



LUNDS UNIVERSITET
Trafikflyghögskolan

Threat and Error Management

en modell för säker flygning

Författare: Jimisola Laursen
Kurs: TFHS 07:1
Handledare: Nicklas Dahlström
Datum: 28 september 2008

Examensarbete
Trafikflyghögskolan, Ljungbyhed
Lunds Universitet

Sammanfattning

Threat and Error Management (TEM) har framförts som en modell för att förstå, förklara och utbilda i hur olika flygsäkerhetsrisker uppkommer och kan hanteras för att uppnå en ökad flygsäkerhet. Den bygger till stor del på den tidigare utvecklade modellen för övervakning av operationell flygverksamhet, Line Operations Safety Audit (LOSA). Information har insamlats med hjälp av litteraturstudier, intervjuer, epost och publika forum. De som intervjuats är personal vid flygbolag, CRM-instruktörer samt andra som aktivt arbetar med TEM eller till TEM kopplade frågor. LOSA och TEM har påverkat både flygindustrin och regelverk avseende övervakning av operationell verksamhet och utbildning. Idag är TEM-modellen en ICAO-standard och LOSA en *industry best practise*. TEM-modellen är ett säkerhetskoncept, som fokuserar på den operationella miljön och människorna i denna miljö, för att beskriva prestation från människa och system i en normal operationell komplex miljö. Fördelarna med TEM och dess modell är bl a att den är enkel att förstå och kan fungera som utgångspunkt. Den belyser även vetskapen om att piloter begår fel och att det är viktigt att undvika och hantera dessa. Nackdelarna är bl a att modellen är en förenkling vilket riskerar att komplexiteten i den operationella miljön går förlorad. Även om LOSA och TEM har stort stöd av ICAO och delar av branschen så är det viktigt att branschen enas kring vad TEM är och inte är samt dess relation till CRM. Här kanske det blir nödvändigt att fokusera användning av TEM till ett par områden som den lämpar sig särskilt bra inom.

Innehåll

Figurer	2
Tabeller	2
Förord	3
1 Inledning	5
1.1 Syfte	5
1.2 Avgränsningar	5
1.3 Metod	5
1.4 Uppsatsens disposition	5
2 Line Operations Safety Audit (LOSA) — bakgrund	6
2.1 Ramverket och verktyget	6
2.2 Kort historik samt erfarenheter	7
2.3 Rapporten	8
2.4 LOSA Archive ("Archie")	8
3 Threat and Error Management (TEM) — modellen	9
3.1 Koncept, modell och komponenter	9
3.2 Kort historik samt erfarenheter	10
3.3 Hot	10
3.4 Fel	11
3.5 Önskade flygplanstillstånd	13
4 Resultat och diskussion	14
4.1 TEM	14
4.2 LOSA	17
5 Slutsats	18
Appendix	19
A Akronymmer och förkortningar	19
B Inlägg i Neil Krey's CRM Developers Forum	20
Referenser	21
Intervjuer	22
Fortsatt läsning	22

Figurer

1	Rollen för LOSA	6
2	Schematisk översikt av TEM-modellen (University of Texas)	15
3	Schematisk översikt av TEM-modellen (ICAO)	16
4	Schematisk översikt av TEM-modellen (alternativ använt av internationellt välkänt flygbolag)	16
5	Schematisk översikt av TEM-modellen (författarens)	16

Tabeller

1	Typer av hot samt exempel	11
2	Typer av fel samt exempel	12
3	Typer av oönskade flygplanstillstånd samt exempel	13

Förord

Denna uppsats utgör en fempoängsuppsats inom Human Factors vid Trafikflygarprogrammet (80 poäng), Trafikflyghögskolan vid Lunds universitet.

Tack till min handledare, Nicklas Dahlström. Din kunskap och handledning har varit ovärderlig.

Avslutningsvis, tack till Donald E. Knuth och L^AT_EX för layouten av denna rapport.

"Murphy was an optimist."

O'Tooles lag

1 Inledning

Den centrala roll som Human Factors har intagit i flygsäkerhetsfrågor har under senare år inneburit ett ökat fokus på Cockpit/Crew/Company Resource Management (CRM) och i synnerhet på hur kunskap och utbildning inom CRM kan vidareutvecklas. TEM är ett relativt nytt begrepp som marknad och myndighet nu behöver mer kunskap om för att kunna hantera det i utbildning, praktik och vid tillsyn. Detta har bl a manifesterats genom Luftfartsstyrelsens intresse i Threat and Error Management (TEM) (Dahlström, Bergström och Laursen, 2008). Flera flygbolag har delvis anpassat sina CRM-utbildningar och andra aspekter av sin verksamhet till TEM, t ex avseende checklistor och manualer. ICAO har tagit fram riktlinjer som avser göra utbildning i TEM obligatorisk för operativ verksamhet och TEM finns som en integrerad del i den nya Multi-Crew Pilot License (MPL).

TEM har framförts som en modell för att förstå, förklara och utbilda i hur olika flygsäkerhetsrisker uppkommer och kan hanteras för att uppnå en ökad flygsäkerhet (Ashleigh & Klinec, 2006; Maurino, 2005). Modellen är utvecklad vid University of Texas Human Factors Research Project och bygger till stor del på den tidigare utvecklade modellen för övervakning av operationell flygverksamhet, Line Operations Safety Audit (LOSA) (Ashleigh & Klinec, 2006). LOSA och TEM har påverkat både flygindustrin och regelverk avseende övervakning av operationell verksamhet och utbildning.

1.1 Syfte

Att samla in och sammanställa kunskap om TEM samt andra till detta koncept nära kopplade företeelser såsom LOSA avseende utvecklingen fram till idag, vad TEM är idag och om hur utvecklingen kan se ut framöver. Målgruppen är personer som arbetar aktivt inom operationell flygverksamhet.

1.2 Avgränsningar

Uppsatsen behandlar TEM endast ur ett cockpitperspektiv och tar inte upp modellen från ett kabin- eller tekniskt underhållsperspektiv.

1.3 Metod

Information har insamlats m h a litteraturstudier, intervjuer, epost och publika forum. De som intervjuats är personal vid flygbolag, CRM-instruktörer samt andra som aktivt arbetar med TEM eller till TEM kopplade frågor.

1.4 Uppsatsens disposition

Uppsatsen är disponerad enligt följande:

Avsnitt 1 Inledning innehåller syfte, avgränsningar och metod.

Avsnitt 2 LOSA innehåller introduktion till LOSA.

Avsnitt 3 TEM innehåller introduktion till TEM.

Avsnitt 4 Resultat och diskussion innehåller resultat från litteratur, intervjuer och andra kontakter (e-mail, forum o s v) samt diskussion.

Avsnitt 5 Slutsats innehåller slutsats utifrån resultat och diskussion.

2 Line Operations Safety Audit (LOSA) — bakgrund

Line Operations Safety Audit (LOSA) är en metod att föregripa risker inom flygoperativ verksamhet genom att den försöker identifiera dessa innan de resulterar i rapporter från incidenter eller andra säkerhetsrelaterade händelser i verksamheten. Metoden samlar systematiskt in data (i form av hot och fel som riskerar att påverka flygsäkerheten) från normal operativ verksamhet som inte kommer fram genom andra informationskällor från denna verksamhet, flygträning eller kontroller av verksamheten. Metoden bygger på att dessa informationskällor inte rättvisande återspeglar den dagliga operativa verksamheten utan att det alltid finns skillnader mellan hur den operativa verksamheten är avsedd att vara och hur den faktiskt är i verkligheten. Detta kan illustreras med följande figur:



Figur 1: Rollen för LOSA

Även om regler, procedurer och rutiner är avsedda att styra den operativa verksamheten kommer det alltid att finnas situationer som inte täcks av dessa samt en vilja hos både besättning och organisation att genomföra verksamheten även om det uppstår svårigheter. Detta kan resultera i avvikelser från regler, procedurer och rutiner som kan innebära risker men också som i vissa fall kan vara effektiva och säkra sätt att anpassa verksamheten till ändrade omständigheter eller nya situationer. I samband med rapportering, flygträning eller till exempel Operators Proficiency Check (OPC) kan sådana avvikelser eller anpassningar komma fram. OPC är en kontrollsituation och sannolikheten att risker kommer fram vid sådana är liten då piloter tenderar att skärpa sig. Även om information om avvikelser kan komma fram i rapportering eller under flygträning kommer den i de flesta fall att bestå av enstaka fall. Det kan därför vara svårt att motivera förändringar av den operativa verksamheten med utgångspunkt från sådan information.

2.1 Ramverket och verktyget

LOSA är ett frivillig proaktivt verktyg, byggt och baserat på insamlade data, utvecklat av *University of Texas Human Factors Research Project (UTHFRP)*. Genom att skapa en ögonblicksbild av styrkor och svagheter i den dagliga operationella verksamheten kan motmedel utvecklas för hot och fel som sker på grund av system och besättning. Den noterar primärt hur besättningar hanterar externa hot, sina egna fel och flygplansavvikelser samt var dessa har sitt ursprung.

LOSA defineras av tio operativa kännetecken för att försäkra integriteten av LOSA-metodologin och dess data (International Civil Aviation Organization, 2002). Dessa är av lika betydelse för ett lyckat genomförande och alla måste vara närvarande annars är det inte att betrakta som en godkänd LOSA (Klinect, et al., 2005). De tio kännetecknen är att datasamlingen skall (Klinect et al., 2005; ICAO, 2002; Klinect, 2005):

1. bygga på observationer från jumpseat under normala flygoperationer
2. vara anonym, konfidentiell datainsamling
3. baseras på frivilligt deltagande av besättningen
4. omfatta en överenskommelse mellan företag och pilotförening om genomförandet

5. använda ett datainsamlingsformulär med fokus på flygsäkerhet (t ex m h a TEM-formulär)
6. genomföras av betrodda, utbildade och kalibrerade observatörer
7. lagras hos en betrodd datalagringsstjänst
8. följas upp av en arbetsgrupp för tvättning och verifiering av data
9. resultera i mål för förbättring av verksamheten
10. resultera i feedback till piloterna

2.2 Kort historik samt erfarenheter

Efter flera års utveckling och förfinande så har LOSA blivit en strategi av systematiska observationer av den operativa verksamheten för att tillhandahålla data som visar hur detta fungerar hos ett flygbolag (ICAO, 2002). Data som fås ur LOSA-observationer ger diagnostiska indikatorer av operativa styrkor och svagheter samt en generell bedömning av besättningsars prestation såväl tekniskt såsom för olika områden av mänsklig prestationsförmåga (Klinec et al., 2005; ICAO, 2002).

Som en följd av flygbranschens acceptering av LOSA har ICAO, inom *the Flight Safety and Human Factors Program*, utvecklat Normal Operations Monitoring (NOM) som utgör riktlinjer för hur information från daglig operativ verksamhet kan samlas in och användas för att förbättra flygsäkerhet (Klinec et al., 2005). Naturligtvis kan detta göras på flera olika sätt men i praktiken så är LOSA den hittills enda godkända metoden och den utgör även *industry best practise* (Klinec et al., 2005). International Civil Aviation Organization (ICAO) har även uttryckt en avsikt att göra NOM (i praktiken LOSA) till ett krav för operatörer, åtminstone större operatörer (Dahlström et al., 2008).

1991 så påbörjade University of Texas Human Factors Research Project (UTHFRP), genom medel från Federal Aviation Administration (FAA) (Human Factors Division, AAR-100), utvecklingen av LOSA för att övervaka ”normal line operations”. I dess tidiga form så fokuserade LOSA huvudsakligen på CRM-prestation.

Föregångaren till LOSA tillkom till följd av en efterfrågan från Delta Air Lines år 1994. År 1996 så startade Continental Airlines, i samarbete med UTHFRP, en process där normal line operations granskades med syfte att identifiera avvikelser från Standard Operating Procedures (SOPs). Denna process var den första LOSA som till fullo nyttjade TEM-modellen.

Under 2000 gjordes en uppföljande LOSA på Continental Airlines. Kapten Don Gunther, Senior Director of Safety & Regulatory Compliance hos Continental kommenterade denna på följande vis:

The 2000 LOSA, when compared to the results of 1996, showed the pilots had not only accepted the principles of error management but incorporated them into everyday operations. LOSA 2000 showed a sizeable improvement in the areas of checklist usage, a 70 percent reduction in non-conforming approaches (i.e., those not meeting stabilized approach criteria), and an increase in overall crew performance. It could be said that Continental had taken a turn in the right direction.

2.3 Rapporten

Flygbolagets LOSA-rapport anses utgöra ett referensdokument för den utförda revisionen. Rapporten är vanligtvis på cirka 60 sidor och innehåller en uppsjö av diagram, detaljer, siffror och procenttal. Den täcker förekomsten och hantering av hot som är externa och interna i förhållande till flygbolaget, förekomsten och besättningens hantering av fel, svagheter och styrkor i besättningens prestation samt relationen mellan hot/fel och oönskade flygplanstillstånd. (Klinec et al., 2005)

Med rapporten medföljer även en lista över varje hot och fel som observerats under LOSA och "phase of flight"-berättelser för varje observation. Berättelserna fyller flera syften. Medveten om att oerfarna observatörer kan brottas med klassificeringen så uppmuntrar processen observatörerna till att skriva ner berättelsen om flygningen så att klassificeringen kan göras senare om det behövs. Klassificeringen av händelser kan alltid göras efteråt under förutsättning att berättelsen är tillräckligt grundlig. Vidare gör berättelserna att data är färsk då de går att återläsa, reanalyseras mm oändligt många gånger då nya intressen och/eller problem uppkommer.

2.4 LOSA Archive ("Archie")

LOSA Archive är en databas som innehåller oidentifierbar data (m a p individ och/eller flygbolag) i form av observatörers berättelser och klassificerade observationer utifrån ett flygbolagsperspektiv (Ashleigh & Klinec, 2006; Merritt, 2005). Alla flygbolag som har genomfört en LOSA i samarbete med LOSA Collaborative bidrar med sin data till databasen i forskningssyfte och databasen underhålls och uppdateras av University of Texas Human Factors Research Project (UTHFRP) (Merritt, 2005).

I september 2005 så gällde följande för insamlad data i LOSA Archive (Merritt, 2005):

- 23 av flygbolag genomfört LOSA
- 4800 flygningar
- 4800 berättelser av tränade observatörer
- 4800 uppskattningar av prestationer gällande TEM-motåtgärder
- >17,500 hot
- >12,500 fel
- >2,400 oönskade flygplanstillstånd

I augusti 2008 har 38 flygbolag utfört LOSA och 8000 observationer har genomförts¹.

¹Enligt epostkonversation med James Klinec (2008-08-11).

3 Threat and Error Management (TEM) — modellen

3.1 Koncept, modell och komponenter

TEM-modellen är ett säkerhetskoncept, som fokuserar på den operationella miljön och människorna i denna miljö, för att fånga prestation från människa och system i en normal operationell komplex miljö (Ashleigh & Klinect, 2006; Federal Aviation Administration, 2006; Maurino, 2005). Modellen anses därför vara deskriptiv, realistisk och dynamisk (Ashleigh & Klinect, 2006; Maurino, 2005; FAA, 2006) och diagnostisk då den kvantifierar (komplexiteter i) miljön i relation till effektiviteten i den mänskliga prestationen och holistisk eftersom den utgår från att helheten och att inget kan beskrivas enskilt, fjärmat från sin kontext (Ashleigh & Klinect, 2006; Maurino, 2005; FAA, 2006).

Trots att TEM-modellen ursprungligen utvecklades för processer i cockpit så kan modellen användas på olika nivåer och inom olika områden för en organisation, över olika organisationer inom flygindustrin och inom andra högrisk-processer (Maurino, 2005; FAA, 2006). Det är därför viktigt att klargöra vilket perspektiv som avses vid användandet av TEM.

Tre grundläggande komponenter utgör beståndsdelarna i TEM-modellen: hot, fel, och oönskade flygplanstillstånd (eng threats, errors och undesired aircraft states) (Maurino, 2005; Direction Générale de l'Aviation Civile, 2005). Grundtanken i modellen är att hot och fel är en del av vardagen för en besättning och att delar av pilotens aktivitet är att hantera dessa då hot och fel i sin tur kan leda till oönskade flygplanstillstånd (Maurino, 2005; DGAC, 2005). Oönskade flygplanstillstånd riskerar att leda till incidenter och haverier (Maurino, 2005). "Undesired state management" är en fundamental komponent av TEM-modellen och lika viktig som hot och fel (Maurino, 2005). Såväl fel som oönskade flygplanstillstånd bör hanteras genom upptäckt och återhämtning för att bibehålla en säker flygning (DGAC, 2005). Hanteringen av oönskade flygplanstillstånd är ofta den sista möjligheten att undvika incident/haveri och därmed behålla säkerhetsmarginalerna under flygoperationer (Maurino, 2005).

TEM-modellen kan användas som verktyg på flera olika sätt (FAA, 2006; Maurino, 2005):

- **rapporteringsverktyg:** rapporteringsformulär utformade enligt TEM-modellen instruerar piloter att beskriva händelsen med hjälp av hot och fel
- **säkerhetsanalysverktyg:** från att fokusera på en enskild händelse såsom incident/haveri (reaktivt analysverktyg) till att försöka förstå systematiska mönster vid en stor mängd händelser såsom vid operationella audits, t ex LOSA (proaktivt analysverktyg)
- **träningsverktyg:** genom att hjälpa individer klargöra sina prestationsbehov och svagheter eller som del av ett Safety Management System (SMS) hjälpa organisationer mäta och förbättra effektiviteten av dess träning och operationella/organisatoriska försvar och säkerhet
- **licenseringsverktyg:** för att klargöra mänskligt prestationsbehov, styrkor och svagheter och därmed möjliggöra definitionen av kompetenser ur ett bredare "safety management-perspektiv"

Vidare har TEM-konceptet definierats så att det kan användas som ett ramverk för LOSA (Yeung, 2005).

För att summera, TEM-modellen fångar aktivitet i form av planering och utförande för en besättning under en flygning i realtid och under riktiga förhållanden. Modellen kan användas proaktivt eller reaktivt, på individ-, organisations- och/eller systemnivå (FAA, 2006).

3.2 Kort historik samt erfarenheter

Historien bakom Threat and Error Management (TEM) är nära sammankopplad med den för Line Operations Safety Audit (LOSA) (Ashleigh & Klinect, 2006). I samband med utvecklingen av LOSA så skapade University of Texas Human Factors Research Project (UTHFRP) ett första observationsformulär för att evaluera sättet att arbeta inom CRM. Formuläret utökades sedan till att adressera fel och hur de hanterades. Formuläret ombad observatörer att ange vilka fel som hade begåtts såväl som att för varje fel notera vem som orsakade det, responsen på felet (om felet upptäcktes och av vem) samt resultatet av felet. Att veta att ett fel har begåtts utan att veta under vilka förutsättningar det skett förefaller sig endast återgå delar av berättelsen. Forskarna utvecklade och inkluderade därför koncepten av hot- och felhantering i observationsformuläret för att fullständigt fånga den operationella komplexiteten av en flygning .

Den första fullständigt TEM-baserade LOSA genomfördes på Continental Airlines under 1996. Data från observationsformulären sammanställdes för att få fram en profil av flygbolaget. Liksom de ursprungliga CRM-indikatorerna såsom ledarskap, kommunikation och monitorering/cross-checking så belyste den organisatoriska TEM-profilen de mest frekventa hoten, hot som hanterades korrekt, mer problematiska hot (de hot som i högre utsträckning än andra hanterades fel), de vanligaste felen, de minst kontra mest problematiska felen och frekvensen av oönskade flygplanstillstånd (inkl ostabila inflygningar).

3.3 Hot

Definition av hot

Hot är definerat som händelser eller fel som:

- sker utan påverkan från besättningen (dvs som inte orsakats av besättningen)
- ökar den operationella komplexiteten av en flygning
- kräver besättningens uppmärksamhet och hantering för upprätthållande av säkerhetsmarginaler

TEM-modellen för den kommersiella luftfarten har indelat hot i två kategorier (se tabell 1): omgivande hot (eng environmental threats) samt operativa hot (eng airline threats) (Ashleigh & Klinect, 2006; FAA, 2006; Maurino, 2005; Klinect, 2005). Förutom kategorierna så har hot olika karaktärer. En del hot kan förutses, t ex om de är förväntade eller kända av besättningen, medan en del hot inte kan förutses, t ex om de är plötsliga och sker utan förvarning. Vidare är en del hot latent då de inte är uppenbara eller möjliga att observera av besättningen (Maurino, 2005). Omgivande hot kan vara möjliga att förutse eller inte möjliga att förutse (de behöver då hanteras i samband med att de inträffar) medans operativa hot i högre grad kan kontrolleras (elimineras eller minimeras) inom organisationen som ansvarar för den operativa verksamheten.(Maurino, 2005).

Ett felaktigt hanterat hot är definerat som ett hot som är länkat till eller framkallar fel hos besättningen (Ashleigh & Klinect, 2006; FAA, 2006).

Hantering av hot är en grund för hantering av fel och oönskade flygplanstillstånd.

Omgivande hot	Exempel
väder	åskväder, turbulens, dålig sikt, vindskjuvning, isbildning, instrumentflygförhållanden
flygplats	undermåliga signaleringssystem, otydliga markeringar, avstängningar av landings- och taxibanor, inoperativa navigationshjälpmedel, dålig bromsverkan, beläggning på landnings- och taxibanor
flygledning	svårhanterade klareringar eller restriktioner, ändringar av rutt, språksvårigheter, fel av flygledningspersonal
omgivande operativt tryck	terräng, trafik, varning för annan trafik (ACAS/TCAS), intensiv radiotrafik
Flygbolagshot	Exempel
flygplan	tekniska system, motorer, styrsystem, avvikelser eller funktionsfel i automation, MEL-frågor som påverkar operativ verksamhet
operativt tryck från flygbolag	tidspress, förseningar, sent inkommande flygplan eller flygplansbesättning
kabin	händelser i kabin, fel, distraktioner eller störningar av kabinbesättning
klarering/dokumentationsarbete	fel i lastbesked, besättningsplanering samt förseningar, ändringar eller fel i dokumentationsarbete
mark- och ramphantering	lastningshändelser, tankningsfel, störningar av ramppersonal, felaktigt agerande av stödfunktioner på marken, avisningsproblem
tekniskt underhåll	flygplansreparationer, problem med teknisk logg, fel av teknisk personal
manualler/kartor	avsaknad av information eller felaktigheter i dokumentation

Tabell 1: Typer av hot samt exempel

3.4 Fel

Definition av fel
<p>Fel är definerat som agerande eller avsaknad av agerande av en flygplansbesättning som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • leder till avvikelser från besättningens avsikter eller förväntningar • minskar säkerhetsmarginalerna • ökar riskerna i den operativa verksamheten

TEM-modellen för den kommersiella luftfarten har indelat fel i tre kategorier (se tabell 2): hantering av flygplan, procedurer samt kommunikation (Ashleigh & Klinect, 2006; FAA, 2006; ICAO, 2002; Klinect, 2005). Modellen kategoriserar hot baserat på den första interaktionen besättning hade vid tidpunkten då felet begicks (Maurino, 2005). Kategorierna kan i sin tur sedan ha olika karaktärer. De kan vara spontana (utan direkt koppling till ett specifikt, självklart hot) eller, motsatsen, icke-spontanta; medvetna eller omedvetna (Maurino, 2005).

Oavsett vilken typ av fel som begås, så beror felets påverkan på flygsäkerheten på huruvida besättningen detekterar och hanterar felet innan det leder till ett oönskat flygplanstillstånd

och potentiell incident/haveri (Maurino, 2005). Det är av denna anledningen som ett av målen med TEM är att förstå ”error management” (hur fel hanteras) istället för att fokusera på orsakssamband (orsak-verkan) (Maurino, 2005). Vidare är det lika viktigt att förstå hur ett fel hanteras (om inte viktigare) än att förstå förekomsten av olika typer av fel (FAA, 2006). Det är av intresse att veta om, när och av vem felet upptäcks; hanteringen av felet samt resultatet av felet (FAA, 2006; Maurino, 2005).

Ett felaktigt hanterat fel är definierat som ett fel som är länkat till eller framkallar ytterligare fel eller oönskade flygplanstillstånd (FAA, 2006; Maurino, 2005).

Fel avseende hantering av flygplan	Exempel
automation	felaktig inställning av höjd, kurs, autothrottle, automationsmode eller annan felaktig indata till automation
styrsystem	felaktig inställning av klaff, luftbroms, autobrake, reversering eller motor
marknavigering	insvängning på fel landnings- eller taxibana, missad landnings- eller taxibana eller gate
manuell flygning	vertikala, laterala eller hastighetsavvikelser, missad taxiklarering eller taxning över hastighetsbegränsning
system/radio/instrument	felaktig inställning av air pack, höjdmätare, bränslereglage eller radiofrekvens
Fel avseende procedurer	Exempel
briefingar	missad punkt i briefing, briefing utelämnad vid avgång, start, inflygning, eller överlämnande
callouts	utelämnad callout vid start eller inflygning
checklistor	checklista genomförd ”från minnet” eller utelämnad
dokumentation	felaktigheter avseende massa- och balansberäkningar, bränsleinformaton, ATIS eller klarering eller andra felaktigheter avseende dokumentationsarbete
uppgifter för Pilot Flying (PF)/Pilot Not Flying (PNF)	PF gör egna ändringar av automation, PNF gör PF:s uppgifter eller tvärtom
kontroll av genomförande enligt procedurer (SOP)	avsiktliga och oavsiktliga missar avseende kontroll av inställning av automation
övriga procedurfel	andra avvikelser från regler, krav i flyghandbok eller procedurer (SOP)
Fel avseende kommunikation	Exempel
besättnings externa kommunikation	missad kommunikation, misstolkning av instruktioner, eller felaktig återläsning till flygledning samt fel i kommunikation avseende klarering, landnings- eller taxibana eller gate
pilot till pilot	felaktig kommunikation eller felaktig tolkning av kommunikation

Tabell 2: Typer av fel samt exempel

3.5 Önskade flygplanstillstånd

Definition av önskat flygplanstillstånd

Önskat flygplanstillstånd är definerat som en situation där position, hastighet, attityd, tillstånd eller konfiguration av ett flygplan som:

- är resultat av fel i besättningens agerande eller avsaknad av agerande
- klart minskar säkerhetsmarginalerna i situationen

TEM-modellen för den kommersiella luftfarten har indelat önskade flygplanstillstånd i tre kategorier (se tabell 3): flygplanshanteringsfel, marknavigeringsfel samt felaktig flygplanskonfiguration (Ashleigh & Klinect, 2006; FAA, 2006; ICAO, 2002; Klinect, 2005).

Typer av önskade flygplanstillstånd	Exempel
flygplanshantering	vertikal, laterala eller hastighets-avvikelser, onödig genomflygning av svåra väderförhållanden, ostabiliserade inflygningar samt för långa eller hårda landningar eller landningar bredvid centrumlinjen
marknavigering	intrång på landnings- eller taxibana, fel avseende taxibana, ramp, gate eller holding position, taxning över hastighetsbegränsning
felaktig flygplanskonfiguration	automation, motor, styrsystem, tekniska system eller händelser avseende massa och balans hos flygplanet

Tabell 3: Typer av önskade flygplanstillstånd samt exempel

4 Resultat och diskussion

4.1 TEM

Under min bevakning av *Neil Krey's CRM Developers Forum* under våren 2008 förekom bl a en intensiv diskussion gällande TEM, dess förhållande till CRM m m i forumtråden "crosswinds and TEM" i (CRM Developers Forum, 2007). Forumet är att betrakta som den bäst samlade resursen för CRM på Internet då det har en hög aktivitet och — framförallt — aktivitet av flera erkända auktoriteter inom Human Factors och CRM. Efter att ha följt diskussionen om TEM så skrev jag ett inlägg där jag summerade status i diskussionen (se appendix B, sidan 20) och fick till svar "Nice summary." av Jeff Weber.

TEM är ett omtalat ämne inom CRM-branschen. Människor har olika åsikter om definitionen av TEM, dess relation till CRM, om modellen är giltig samt dess representation (CRM Developers Forum, 2007). Merparten av dessa "diskussionsämnen" är relativt grundläggande dock väsentliga. Samtidigt är TEM en ICAO-standard och LOSA en *industry best practise*.

Det är min tro att med en väldefinierad och klar TEM-standard², som representerar verkligheten utan tvetydighet, tolkningsbehov etc, skulle inte en diskussion som den i "Neil Krey's CRM Developers Forum" uppstått.

Även om vad TEM är (eller är avsett att vara) inte är helt klart är det rimligt att i första hand se det som en övergripande systematisk metod och ett verktyg avseende flygsäkerhet, som även tar upp hur risker i samband med operativ verksamhet kan identifieras och hanteras. TEM utgör därmed ett ramverk för CRM, inom vilket olika delar av CRM (som t ex informationshantering, kommunikation och ledarskap) kan användas för att hantera hot och fel som förekommer i operativ verksamhet. Durwood Heinrich betonar att "TEM training does not replace CRM training, but rather complements and enhances it" (Heinrich, 2007). TEM har dock förts fram på många olika sätt, t ex som en "ny generation" CRM eller t o m som ett alternativ till CRM (CRM Developers Forum, 2007).

TEM-modellen som sådan har diskuterats — och kritiserats — flitigt. Norman McLeod kritiserar modellen, om än något ironiskt, med McLeod's Law (CRM Developers Forum, 2007):

If a theory takes no effort to understand then probably there is nothing to understand.

Under min intervju med Norman McLeod så sa han angående TEM-modellens enkelhet "TEM is very simple to understand. The concept is not difficult to get your head round. But, you might think you understand something. When an actual fact is you've got a very shallow view of the world."

En enkel och lättförståelig modell är bra att ha som utgångspunkt då den underlättar möjligheterna till en gemensam bild och gemensamma termer. Modellen ska vara enkel och enkel att förstå samtidigt som den ska representera komplicerade flöden/tillståndsdigram. Problemet med en (enkel) modell är att den oftast inte återspeglar verkligheten till fullo. Detta anser jag bekräftas av det faktum att modellen finns representerad på flera olika sätt. Förutom UTHFRP:s officiella representation (se figur 2), så har ICAO publicerat dokument med två olika representationer (se figur 3) (Robert L. Helmreich, James R. Klinect och John A. Wilhelm, 2006; International Civil Aviation Organization, 2005; ICAO, 2002). Vidare används en alternativ representation av ett internationellt välkänt flygbolag (se figur 4) (Dahlström et al., 2008). I ett försök att fokusera på grundbegreppen (hot, fel och oönskade flygplans-tillstånd) och hur dessa förhåller sig till varandra har jag gjort en egen grafisk presentation (se figur 5).

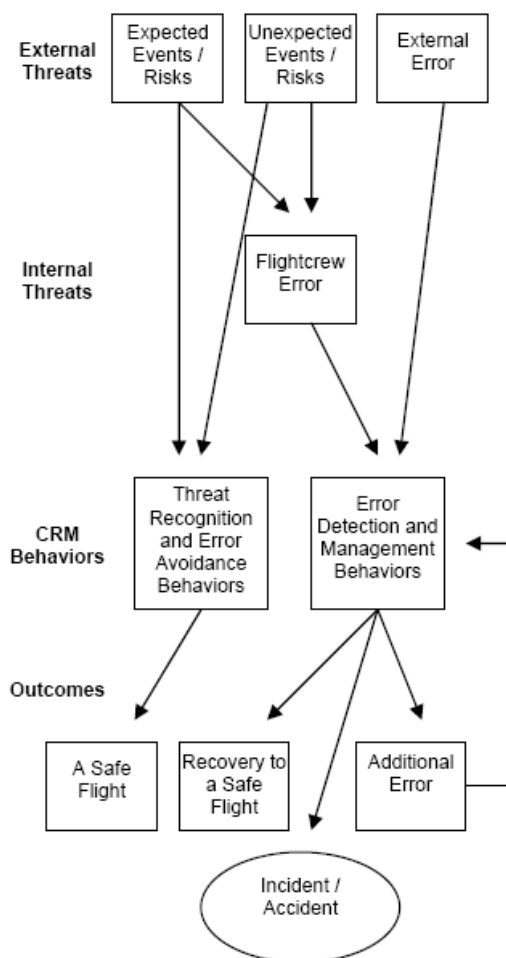
²Som bl a besvarar frågor såsom "Vad är TEM?", "Hur är den definerad?" och "Hur ska den användas?"

Det finns alltså minst tre stycken grafiska representationer av TEM-modellen från ”officiella” källor såsom UTHFRP och ICAO. Om modellen är så enkel att förstå varför finns det då flera olika representationer? Varför känner jag som användare av TEM ett behov av att skapa mig en egen representation av modellen?

Vidare uttrycker kritikerna att modellen inte representerar något nytt, utan att det är begrepp som piloter redan använder sig av. Detta bekräftas vid mina intervjuer med piloter. Det vill säga piloter har sedan länge tänkt i termer av hot och fel men kanske inte enligt exakt den definitionen som UTHFRP tagit fram (Sidney Dekker and Johan Lundström, 2005).

Problemet med definitionen såsom jag ser det är återigen dess enkelhet. Hot är externa och fel är interna. Går det verkligen att ha sådan enkel klassificering utan att förvränga verkligheten? Är det ett hot eller ett fel av en pilot att arbeta trots att denne inte är *fit for flight*? Är det ett fel av piloten i fråga och rentav ett hot för pilotens kollega? Det innebär i så fall att besättningen inte alltid har samma bild av vad som är hot och fel vilket säkerligen inte är fördelaktigt ur CRM-synpunkt.

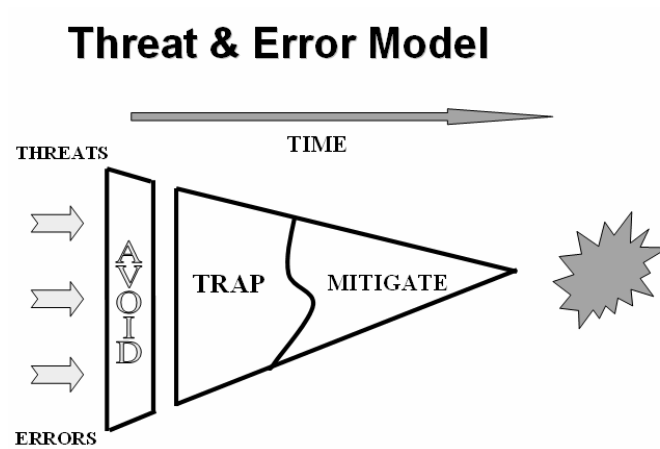
Avslutningsvis, så tyder de få intervjuer jag gjort på att piloter har ingen eller liten kännedom om TEM utifrån UTHFRP:s modell. De får inte heller någon specifik utbildning i TEM vid simulatorträning eller CRM-utbildning. Hos flygbolag så är kunskapen om TEM troligtvis som störst hos CRM- och flyginstruktörer och främst då hos MPL-instruktörer då TEM ingår i MPL-utbildningen.



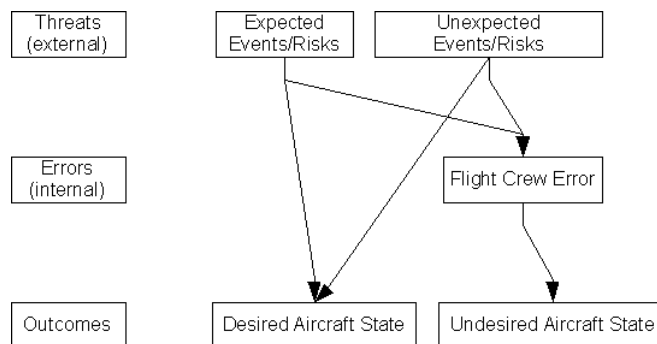
Figur 2: Schematisk översikt av TEM-modellen (University of Texas)



Figur 3: Schematisk översikt av TEM-modellen (ICAO)



Figur 4: Schematisk översikt av TEM-modellen (alternativ använt av internationellt välkänt flygbolag)



Figur 5: Schematisk översikt av TEM-modellen (författarens)

4.2 LOSA

Även om LOSA får anses ligga närmare verkligheten än t ex OPC (se figur 1, sidan 6) så gäller den främsta och allvarligaste kritiken observationen eller observatören som sådan.

Möjligheten för en besättning att neka en observatör ombord (Klinec et al., 2005) riskerar att ge LOSA-rapporten ett skevt resultat. Det förefaller inte helt osannolikt att en besättning som inte har något att dölja heller inte nekar en observatör ombord. Att besättningar nekar observatörer ombord bekräftas av Nicklas Dahlström då LOSA Collaborative, i en redovisning av LOSA från flygbolag 2008, har kommenterat att vissa flygbolag har haft vad de själva anser vara en ”hög” andel av nekade flygningar.

I min och andras kritik av LOSA finns fenomenet som kallas observatörens paradox (eng Observer’s Paradox³) vilket innebär att en observation av en händelse påverkas av närvaron av en observatör. Det är sannolikt att en pilot, medvetet eller omedvetet, skärper till sig under en observation. På samma sätt som att det är sannolikt att en pilot skärper till sig vid en kontroll såsom OPC.

Enligt Mr. James Klinec & Capt. Pat Murray (Yeung, 2005) så görs ett betydande antal fel trots observatörens närvaro och utifrån detta drar de slutsatsen att insamlingen under en LOSA är en *underskattning* av vad som faktiskt sker:

Some questions on the accuracy of LOSA data are that LOSA observers change the flight crews’ behaviour during LOSA, but the findings show that there are considerable amount of errors committed by these flight crews. In other words, LOSA results are underestimates of what actually take place if the flight crews behave in the way of an angel performance.

En central fråga är om ett fel är entydigt d v s är ett fel alltid ett fel oavsett kontext? Hade det som observatören klassificerade som ett fel även klassificerats som ett fel om observatören haft samma information, kunskap och erfarenhet som besättningen?

Vidare har det uttryckts risker med själva datainsamlingen som observatören utför (Yeung, 2005; Maurino, 2005) i form av:

- känslighet: en observatörs känslighet eller förutfattade mening inom ett visst operationellt område (en Human Factors-expert har troligen lättare att se hot och fel som hör till Human Factors-området än andra områden)
- kunnighet: bristande TEM-kunskap hos en observatör för att samla in data
- utbrändhet: observatören samlar in mindre data och är mindre precis

Mr. James Klinec & Capt. Pat Murray nämner några kvalitetshöjande lösningar på riskerna nämnda ovan (Yeung, 2005):

... the observer biases coming from sensitivity, proficiency and fatigue can affect the quality of collected data. Some solutions on quality controls are using many different observers; restrict number of observation per observer, and train the observers with TEM knowledge, etc.

Slutligen, under arbetet med min uppsats har jag blivit alltmer varse över bristen på objektivt material rörande LOSA (och även TEM). Allt material som finns att tillgå är i stort sett

³Se http://en.wikipedia.org/wiki/Observer's_Paradox och även [http://en.wikipedia.org/wiki/Observer_effect_\(psychology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Observer_effect_(psychology))

uteslutande från UTHFRP, "LOSA Collaborative" eller andra till LOSA och TEM positivt inställda. De båda tycks omges av ett slutet sällskap och att få ut information eller närvara vid möten är mer eller mindre omöjligt utifrån vad jag fått berättat för mig vid intervjuer, läst och även själv fått erfara. Jag kan i viss mån förstå incitament-konceptet där flygbolag måste bidra till LOSA-databasen för att kunna ta del av densamma även om det känns lite kontraproduktivt ur säkerhetssynpunkt att inte alla får ta del av informationen. Verkligheten är nämligen, utifrån min information, så att ej heller forskare, CRM-instruktörer eller liknande har tillgång till databasen. Denna brist på öppenhet gör det givetvis oerhört svårt för att kritiskt granska och ge en objektiv syn av LOSA och TEM och det är trots allt så att båda fått en allt större roll inom ICAO.

5 Slutsats

Fördelarna med TEM och dess modell är bl a att den är enkel att förstå och kan fungera som utgångspunkt. Den belyser även vetskapen om att piloter begår fel och att det är viktigt att undvika eller hantera dessa. Nackdelarna är bl a att modellen är en förenkling vilket riskerar att komplexiteten i den operationella miljön går förlorad. Vidare gagnar inte faktumet att branschen inte är överens om vad TEM är, dess modell och hur den relaterar till CRM eller bristen på öppenhet (främst gällande LOSA). TEM försöker vara ett universalverktyg vilket kan få till följd att det inte blir riktigt bra på något utan istället blir en bred "medelmåtta".

Även om LOSA och TEM har stort stöd av ICAO och delar av branschen så är det viktigt att branschen enas kring vad TEM är och inte är samt dess relation till CRM. Här kanske det blir nödvändigt att fokusera användning av TEM till ett par områden som den lämpar sig särskilt bra inom. Dessutom bör öppenheten inom LOSA öka genom att fler forskare och CRM-instruktörer får tillgång till LOSA-data vilket möjliggör för en objektiv syn, kritisk granskning och i förlängningen ett ökat förtroende.

Appendix

A Akronymer och förkortningar

ICAO	International Civil Aviation Organization
CRM	Cockpit/Crew/Company Resource Management
FAA	Federal Aviation Administration
LOSA	Line Operations Safety Audit
MEL	Minimum Equipment List
MPL	Multi-Crew Pilot License
NOM	Normal Operations Monitoring
OPC	Operators Proficiency Check
SOP	Standard Operating Procedure
SMS	Safety Management System
TEM	Threat and Error Management
UAS	Undesired Aircraft State
UTHFRP	University of Texas Human Factors Research Project

B Inlägg i Neil Krey's CRM Developers Forum

Subject: [crm-devel] TEM
From: Jimisola Laursen <jimisola@jimisola.com>
Date: Thu, 20 Mar 2008 10:03:08 +0100
To: crm-devel@yahoogroups.com

Hi!

I've been following the interesting discussion on TEM ("crosswinds and TEM") here in the forum.

People seem to have a somewhat different idea of what it is, if the model is valid, how it relates to CRM and whether TEM started from LOSA or not.

Some of these "matters" are quite basic - yet essential! Still, TEM is an ICAO standard.

My belief is that a well-defined/clear standard (what is it? how is it defined? how is it to be used?) that mimics real-world sufficiently (i.e. without ambiguity, the need for interpretation etc) would not have had the discussion that has been going on in the forum lately. Am I right?

In my mind these questions are now in focus:

1. What is TEM? How does it relate to CRM (and LOSA)?
2. Is the model valid (how does the basic components (threat, error, uas) interconnect)? Is it right for it to be an ICAO standard?
3. How can TEM contribute to the improvement of an operator's flight safety?

Regards,
Jimisola Laursen

Referenser

- M. Ashleigh & J. Klinect (2006). 'Defensive Flying for Pilots: An Introduction to Threat and Error Management'.
- N. Dahlström, et al. (2008). 'Rapport för Luftfartsstyrelsen: Crew Resource Management, Threat and Error Management och bedömning av CRM-färdigheter - Aktuell situation och utveckling av kunskap, metoder och praktik'.
- S. Dekker, et al. (2006). 'From Threat and Error Management (TEM) to Resilience', Lund University School of Aviation. *Human Factors and Aerospace Safety* (2006, volume 6, number 3, pp 261-274).
- Direction Générale de l'Aviation Civile (2005). 'Line Operations Safety Analysis using Naturalistically Gathered Expertise (L.O.S.A.N.G.E.), report no 1'.
- Federal Aviation Administration (2006). 'Line Operations Safety Audits (Advisory Circular AC No: 120-90)'.
- Helmreich et al. (2006). 'Models of Threat, Error, and CRM in Flight Operations', University of Texas Team Research Project. http://www.flightsafety.org/pdf/tem/models_of_threat_error.pdf
- International Civil Aviation Organization (2002). 'Line Operations Safety Audit (LOSA) (ICAO Doc 9803 AN/761)'.
- International Civil Aviation Organization (2005). 'Threat and Error Management in Air Traffic Control'.
- D. Maurino (2007). 'Threat and Error Management for Business Aviation'. *Flight Safety Foundation, CAC Workshop Oct. 17, 2007*, http://www.flightsafety.org/ppt/tem_ba_10-07.ppt.
- International Civil Aviation Organization (2005). 'Threat and Error Management in Air Traffic Control'.
- J. Klinect (2005). 'Line Operation Safety Audit: A Cockpit Observation Methodology for Monitoring Commercial Airline Safety Performance'. The University of Texas at Austin.
- J. Klinect, et al. (2005). 'Line Operation Safety Audits (LOSA): Definition and operating characteristics'. *In Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 663-668). Dayton, OH: The Ohio State University.
- D. Maurino (2005). 'Threat and Error Management (TEM)'.
- D. Maurino (2005). 'Line Operations Safety Audit (LOSA)'. *First ICAO Global Symposium on TEM & NOSS in ATC*, Luxembourg, 9 – 10 November 2005.
- A. Merritt (2005). 'A Glimpse at Archie: The LOSA Archive'.
- T. Yeung (2005). 'Report on Third ICAO - IATA Line Operations Safety Audit (LOSA) & Threats and Errors Management (TEM) Conference'.
- Neil Krey's CRM Developers Forum (2008). <http://www.crm-devel.org/resources/index.htm>

Intervjuer

Intervjuerna genomfördes under våren 2008.

- Norman McLeod, 54, av brittisk Luftfartsstyrelse godkänd CRM-instruktör/examinatör med en bred erfarenhet av CRM i flygbolag över hela världen, i branschen sedan 1989
- man, 48, flygchef, kapten och instruktör i skandinaviskt flygbolag, i branschen sedan 1986
- man, 54, kapten på skandinaviskt flygbolag, i branschen sedan 1986
- kvinna, 32, styrman, Human Factor training specialist och involverad i Cockpit Safety på skandinaviskt flygbolag, i branschen sedan 2000

Fortsatt läsning

För en utförlig förteckning över artiklar och böcker inom CRM, TEM och bedömning av CRM-färdigheter se avsnitt 4 i "Rapport för Luftfartsstyrelsen: Crew Resource Management, Threat and Error Management och bedömning av CRM-färdigheter - Aktuell situation och utveckling av kunskap, metoder och praktik" av N. Dahlström, et al.

Aviation Safety vid University of Texas Human Factors Research Project:
<http://homepage.psy.utexas.edu/homepage/group/HelmreichLAB/>