback*). Operatören får för litet eller otydlig information om systemets status. Det är också vanligt att systemet befinner sig i en annan mod än operatören tror. Brist på återkoppling leder till försämrade situationsmedvetenhet med ökad risk för felhandlingar som följd.

Ibland används uttrycket negativ transfer. Med det menas att erfarenheter från en liknande situation negativt påverkar ens handlande i den situation man just befinner sig i. Alla känner igen fenomenet som kan drabba vem som helst när man till exempel skall sätta på vindrutetorkarna eller ljuset i en okänd hyrbil.

En annan vanlig orsak till felhandlingar är psykisk stress. I ett sådant tillstånd minskar uppmärksamhetens vidd (tunnelseende) så att signaler som man annars skulle lagt märke till missas.

Alkohol, narkotika, sömnbrist och emotionella reaktioner som ilska eller rädsla påverkar nervsystemet negativt och ökar risken för felhandlingar.

Den ganska mörka bild som har målats upp i det här avsnittet kommer förhoppningsvis att ljusna i nästa, som behandlar vad man kan göra för att utveckla system som utsätter operatören för låg mental arbetsbelastning, erbjuder bra situationsmedvetenhet, hög systemtilltro och liten risk för felhandlingar.

OPERATÖRENS ROLL I AUTOMATISERADE SYSTEM

Automatik

Med automatik avses i det här sammanhanget anordningar som helt eller delvis tar över arbetsuppgifter, som annars skulle ha utförts av människan. Någon entydig och allmängiltig definition går inte att ge, eftersom begreppet automatik egentligen utgör ett kontinuum från mycket enkla hjälpmedel (t. ex. termostat) till avancerade hjälpmedel som ibland helt ersätter människan (t. ex. autopilot). I praktiska sammanhang får man bestämma vid vilken nivå man skall börja tala om automatik genom att välja en godtycklig punkt på kontinuet.

Begreppet automatisering har allt mer kommit att bli synonymt med datorisering. Som tidigare har påpekats har utvecklingen, när det gäller att göra datorsystem användarvänliga, inte varit lika imponerade som utvecklingen inom mikroelektroniken. Många datorsystem är så svåra att hantera effektivt att de kräver operatörer med djupgående kunskaper och långvarig träning.

I många militära system som har datoriserats/automatiserats finns det betydande brister, när det gäller presentation och manövrering. Detta medför att det kan vara svårt för operatören att kontinuerligt följa systemprocessen och att påverka systemet vid felfunktion eller ändringar.

Den snabbt ökade användningen av datorer i kombination med svårigheterna att utveckla användarvänlig mjukvara har lett till att interaktionen mellan människa och system är det verkligt stora problemet i såväl befintliga som framtida system. Eller annorlunda uttryckt: utformningen av operatörsgränssytor kommer att bli helt avgörande för hur man i framtiden skall kunna tillgodogöra sig den snabba utvecklingen på hårdvarusidan.

Automatisering

Att automatisera ett system är i regel en åtgärd som drastiskt ökar den tekniska komplexiteten. En ökning av den tekniska komplexiteten medför nästan alltid en minskning av tillförlitligheten och ökade svårigheter att underhålla och reparera system med enkel utrustning och utan experthjälp. Det är därför av största vikt för militära systems uthållighet och säkerhet att de är så tekniskt enkla som möjligt.

Det finns i huvudsak fyra rimliga skäl att införa automatik, nämligen om automatiken leder till:

- Ökad effektivitet (precision/snabbhet)
- Ökad säkerhet
- Minskad arbetsbelastning (mental och fysisk)
- Förbättrad ekonomi

Om man inte klart kan påvisa eller har mycket goda skäl att anta att en automatisering leder till påtagliga förbättringar i ett eller flera av dessa avseenden, bör man avstå från att införa automatik.

Tyvärr ser man ofta exempel på att automatik har införts främst för att det har blivit tekniskt eller ekonomiskt möjligt. Detta har inte sällan lett till att operatören har fått de arbetsuppgifter som har ”blivit över”, uppgifter som ofta inte är särskilt operatörsvänliga. Man bör i stället sträva efter att optimera systemet så att olika delar harmonierar väl med varandra. Det är till exempel inte försvarbart att införa automatik för att öka snabbhet och precision i en viss del av systemet, om detta inte kan tas tillvara i andra delar av systemet.

Det fjärde skälet att införa automatik: förbättrad ekonomi, kan vara förrädisk. Ett dyrt och komplicerat system kan i längden visa sig vara billigare än ett enkelt, eftersom det är mindre personalkrävande. En ständig strävan i den svenska marinen är ju att minska fartygsbesättningarnas storlek. Särskilt i militära system skall man nog vara försiktig med resonemang av det slaget. Risken är stor att man blir helt beroende av att tekniken fungerar i alla lägen, eftersom man har en så liten besättning att förutsättningarna saknas för att operera systemet manuellt.

De ovanstående fyra skälen att införa automatik är alla formulerade i kvantitativa termer. Det är också på det viset man vanligtvis argumenterar för automatiken. Den skall minska arbetsbelastning, öka säkerheten och göra systemet billigare att operera. För operatören är dock de kvalitativa förändringarna i arbetssituationen väl så viktiga. Ofta får operatören en helt ny roll i ett automatiserat system, från aktivt deltagande till passiv övervakning. Arbetsuppgifterna kan ändra karaktär från att lösa små problem i realtid till att göra förutsägelser om vad som kommer att hända med systemet i framtiden.

De här kvalitativa förändringarna i arbetsuppgifterna förändrar hela operatörsrollen och har konsekvenser för urval, utbildning och träning i den nya arbetssituationen. Inom civilflyget tog det lång tid att inse detta efter att man infört det tidigare nämnda FMS (*Flight Management System*). Priset blev också mycket högt både materiellt och i människoliv.

För en operatör är det mycket påtagligt att ett avancerat automatiskt system har ett beteende. I sämsta fall helt på egen hand och utan att meddela sina avsikter - i bästa fall som en samarbetspartner. Man brukar tala om att systemen är starka i bemärkelsen att de kan utföra avancerade uppgifter ofta under lång tid. De är också autonoma i den meningen att de kan utföra sina uppgifter helt utan att

operatören behöver ingripa. I många fall har systemen också auktoritet på så vis att de kan övervaka operatörens handlande och ibland till och med ta över om systemet är på väg in i ett oönskat eller farligt tillstånd.

Alla de här egenskaperna hos komplexa automatiska system medför såväl för- som nackdelar. Tidiga system hade också den obehagliga egenskapen att de var tysta. Med det menar man att de gav ytterst sparsam information om vad de gjorde och vart de var på väg. Man började tala om *Automation Surprises*, det vill säga att systemet gjorde helt oväntade saker beroende på att systemet och operatören inte kunde kommunicera på ett tillfredsställande vis.

Presentation

En absolut förutsättning för att ett automatiserat system skall kunna användas på ett effektivt och säkert sätt är att det kommunicerar klart och tydligt med operatören. Detta kräver mycket planering och tankemöda.

Det vanligaste felet i komplicerade system är att för mycket data presenteras på en gång. En noggrann uppgiftsanalys skall ligga till grund för vilken information operatören behöver i varje enskild fas av ett uppdrag. Denna information och ingen annan skall presenteras. Däremot skall operatören kunna ta fram annan information om han/hon så önskar.

En omfattande forskning visar att vi använder betydligt mindre information än vi själva tror, när vi fattar ett beslut. Det är därför viktigt att reda ut vilken information som verkligen behövs. Tyvärr kompliceras situationen av att personer på olika utbildningsnivå kan behöva olika mycket information. Därför måste presentationen vara flexibel.

Ett exempel på hur svårt det kan vara att prova ut hur mycket information som är lagom mycket är, att operatörers syn på larmsystem ofta varierar med yrkeserfarenheten. En oerfaren operatör har ofta stor hjälp av larmsystemet, trots att falsklarm förekommer. En erfaren operatör däremot låter sällan systemet närma sig det tillstånd, när ett larm vore befogat. Eftersom falsklarmfrekvensen är oförändrad anser den erfarna operatören att systemet är värdelöst. ”Det ger ju bara falsklarm”.

Hur informationen skall presenteras är en mycket komplicerad fråga, som bara kan beröras ytligt i den här framställningen. En viktig sida av saken är skillnaden mellan tillgänglighet och observerbarhet. En tillgänglig information finns någonstans i systemet att ta fram för den som vet var den skall leta. En observerbar information gör sig påmind när den behövs.

Av utrymmesskäl kan man oftast inte presentera all nödvändig information på en gång, utan tvingas dela upp den i flera moder. Ett stort antal tillbud och olyckor har berott på att operatören har trott sig vara i en annan mod än den verkliga. Därför ställs det stora krav på att alla moder är logiskt utformade och att det tydligt framgår vilken mod som är aktuell. Den vanliga tekniken att låta samma tangenter ha olika funktioner i olika moder medför stora risker för förväxlingar och misstag.

Ett effektivt sätt är ofta att integrera information från flera källor och presentera den grafiskt. Det är då viktigt att presentationen stämmer överens med operatörens mentala modell av systemets funktion.

Ett annat bra sätt är att använda så kallad mimik. En mimik är en förenklad bild av systemet (ungefär på blockschemanivå), där operatören kan påverka systemet

genom att peka direkt i bilden. Den här typen av presentation passar ofta bra som larmpanel, eftersom man lätt kan se var i systemet ett fel har uppstått.

Adaptiva displayformat används för att anpassa presentationen till vad som är lämpligt för tillfället. I ett pressat läge kan till exempel mindre betydelsefulla larm undertryckas. Logiken kan också leta fram det ursprungliga felet och låta bli att presentera felfunktioner som är en direkt följd av det ursprungliga. Operatören kan vid behov ta fram ytterligare information och förslag till åtgärder.

På senare år har man försökt skapa så kallade ekologiska displayer. Avsikten är att skapa en presentation som i en djupare mening stämmer överens med operatörens kognitiva karta av systemet så att den kan förstås på ett ”intuitivt” eller ”naturligt” sätt.

Man försöker också att använda animationer och virtuell verklighet för att visa prediktioner i tid och rum av vad som kommer att hända i systemet. Även här provar man enkla symboler och mönster som kan förstås på ett ”naturligt” vis.

När det gäller rena larmfunktioner går man allt mer ifrån den klassiska typen, där ett larm utlöses när en parameter har nått ett kritiskt värde. I stället utnyttjar man så kallade *trend warnings*, där man använder den hastighet med vilken en förändring sker som en slags simulering av att systemet är på väg mot ett oönskat tillstånd.

Ytterligare en typ av presentation utgör så kallade smarta checklistor. I sådana listor kontrollerar systemet att de olika åtgärderna vidtas och bockar då av dem på listan. Om en åtgärd inte utförs påminns operatören om detta.

Oavsett vilken typ av presentation man använder är det viktigt att man använder symboler, färger, ikoner och symboler för till exempel ökning eller minskning, som stämmer överens de invanda stereotypier som allmänt förekommer i samhället. En ökning skall till exempel gå åt höger, uppåt eller medsols.

Personalen

Det vanligaste tillvägagångssättet när man automatiserar ett komplext system är att man låter operatörerna i det ”gamla” systemet flytta över till det nya utan någon speciellt omfattande utbildning eller träning. Detta kan visa sig vara förödande, eftersom arbetssituationen ofta blir radikalt förändrad.

Som regel består den förändringen i att åtminstone delar av arbetet, där operatören tidigare aktivt har påverkat systemet, ersätts med en mer passiv övervakning med krav på snabba och korrekta ingripanden, när det behövs. I det här sammanhanget har begreppet ”uppvärmningstid” diskuterats mycket. Vad man avser är hur lång tid det tar efter att ett fel har upptäckts tills operatören kan ta över kontrollen av systemet på ett tillfredställande sätt.

Vid en driftstörning kan det dröja en tid innan operatören upptäcker att något har inträffat. Chanserna att klara av att plötsligt överta kontrollen manuellt är troligen sämre i ett sådant fall än vid kontinuerlig manuell kontroll.

En ytterligare komplikation i högautomatiserade system kan vara, att operatören får för litet träning i att sköta systemet manuellt. Då kan en driftstörning medföra stora problem, även om man har planerat ett reservförfarande som fungerar då rutinerade operatörer använder det. Det förekommer faktiskt system där

möjligheterna att klara av att använda systemet då automatiken inte fungerar är små, ibland helt obefintliga.

I system där felfunktioner medför risker för personal och materiel är det därför viktigt att man utarbetar väl fungerande reservförfaranden och ger operatörerna tillräcklig träning för att kunna använda dessa på ett säkert sätt.

Man har ägnat en hel del uppmärksamhet åt hur automatikens tillförlitlighet påverkar operatörers attityd till systemet, och därmed hans eller hennes sätt att fungera i detta.

Ett otillförlitligt system medför att operatörens arbetsbelastning (både mental och fysisk) ökar genom ständig övervakning och täta ingripanden. Operatören får då en alltmer negativ attityd till automatiken. Det händer i sådana fall att operatören försöker gå förbi eller komma runt automatiken, vilket kan medföra andra nackdelar och risker.

Mycket tillförlitliga system kan å andra sidan leda till att operatörens förtroende för att systemet skall fungera är så stort, att sällsynta fel inte upptäcks. Det har faktiskt hänt att operatörer har litat mer på systemet än sig själva och ignorerat indikationer på att något inte fungerar. Allvarliga tillbud och haverier har förekommit inom civilflyget beroende på besättningens övertro på automatiken.

I samband med operatörens attityd till systemet bör man komma ihåg att automatisering kan ha viktiga psykosociala konsekvenser. En olämplig automatisering kan allvarligt försämra operatörens arbetstillfredsställelse och därigenom påverka hans/hennes sätt att fungera i arbetet.

Arbetsuppgifter som upplevs som okvalificerade, monotona och tråkiga påverkar operatörens självkänsla och hans/hennes prestige hos arbetskamrater. I sådana fall kan man naturligtvis få svårigheter att rekrytera, utbilda och behålla så kvalificerade personer som egentligen krävs, nämligen sådana som har förutsättningar och motivation att lära sig att även manuellt hantera ett komplicerat system vid de sällsynta tillfällen då detta behövs.

Sammanfattande rekommendationer

Automatisera endast om det leder till dokumenterade systemförbättringar.

Skapa genomskinliga system, med tydlig presentation av automatikens åtgärder.

Använd adaptiva ("smarta") larmpaneler, där den vid varje tillfälle viktigaste informationen presenteras.

Utbilda operatörerna specifikt för arbetet i det automatiserade systemet.

LITTERATUR

- Booher, H. R. (1990). *MANPRINT: An approach to systems integration*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Booher, H. R. (Ed.). (2003). *Handbook of human systems integration*. Europe: Wiley.
- Breznitz, S. (1983). *Cry Wolf: The psychology of false alarms*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Casey, S. (1993). *Set phasers on stun and other true tales of design, technology, and human error*. Santa Barbara, CA: Aegean.
- Dekker, S., & Hollnagel, E. (1999). *Coping with computers in the cockpit*. Aldershot, England: Ashgate.
- Endsley, M. R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (pp. 97-101). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Hancock, P. A., & Desmond, P.A. (Eds.). (2001). *Stress, workload and fatigue*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hancock, P. A., & Meshkati, N. (Eds.). (1988). *Human mental workload*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Kirwan, B., & Ainsworth, L. K. (1992). *A guide to task analysis*. London: Taylor & Francis.
- Parasuraman, R., & Mouloua, M. (Eds.). (1996). *Automation and human performance: Theories and applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Perrow, C. P. (1984). *Normal accidents*. New York: Basic Books.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Sage, A. P., & Rouse, W. B. (Eds.). (1999). *Handbook of systems engineering and management*. New York: Wiley.

Scerbo, M. W., & Mouloua, M. (Eds.). (1999). *Automation technology and human performance: Current research and trends*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Sender, J. W., & Moray, N. P. (1991). *Human error: Cause, prediction and reduction*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Sheridan, T. B. (2002). *Humans and automation: System design and research issues*. Santa Monica, CA: Wiley.

Stanton, N. (Ed.). (1994). *Human factors in alarm design*. London: Taylor & Francis.