



UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ DIN BUCUREȘTI
Facultatea De Inginerie Aerospațială
Departamentul de Științe Aerospațiale „ELIE CARAFOLI”

Nr. Decizie Senat din

TEZĂ DE DOCTORAT

-rezumat-

**Considerații privind metodele de management ale siguranței sistemelor în
transportul aerian**

*Considerations regarding management methods for system's safety in air
transport*

Autor: Valentin-Marian IORDACHE

Comisia de îndrumare

Conducător de doctorat	Prof. Dr. Ing. Daniel-Eugeniu CRUNȚEANU	de la	Facultatea de Inginerie Aerospațială
Comisia de îndrumare	Ș.I. Dr. Ing. Cornel DINU	de la	Facultatea de Inginerie Aerospațială
Comisia de îndrumare	Ș.I. Dr. Ing. Mihai BARBELIAN	de la	Facultatea de Inginerie Aerospațială
Comisia de îndrumare	CS III Dr. Ing. Cristian VIDAN	de la	Academia Tehnică Militară

BUCUREȘTI, 2023

- pagină albă -

MULȚUMIRI

Doresc să-i mulțumesc și să-mi exprim deosebita recunoștință conducătorului de doctorat domnului **Prof. univ. dr. ing. Daniel-Eugeniu CRUNȚEANU** pentru libertatea oferită în abordarea temei din această lucrare și pentru timpul, încrederea, răbdarea, sprijinul, profesionalismul și înțelegerea deplină acordată în elaborarea și definitivarea acestei teze de doctorat.

Aleasă considerație și recunoștință domnului **Prof. univ. dr. ing Teodor Lucian GRIGORIE** pentru sprijinul și îndrumările oferite în vedere depășirii obstacolelor și finalizării studiilor doctorale.

Profund respect și întreaga mea recunoștință doamnei **Ș.I. Casandra-Venera PIETREANU** pentru timpul, ajutorul, sfaturile și colaborarea deschisă și sinceră pe care am avut-o pe parcursul întregului stagiul doctoral.

Doresc să mulțumesc întregii comisii de îndrumare formată din domnul **Ș.I. dr. ing. Cornel DINU**, domnul **Ș.I. dr. ing. Mihai BARBELIAN** și domnul **CS III dr. ing. Cristian VIDAN** pentru sfaturile și sugestiile oferite în vederea finalizării tezei.

Alese mulțumiri și deosebit respect **comenzii Bazei 90 Transport Aerian, „Gheorghe Bănciulescu”** care m-a sprijinit pentru evoluția mea profesională și care mi-a oferit înțelegere pe tot parcursul studiilor doctorale.

În mod deosebit vreau să mulțumesc **familiei și prietenilor** pentru suportul moral, înțelegere și pentru încurajările oferite permanent pe parcursul anilor.

CUPRINS

CAPITOLUL 1 - Introducere	6
1.1. Abstract	6
1.2. Obiectivul tezei	9
1.3. Structura tezei.....	10
1.4. Metodologia de cercetare.....	12
CAPITOLUL 2 – Interacțiunea sistemelor în aviație și probabilitatea acestora de a produce evenimente nedorite în sistemul aeronautic de transport aerian	13
2.1. Tipuri de probabilități utilizate în prezent pentru dezvoltarea proceselor operaționale	14
2.2. Siguranța sistemelor în contextul interdependențelor și efectele în cascadă	14
CAPITOLUL 3 – Elemente de modelare matematică a siguranței în sistemul de transport aerian 17	
3.1. Riscul și probabilitatea din perspectiva organizațiilor aeronautice	18
3.2. Secvența evenimentelor, probabilități și consecințe	19
3.3. Analiza riscului și strategii pentru diminuarea riscului.....	22
3.4. Concluzii privind elementele de modelare matematică ale siguranței sistemelor în aviație ..	25
CAPITOLUL 4 – Studiu comparativ al sistemelor tehnologice din sistemul de transport aerian pentru înțelegerea și identificarea particularităților riscurilor care afectează siguranța operațională	26
4.1. Sistemul tehnologic în sistemul de transport aerian modern. Motivarea alegerii sistemului tehnologic pentru dezvoltarea modelului de identificare a probabilității riscului	26
4.2. Prima catastrofă aeriană a aeronavei Boeing 737 MAX 8: zborul Lion Air 610 din 29 Octombrie 2018.....	28
4.3. A doua catastrofă aeriană a aeronavei Boeing 737 MAX 8: zborul Ethiopian Airlines 302 - 10 Martie 2019	30
CAPITOLUL 5 - Sistemele de management organizațional în industria de transport aerian. Teoria sistemelor și controlul organizațional	33
5.1. Tipuri de sisteme. Considerații generale privind evoluția sistemelor și controlului organizațional	33
5.2. Concluzii privind importanța controlului organizațional în aviația de transport	36
CAPITOLUL 6 - Siguranța sistemelor în cadrul proceselor operaționale din industria de transport aerian	37
6.1. Evoluția siguranței aeronautice.....	37
6.2. Siguranța sistemului aeronautic de transport aerian	38
6.3. Sistemul de siguranță în era modernă a aviației de transport – <i>Safety Management Systems</i> (SMS) ..	39
6.4. Siguranța sistemelor organizaționale aeronautice	40
Capitolul 7 - Impactul și implicațiile factorului uman în cadrul proceselor operaționale de zbor 40	

7.1. Considerații privind factorul uman	40
7.2. Circumspecțiunea aeronautică – element fundamental în operațiunile aeronautice	42
CAPITOLUL 8 – Model pentru identificarea probabilității riscului în sistemele totale din aviația de transport	42
8.1. Elemente utilizate pentru dezvoltarea modelului propus – considerații teoretice	44
8.2. Calculul fiabilității dintre sisteme. Relația tehnologie-factor uman – exemplificare matematică	47
CAPITOLUL 9 - Concluziile tezei. Necesitatea dezvoltării programelor de pregătire și instruire în mediul organizațional	51
9.1. Concluzii	51
9.2. Contribuții personale	53
9.3. Perspective de dezvoltare ulterioare	53
Referințe	54

CAPITOLUL 1 - Introducere

1.1. Abstract

Aviația de transport reprezintă un factor contributiv major al dezvoltării economice prin asigurarea conexiunilor rapide la nivel global, fiind esențială pentru mediul de afaceri și turism. Industria aeronautică are un rol critic în societatea modernă deoarece influențează economia globală, regională și locală, facilitând transportul pe distanțe lungi atât pentru mediul de afaceri, cât și pentru călătorii în scop turistic – îmbunătățește comerțul mondial prin sporirea accesului la piețele internaționale și asigurând astfel globalizarea. Aviația este indispensabilă pentru turism și pentru economiile aflate în dezvoltare. Conectivitatea contribuie la creșterea productivității prin încurajarea investițiilor și inovațiilor, îmbunătățește mediile operaționale și eficiența, oferind companiilor posibilitatea de a atrage angajați de calitate din mediul global.

Industria aeronautică este în conexiune directă cu tehnologia. Dezvoltarea avansată a aeronavelor, inclusiv din punct de vedere ecologic prin îmbunătățirea consumului de combustibil sau a problemelor de reciclare presupune că toți cei implicați, de la constructori până la operatori, trebuie să adopte încă din fazele incipiente de proiectare ale sistemului nivelul tehnologic adecvat pentru a putea evolua operațional și organizațional. În ciuda standardelor regulatorii riguroase, a tehnologiilor avansate și a proceselor complexe de fabricație și mentenanță, evoluția și progresul sunt destul de rapide în industria aeronautică.

Concomitent, apar noi provocări. Structura aeronavelor de ultimă generație este formată din materiale compozite, care necesită proceduri diferite în cadrul proceselor de mentenanță și de inspecție față de cele utilizate în generațiile precedente; dezvoltarea aeronavelor mari și cu rază lungă implică noi cerințe din punct de vedere al fiabilității și al performanțelor.

Tehnologiile în curs de dezvoltare, dimensiunea și dinamica în permanență schimbare a conflictelor armate, diferiții actori la nivel global și creșterea încrederii în domeniul cibernetic modifică natura amenințărilor și pun presiune pe industrie pentru a menține un nivel înalt al siguranței în contextul în care se preconiza, înainte de pandemia cauzată de virusul SARS-COV-2, dublarea numărului de pasageri în următorii 20 de ani.

Una dintre cele mai vândute și fiabile aeronave de transport este aeronava Boeing 737. Fiecare variantă a aeronavei a reprezentat o îmbunătățire față de modelul precedent, asigurând astfel nu doar condiții mai bune pentru pasageri, dar și elemente noi care au optimizat funcțiile de control ale aeronavei, fiind îmbunătățită astfel interacțiunea om-mașină și având ca efect creșterea siguranței operaționale. Îmbunătățirea performanțelor aeronavei oferă posibilitatea companiilor aeriene de a își dezvolta operațiunile de zbor prin asigurarea conectivității

diferitelor regiuni la nivel global pe distanțe scurte, medii și mari în condiții de siguranță. Nivelul de siguranță al aeronavei este demonstrat în special de numărul mic de accidente pe care aeronava Boeing 737 le-a avut în cadrul companiilor care au optat pentru acest tip de aeronavă, cu preponderență în Statele Unite al Americii. Modul în care aceste elemente tehnologice noi sunt implementate reprezintă de multe ori premisele unor posibile vulnerabilități funcționale, atunci când nivelul și modul de înțelegere al piloților nu este adecvat, iar cele două catastrofe cu aeronava Boeing 737 MAX 8 demonstrează acest lucru. Relația dintre factorul uman și evoluția tehnologică devine din ce în ce mai dinamică și presupune adaptarea permanentă a organizațiilor aeronautice și, implicit, a piloților pentru ca aceștia să capete abilitățile necesare pentru a acționa corespunzător în situații de zbor neprevăzute și să maximizeze siguranța aeriană. O pregătire necorespunzătoare a personalului poate reprezenta o premisă care duce la transferul de la o stare de siguranță la una de risc. Anumite aspecte omise intenționat sau neintenționat în pregătire pot afecta această relație, iar rezultatul poate duce la catastrofe.

Lecțiile învățate din fazele operaționale au demonstrat necesitatea dezvoltării proceselor de instruire și pregătire. Îmbunătățirea acestor proceze prin dezvoltarea scenariilor de zbor, în cadrul simulatorului, reprezintă avantaje operaționale majore, însă costurile și aspectele temporale pe care le implică reprezintă o caracteristică neatractivă pentru organizații, având în vedere interesele comerciale; folosirea proceselor standard de pregătire, deci a scenariilor standard, reprezintă abordarea generală din industria transportului aerian. Însă dezvoltarea tehnologică, organizațională, particularitățile factorului uman și implicațiile rezultate ca urmare a interacțiunii dintre acestea și celelalte sisteme colaterale (mediul înconjurător, sistemele de management ale traficului aerian, sistemul de mentenanță etc) oferă un set de riscuri mult mai complex care necesită atât un volum de cunoștințe ridicat, cât și abordări bine conturate și diferite față de cele precedente. Un prim pas în încercarea obținerii controlului asupra pericolelor potențiale și a riscurilor generate de noile sisteme, procese și concepte se poate realiza prin intermediul îmbunătățirii managementului informațional din punct de vedere calitativ atât prin modul de structurare al informațiilor din manualele de zbor, și al procedurilor existente, cât și prin realizarea unor scenarii mult mai complexe în simulatorul de zbor, sau altfel spus, un nou sistem de management al competențelor și abilităților.

Provocările existente în pregătirea piloților includ necesitatea de adaptare la o industrie cu un mediu total imprevizibil din punct de vedere tehnologic, economic sau expus unor situații neprevăzute, precum pandemia COVID-19 provocată de virusul SARS-COV-2 în anul 2020. Chiar dacă pregătirea piloților are de suferit, ei trebuie să-și desfășoare activitatea cu înalt

profesionalism și să performeze constant având în vedere creșterea cerințelor de eficiență operațională. O formă de răspuns al organizațiilor din punct de vedere al pregătirii operaționale o reprezintă creșterea nivelelor de simulare – adică scenarii mai complexe în simulatoarele de zbor. Simulatorul are un rol fundamental în sprijinirea pilotului (al factorului uman) pentru obținerea și perfecționarea abilităților și aptitudinilor necesare în activitatea de zbor impus de progresul tehnologic. Tehnologia de ultimă generație utilizată în prezent în construcția simulatoarelor de zbor nu este suficientă. Pregătirea corespunzătoare a scenariilor de zbor particulare și complexe trebuie să acopere un spectru vast de pericole potențiale datorate interacțiunii dintre diferitele sisteme din aviație – tehnologie, mediu, factor uman – și să contribuie la recunoașterea și înțelegerea clară a pericolelor de către piloți în situații critice de zbor pentru a evita catastrofele aeriene printr-un răspuns adecvat la situația întâlnită.

În aviație, elementul care stă la baza managementului și al eficienței operaționale este siguranța. Complexitatea relației organizație-tehnologie-factor uman poate da naștere la o înlanțuire de evenimente dificil de administrat în timpul fazelor operaționale, însă lecțiile învățate, majoritatea fiind rezultatul incidentelor și accidentelor produse de-a lungul timpului, au impus necesitatea dezvoltării standardizării atât la nivel organizațional, cât și la nivel tehnologic. Relația om-mașină este la rândul ei standardizată, însă absența unor informații, carențele în pregătire sau diferite variabile externe (ex. condiții meteorologice sau oboseala) pot constitui premise pentru evenimente de aviație. Siguranța aeriană stă la baza tuturor operațiunilor aeriene, de aceea ea reprezintă nu doar esența cercetării tezei de față, ci și a lucrărilor de licență și disertație pe care le-am realizat. În această teză am abordat problemele legate de siguranța aeriană astfel încât să evidențiez elementele care pot afecta relația organizație-tehnologie și al căror impact poate fi maximizat sau minimizat de influența factorului uman.

Prea multă conformitate poate reprezenta în anumite situații un aspect negativ. Există o tendință de a concentra eforturile privind siguranța aeronautică pe respectarea reglementărilor existente. Identificarea vulnerabilităților necesită timp îndelungat ca urmare a aplicării reglementărilor aeronautice, iar acest aspect poate duce la o situație în care amenințările noi pot să fie ignorate, afectând în acest fel pregătirea personalului navigant și de mentenanță.

Oferind calculatoarelor mai multe prerogative, abilitățile oamenilor sunt diminuate. Sistemele automate devin capabile să administreze din ce în ce mai multe situații, iar acest lucru înseamnă că factorul uman trebuie să intervină doar atunci când apare ceva anormal și neașteptat în operare. Dar când oamenii au oportunități din ce în ce mai puține să practice și să își îmbunătățească abilitățile, ei își diminuează capacitatea de reacție rapidă și eficientă în situații

de criză. Chiar dacă industria companiilor aeriene este extrem de sigură în prezent, identificarea modurilor de a promova continuu siguranța aeronautică constituie o obligație permanentă pentru cei care au prerogative de siguranță.

Evoluția continuă a domeniului aeronautic necesită dezvoltarea de metode și modele noi pentru a oferi posibilitatea înțelegerii mai bune a proceselor operaționale. Acest aspect l-am identificat în cadrul cercetării științifice realizate și prin modelul rezultat și pe care l-am aplicat în studiul de caz prezentat în teza de față.

Înțelegerea tuturor aspectelor prezentate mai sus au la bază informația, care în situația celor două catastrofe cu aeronava Boeing 737 MAX 8 a fost insuficientă din punct de vedere a relației organizație-om-mașină. Problemele informaționale pot afecta procesele de pregătire și planificare, deci pot reprezenta vulnerabilități operaționale. De aceea am studiat necesitatea funcționării și dezvoltării procesului informațional în aviație și am prezentat succint principii ale procesului în contextul organizație-om-mașină.

Modelul pe care l-am realizat în cadrul studiului de caz reprezintă o abordare originală destinată identificării probabilității riscului operațional având ca bază matematică teoria fiabilității sistemelor. Un raționament simplu și logic privind necesitatea și importanța pregătirii atât teoretice, cât și practice, poate oferi o perspectivă de management organizațional prin care probabilitatea riscului poate fi diminuată, ceea ce înseamnă îmbunătățirea nivelului de siguranță și eficientizarea proceselor operaționale în aviația de transport.

1.2. Obiectivul tezei

Scopul acestei lucrări îl reprezintă atât prezentarea succintă a sistemelor care interacționează în aviație (organizațional, tehnologic și uman), cât și identificarea elementelor care mențin în echilibru relațiile și interacțiunile dintre acestea, în contextul complexității sistemelor aeronautice, cu scopul identificării probabilității riscului în procesele operaționale.

Dezvoltarea continuă a sistemului de transport aerian a dat naștere unui risc mult mai complex. Riscul nu poate fi eliminat în aviație, ci doar administrat prin intermediul proceselor de management specifice, iar dezvoltarea sistemului diminuează riscurile convenționale. Ca urmare sunt generate noi riscuri de natură diferită, necunoscute, dar care trebuie conștientizate de către operatori pentru a eficientiza procesele operaționale și a asigura un nivel de siguranță ridicat. Având ca punct de plecare teoriile moderne care stau la baza înțelegerii funcționării subsistemelor din componența sistemului de transport aerian, precum și elementele specifice managementului siguranței sistemelor în aviație, această lucrare își propune să prezinte și să ofere o nouă abordare a identificării probabilității riscului în momentul interacțiunii dintre

sisteme plecând de la fiabilitatea lor individuală ca sistem în spectrul operațional (organizațional, tehnologic și uman); fiecare valoare utilizată în calcule și atribuite sistemelor menționate anterior sunt obținute în urma unor cercetări și studii aprofundate de către specialiști din cadrul instituțiilor specializate și acreditate pentru a obține date privind organizațiile, nivelul tehnologic și factorul uman în aviație.

Pe baza valorilor calculate și obținute în urma raționamentului și modelului matematic propus de mine în această lucrare, se pot trage concluzii pentru modalitățile de diminuare prin pregătire ale riscului operațional (DROP – diminuarea riscului operațional prin pregătire) oferind astfel o posibilitate de abordare a problematicii siguranței pentru operatorii aeriени în scopul menținerii unui nivel operațional sigur și cu eficiență ridicată.

Analiza realizată are scopul de ajuta operatorii aeriени de a înțelege modul prin care probabilitatea de apariție a riscului se modifică din cauza interacțiunii dintre sisteme și, în același timp, existența posibilității de a diminua probabilitatea riscului identificat, indiferent de nivelul său inițial, printr-un sistem de pregătire teoretic și practic foarte bine realizat care să acopere întregul spectru informațional necesar asigurării eficienței și siguranței în sistemul de transport aerian civil.

1.3. Structura tezei

Capitolul 1 – *Introducere.* În acest prim capitol, este realizată o prezentare generală referitoare la necesitatea sistemelor (organizaționale, tehnologice, a sistemului de mentenanță și al factorul uman) în aviație și importanța lor în procesele operaționale; este prezentat atât obiectivul și structura tezei, cât și metodologia de cercetare ale acesteia.

Capitolul 2 – *Interacțiunea sistemelor în aviație și probabilitatea acesteia de a produce evenimente nedorite în sistemul de transport aerian.*

În al doilea capitol am prezentat diferite modele, particularități și abordări teoretice utilizate în prezent în aviația de transport comercial care sunt rezultatul analizei și a înțelegerii evoluției riscurilor în urma desfășurării operațiunilor aeronautice. În același timp, sunt prezentate diferite abordări de management și caracteristicile funcționale ce trebuie înțelese pentru a sprijini optimizarea, dezvoltarea și eficientizarea operațională în sistemul de transport aerian.

Capitolul 3 – *Elemente de modelare matematică a siguranței în sistemul de transport aerian.*

Conținutul capitolului reprezintă o continuare a subiectului abordat în Capitolul 2; în acest capitol am prezentat modele și metode matematice dezvoltate pentru îmbunătățirea

managementului riscului utilizate în prezent în analiza de risc atât în sistemul aeronautic, cât și în alte domenii care se confruntă cu riscuri ce trebuie controlate pentru asigurarea funcționalității proceselor organizaționale și operaționale.

Capitolul 4 – *Studiu comparativ al sistemelor tehnologice din sistemul de transport aerian pentru înțelegerea și identificarea particularităților riscurilor care afectează siguranța operațională.*

În acest capitol este prezentat stadiul actual al dezvoltării tehnologice în sistemul de transport aerian având ca principal element de cercetare și analiză una dintre cele mai fiabile aeronave din istoria aviației comerciale, aeronava Boeing 737. Am motivat decizia de a alege aeronava Boeing 737 MAX 8; am prezentat pe scurt evoluția modelelor de referință ale aeronavei, filosofia sistemelor de control ale aeronavelor Boeing, spre deosebire de aeronavele Airbus, și catastrofele produse cu aeronava Boeing 737 MAX 8 în vederea exemplificării modului în care interacțiunea dintre sisteme poate afecta siguranța aeronautică prin apariția unor noi riscuri datorate dezvoltării tehnologice.

Capitolul 5 – *Sistemele de management organizațional în industria de transport aerian. Teoria sistemelor și controlul organizațional.* În acest capitol este realizată o prezentare generală a sistemelor pentru a înțelege funcționalitatea, dinamica și interacțiunea acestora în procesele operaționale. De asemenea, în acest capitol este prezentată organizația aeronautică din perspectivă sistemică pentru a înțelege complexitatea implicațiilor manageriale, a strategiilor de dezvoltare organizațională și de administrare ale riscului în sistemele din aviație. Aceste elemente și caracteristici identificate trebuie înțelese pentru a obține controlul organizațional în vederea administrării proceselor organizaționale într-un mod eficient.

Capitolul 6 – *Siguranța sistemelor în cadrul proceselor operaționale din industria de transport aerian.* În acest capitol am abordat problematica siguranței aeriene în sistemele de transport aerian. Sunt prezentate mai multe elemente care influențează siguranța în domeniul aeronautic, multe dintre aceste elemente putând fi controlate de organizație și care reprezintă elementele de forță pentru cultura de siguranță sau care pot deveni puncte slabe în situația unei administrări defectuoase.

Capitolul 7 - *Impactul și implicațiile factorului uman în cadrul proceselor operaționale de zbor.* Acest capitol analizează și prezintă studii de actualitate, într-o manieră succintă, ale factorului uman în aviație datorită importanței și a implicației directe asupra siguranței zborului în sistemul de transport aerian; în acest capitol este pus accentul pe circumspecțiunea aeriană datorită importanței pe care o are în identificarea, analizarea,

evaluarea și administrarea riscului în timpul operațiunilor de zbor, indiferent de nivelul complexității sistemelor tehnologice operate.

Capitolul 8 – Model pentru identificarea probabilității riscului în sistemele totale din aviația de transport. Pe baza cercetării științifice realizate în capitolele anterioare și identificând necesitatea de a studia interacțiunea dintre sisteme în urma experienței profesionale dobândite, în acest capitol am dezvoltat un model de identificare a probabilității riscului operațional în sistemele totale din aviația de transport și am demonstrat posibilitatea reducerii acestuia prin intermediul îmbunătățirii cunoașterii, implicit prin dezvoltarea programelor de pregătire teoretică și practică pentru piloți.

Capitolul 9 – Concluzii. Necesitatea dezvoltării programelor de pregătire și instruire în mediul organizațional. În acest capitol, sunt prezentate concluziile tezei de față ca urmare a aplicării modelului propus de mine și a rezultatelor obținute privind probabilitatea riscului operațional și posibilitatea de a diminua acest risc cu ajutorul unui program adecvat de pregătire.

1.4. Metodologia de cercetare

Tema de cercetare a acestei teze reprezintă o continuare a activității de cercetare începute cu lucrarea de licență intitulată „Siguranța aeriană în cadrul Forțelor Aeriene Române, parte integrată a culturii de siguranță NATO și UE” și continuată cu cercetarea și elaborea lucrării de disertație intitulate „Dezvoltarea culturii organizaționale pentru îmbunătățirea eficienței și siguranței aeriene în cadrul sistemelor aeronautice moderne” pentru finalizarea studiilor de master din cadrul Facultății de inginerie aerospațială, specialitatea inginerie și management aeronautic.

Metodologia de cercetare este bazată pe o cercetare vastă a literaturii de specialitate în vederea identificării factorilor care influențează relația dintre sistemele care interacționează în sistemul de transport aerian modern. Necesitatea abordării acestei problematice a fost identificată în cercetările anterioare menționate mai sus și în cadrul activității profesionale desfășurate până în prezent.

Pentru elaborarea acestei teze, am avut ca punct de pornire studiul accidentelor și catastrofelor aeriene pentru a înțelege elementele funcționale și disfuncționale care au interacționat și au produs evenimente de zbor în ultimul deceniu; am studiat elementele legate de siguranță din punct de vedere al complexității sistemelor și al metodelor de control moderne care au avut ca rezultat dezvoltarea multor teorii de management ale riscului. Studiul literaturii a fost realizat pentru a documenta aspecte organizaționale, tehnologice și de factor uman care influențează siguranța proceselor operaționale în aviația de transport aerian. Elementele

identificate în cadrul cercetării științifice nu reprezintă aspecte ce țin de standarde și practici recomandate la nivel internațional. Pentru a obține informații pertinente în acest sens, am studiat articole științifice, cărți de specialitate despre management aeronautic și alte lucrări de specialitate care au analizat probleme de natură tehnologică, organizațională și umană în sistemul aeronautic modern. Având în vedere formarea profesională, am avut discuții și interviuri cu piloți și ingineri ai aeronavelor Boeing 737 și Airbus A320 pentru a înțelege atât modul în care tehnologia implementată pe aeronave sprijină desfășurarea operațiunilor aeronautice, cât și nivelul de fiabilitate al interfeței om-mașină în aviația de transport comercială cu scopul de a obține o percepție mai bună asupra importanței și a riscului pe care un element tehnologic, precum senzorii unghiului de atac și computerul de bord în cazul aeronavelor Boeing 737 MAX 8 și Airbus, pot influența un zbor comercial atât pozitiv, cât și negativ.

CAPITOLUL 2 – Interacțiunea sistemelor în aviație și probabilitatea acestora de a produce evenimente nedorite în sistemul aeronautic de transport aerian

Aviația civilă reprezintă la nivel mondial un mijloc de transport rapid, sigur și eficient pe distanțe mari. În a doua jumătate a secolului al XX-lea, încrederea în transportul aerian a crescut, siguranța fiind îmbunătățită în mod considerabil, iar costurile reduse; volumul aviației civile a crescut foarte mult în mod constant și, în prezent, cererile cresc în continuare. Beneficiile sociale și economice ale aviației sunt substanțiale, dar costurile adiacente sunt semnificative și, în același timp, cresc exponențial.

Dezvoltarea tehnologică a adus beneficii majore transportului aerian însă trebuie înțeles faptul că aceasta este un proces de durată, bazat pe lecții învățate, care are ca scop principal reducerea riscului. Chiar dacă concluziile rezultate în urma incidentelor, accidentelor și catastrofelor aeronautice care s-au produs de-a lungul timpului au fost pertinente, ele nu au fost suficiente pentru a elimina riscul în totalitate. Lecțiile învățate au ajutat, printre altele, la îmbunătățirea proceselor operaționale, a eficienței, ale interfeței om-mașină atât din punct de vedere al relației pilot-avion, cât și a relației inginer-avion și în paralel au contribuit la dezvoltarea de soluții noi, inovative, care să răspundă la elementelor caracteristice conceptului modern de „green aviation”.

2.1. Tipuri de probabilități utilizate în prezent pentru dezvoltarea proceselor operaționale

Probabilitatea este o metodă statistică obținută prin atribuirea unei valori numerice posibilității unui eveniment de a se produce. Valoarea probabilității este întotdeauna între zero și unu, iar suma probabilităților trebuie să fie egale cu unu. Probabilitățile pot fi folosite pentru a evalua riscul fiind metode care sprijină siguranța aeriană prin evaluarea posibilității apariției unui eveniment nedorit. Probabilitățile, în același timp, pot să fie folosite pentru a analiza numărul de pasageri din anumite zone regionale sau vânzarea de aeronave în funcție de nevoile companiilor aeriene și de dorința acestora de dezvoltare și expansiune; de asemenea, probabilitățile pot fi utilizate în aviație și pentru prognoza meteorologică. Probabilitățile pot fi exprimate verbal, prin intermediul numerelor sau a tabelelor, graficelor sau modelelor. Înțelegerea probabilităților are multe utilizări în înțelegerea probabilităților de producere ale evenimentelor.

2.2. Siguranța sistemelor în contextul interdependențelor și efectele în cascadă

Sistemele socio-tehnice moderne sunt caracterizate de un nivel ridicat de interdependențe. Deși aceste inter-dependențe fac sistemele mult mai eficiente pe timpul desfășurării operațiunilor normale, ele contribuie la efecte în cascadă în momente de criză. Astfel, procesele de pregătire pentru a administra și de răspuns la criză devin extrem de complexe. Un incident care implică sisteme socio-tehnice moderne poate duce la efecte în cascadă severe și pot rapid să devină foarte greu de administrat de către mijloacele de răspuns. Cu cât este mai complex mediul în care un incident evoluează, sau cu cât sistemul este mai vulnerabil datorită mediului, cu atât va fi riscul mai mare pentru producerea efectelor în cascadă. Din punct de vedere al management-ului, răspunsul la astfel de situații trebuie să fie cât se poate de eficient și construit pe baza informațiilor recente – aceste informații sprijină procesul decizional. Noile strategii, structuri și metodologii sunt necesare pentru a rezista și a administra provocările în continuă evoluție, inclusiv cooperarea inter-instituțională sau inter-organizațională în desfășurarea operațiunilor și oferirea sau primirea de sprijin indiferent de mediul operațional. [1]

Un incident are potențialul de a se amplifica în consecințe și prin efectul de cascadă se dezvoltă în ceva mult mai mare decât evenimentul inițial. Înțelegerea procesului de amplificare

necesită cunoștințe, înțelegerea elementelor de inițiere ale evenimentelor și a dependențelor între sisteme, fenomene fizice și punctele cheie decizionale în situații de criză.

Prin studiul înlănțuirii evenimentelor din catastrofele aeriene recente se pot identifica legăturile și natura acestor conexiuni – dintre elementele de inițiere ale evenimentelor și dependențe. Efectele în cascadă pot fi definite ca fiind impactul evenimentelor de inițiere unde dependențele sistemului conduc la propagarea impactelor de la un sistem la altul – din punct de vedere organizațional, în această situație, mai multe persoane și evenimente sunt implicate și resimt efectele evenimentului. Figura 2.1. ilustrează evenimentul de inițiere, dependențele dintre sisteme și ordinea de propagare în cazul incidentelor cu efecte în cascadă.

Evenimentele cu efecte în cascadă pot avea diferite motive, iar conexiunile și dependențele pot varia. Evenimentele de inițiere pot fi naturale, accidentale și intenționate. De asemenea, caracteristicile dependențelor și modul în care sistemele pot suferii poate fi diferit.

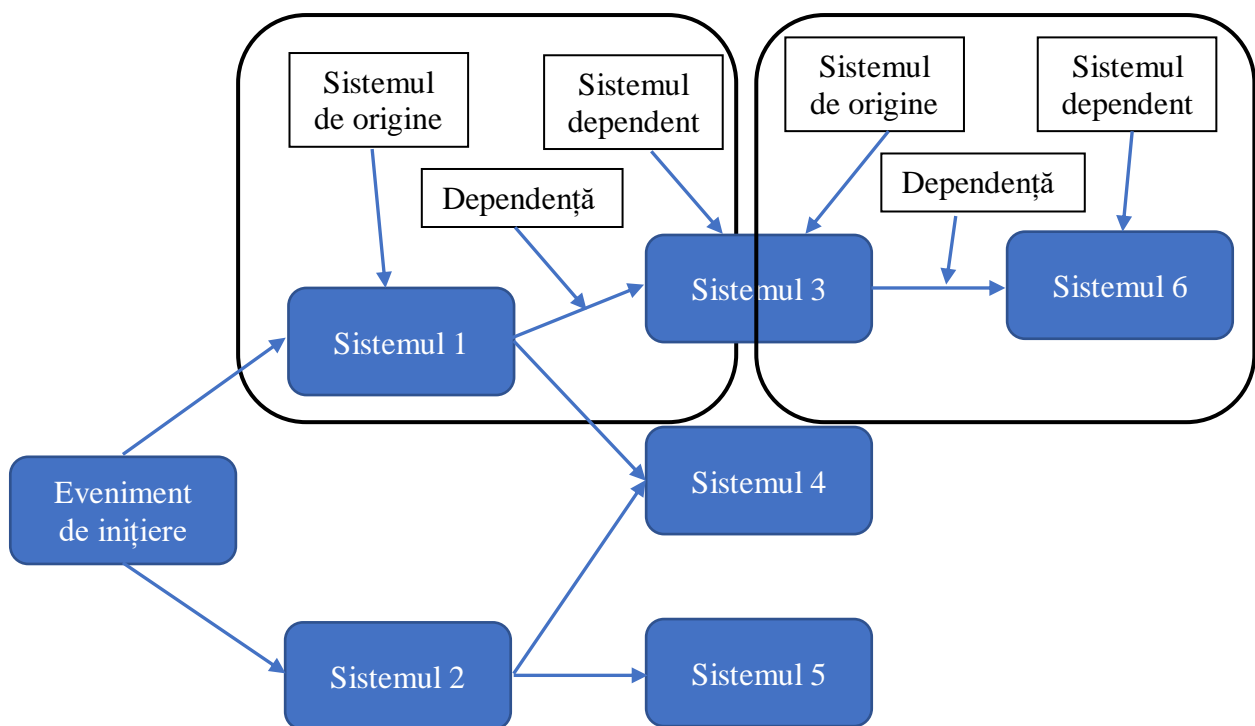


Figura 2.1. Reprezentare a unui eveniment de inițiere și dependențele dintre sisteme în situația unui incident cu efecte în cascadă [2]

Pentru a identifica și caracteriza aceste evenimente de inițiere, conexiunile, dependențele dintre diferite sisteme și incidentele anterioare cu efecte în cascadă trebuie

studiate și înțelese – cunoașterea și înțelegerea lor stă la baza realizării algoritmilor de răspuns corespunzători. În contextul incidentelor cu (sau care prezintă riscul producerii de) efecte în cascadă, deciziile și activitățile umane pot avea un rol semnificativ în producerea și desfășurarea evenimentelor și a efectelor acestora.

Un aspect important este identificarea efectelor diferitelor decizii și a punctelor decizionale cheie, cum ar fi, de exemplu, oportunitățile de a influența conexiunile dintre sistemul inițiator și sistemul dependent când o intervenție externă poate preveni efectele în cascadă ale unui eveniment. Scopul nu este de a analiza în totalitate modul în care deciziile sunt luate, deoarece poate fi foarte dificil de determinat acest aspect, ci de a găsi deciziile care afectează dezvoltarea proceselor în timpul unui eveniment cu risc de producere al efectelor în cascadă. Modul în care se consideră un eveniment ca fiind complex, stresant sau dificil de înțeles depinde atât de experiența receptorului, cât și de abilitatea lui de a înțelege informațiile primite. Din punct de vedere al factorului decizional și al posibilului succes, factorii de influență pot fi considerați următorii: capacitatea și abilitatea sistemului, interfața, stresul, volumul de muncă, motivația, complexitatea, antrenamentul, experiența, cultura, dinamica socială precum efectele de grup, modul de realizare al proceselor și al organizațiilor. Trebuie recunoscut faptul că factorul decizional reprezintă un efort colaborativ care unește mai multe grupuri cu diferite viziuni despre situații, lucruri, decizii și acțiuni [3]. Acest lucru creează necesitatea unei baze comune și a unor modele mentale puse la comun în vederea luării deciziei. Posibilitatea de a obține acest lucru, pe timpul unui eveniment care implică efecte în cascadă, crește cu înțelegerea modului de funcționare, cunoaștere ale echipamentelor și ale instrumentelor disponibile și înțelegerea caracteristicilor membrilor/echipei/organizației, inclusiv cunoașterea acestora despre competențe, convingeri și eforturile celorlalți. [1]

Într-o altă ordine de idei, efectele în cascadă sunt axate pe modul în care sistemele din proximitatea lor pot fi influențate. Pentru a limita consecințele, cele mai eficiente mijloace pot fi de a avea organizații și structuri corespunzătoare, tehnologii și proceduri comune cu alte organizații, iar informațiile sunt puse și la dispoziția altor persoane sau instituții implicate. Deciziile strategice trebuie luate cu mult înaintea producerii unui incident cu efecte în cascadă.

2.3. Concluzii privind interacțiunea sistemelor în sistemul în transport aerian

Având în vedere nivelul înalt de complexitate existent în sistemul de transport aerian un model ideal trebuie să identifice și să evalueze riscul apărut pe fondul manifestării unor combinații de pericole operaționale.

Metodele prezentate permit o abordare metodică, structurată și riguroasă, fiind ușor de învățat, de aplicat și de urmărit. Aceste metode combină elemente de structură, soft, mediu și interacțiuni umane, oferind posibilitatea realizării de aproximări care pot fi un furnizor excelent de informații pentru procesul de luare a deciziilor. Însă ele prezintă o serie de dezavantaje, cum ar fi: pot deveni o pierdere de timp dacă sunt folosite independent sau pot deveni scopul și nu instrumentul de îmbunătățire al siguranței. Neincluderea factorului uman în analiză, în timpul procesului de analiză, neînțelegerea structurii sistemului și a operării sau omiterea anumitor pași logici, printre altele, sunt câteva dintre cele mai frecvente greșeli întâlnite.

Având în vedere conceptul de sisteme totale existent în prezent în aviația de transport, incapacitatea de a urmări și identifica problemele datorate combinațiilor de factori, de a identifica pericolele care nu au legătură cu modurile de cedare, oferă o analiză limitată atât din punct de vedere al factorului uman, cât și din punct de vedere al influențelor externe și al interfețelor. Absența unei valori de referință pentru probabilitatea riscului datorită interacțiunii sistemelor face dificil și interpretabil orice model teoretic al siguranței.

CAPITOLUL 3 – Elemente de modelare matematică a siguranței în sistemul de transport aerian

Metodele și tehnicile necesare pentru evaluarea riscului au fost dezvoltate inițial în domeniul nuclear și au o gamă largă de utilizări în prezent. Există mai multe metode pentru evaluarea riscului și a probabilității de producere ale evenimentelor generate de acesta în mai multe domenii și industrii, inclusiv în aviație. Evaluările cantitative și calitative coexistă, iar, în cazul abordărilor pentru diminuarea riscului de către organizații, momentul analizei strategiilor de management ale riscului reprezintă un aspect important. Din punct de vedere al reglementărilor, riscurile sunt analizate plecând de la două componente ale pericolului, și anume: momentul producerii riscului și intensitatea pericolului (severitatea sau magnitudinea

acestui) rezultat ca urmare a existenței riscului. Un nivel ridicat a riscului se datorează expunerii la condiții periculoase. [4]

Metodele și modelele existente pentru identificarea riscului și ale probabilității de producere ale acestuia demonstrează eforturile continue realizate de-a lungul anilor pentru a îmbunătăți starea de siguranță operațională în aviație. Însă, în același timp, demonstrează o versatilitate scăzută și o capacitate impredictibilă redusă pentru implementarea de elemente tehnice, procedurale și operaționale pentru evaluarea riscului și a siguranței. Scopul acestor modele existente este de a crește capacitatea operațională a sistemului aeronautic, concomitent cu reducerea riscului și a limitărilor operaționale pentru a avea o stare permanentă de siguranță. Necesitatea dezvoltării de metode și modele „specializate” și „dedicate” pentru anumite procese de management dintr-un sistem aeronautic a fost identificată în multe situații, în special în urma catastrofelor aeriene care au demonstrat că abordările tradiționale privind identificarea și diminuarea riscului sunt limitate. Având ca punct de plecare lecțiile învățate, este nevoie de o cercetare sistemică pentru a îmbunătăți modelele existente în concordanță cu recomandările care în general implică evaluarea riscului și ale siguranței atât în faza de dezvoltare a noilor tehnologii, cât și în fazele de implementare și în cele operaționale. Aceste modele și metode noi trebuie să fie simple de înțeles, să aibă o formă modulară pentru structura sistemului și să reprezintă un element de predictibilitate pentru operatorii aerieni. [4]

3.1. Riscul și probabilitatea din perspectiva organizațiilor aeronautice

Majoritatea organizațiilor aeronautice sunt nevoite să implementeze un program de management al siguranței sistemelor. ICAO a publicat un cadru de lucru pentru un program de management al siguranței sistemelor (Safety Management Systems – SMS) care are la bază managementul riscului. Managementul riscului pentru îmbunătățirea siguranței poate fi împărțit în trei elemente principale [4]:

- 1) Identificarea pericolelor;
- 2) Evaluarea riscului; și
- 3) Diminuarea riscului.

Modul în care organizațiile definesc riscul este asemănător. ICAO și FAA definesc riscul ca fiind [4] produsul dintre probabilitatea de producere al acestui și severitatea propriu-zisă:

$$Risc = Probabilitate \times Severitate \text{ (ec. 3.1.)}$$

O limitare a formulei clasice ale riscului (*Probabilitate x Severitate*) este faptul că nu ia în considerare diferitele bariere ale riscului specifice unei anumite situații (acele elemente

care controlează riscul). În mod uzual, în momentul în care se face analiza de risc este necesar să se analizeze riscul având în vedere barierele curente, fără a exista un mod specific prin care acestea să fie cuantificabile, iar apoi să fie realizată o altă evaluare, având în vedere barierele de control, adică elementele de control ale riscului. [4]

ARMS (en: *Aviation Risk Management Solutions*) este un grup de lucru alcătuit din persoane care lucrează în diferite organizații din industria aeronautică. Acest grup nu este afiliat politic și este non-profit având ca misiune realizarea unei metodologii clare pentru evaluarea riscului în aviație. Rezultatele lor sunt disponibile atât celor din industria aeronautică, cât și altor persoane interesate de subiect. Spre deosebire de alte organizații, printre membrii ARMS se regăsesc și piloți din aviația de transport comercială, astfel că percepția referitoare la risc pe care ei o propun se bazează pe experiența lor operațională. [5]

Metodologia celor de la ARMS referitoare la risc are câteva elemente în comun cu cadrul SMS-ului propus de ICAO, și anume evaluarea riscului (și diminuarea lui) și măsurarea și monitorizarea performanței siguranței și managementul schimbării. Metodologia ARMS poate fi percepută ca o continuare a dezvoltării principiilor care stau la baza SMS-ului ICAO și care se găsesc și în manualul pentru managementul siguranței (en: *Safety Management Manual - SMM*). Pentru identificarea riscului și ale probabilității apariției acestuia în cadrul operațiilor de zbor ei folosesc două metode: metoda ERC (en: *Event Risk Classification*) și metoda SIRA (en: *Safety Issue Risk Assessment*). [5]

ARMS prezintă riscul ca fiind o însumare a patru componente, acestea fiind [4]

$$\text{Risc} = (\text{Probabilitate} * \text{Frecvența evitării situației}) * (\text{Frecvența de revenire la starea de siguranță}) * \text{Severitate} \text{ (ec. 3.2.)}$$

Importanța unei decizii și ale unei acțiuni fără a lua în considerare expunerea la risc, eficiența barierele și a limitărilor și eficiența caracteristicii de a reveni la starea de siguranță inițială fără a fi necesare acțiuni specifice „celui mai rău scenariu posibil”, nu poate fi evaluată corect. Acești factori necesită un nivel înalt de subiectivitate, fiind destul de greu includerea lor într-o formulă care să definească astfel riscul sau pericolul. [4]

3.2. Secvența evenimentelor, probabilități și consecințe

Conceptele utilizate pentru scenariile accidentelor și cuantificarea accidentelor sunt introduse prin intermediul arborilor logici (sau arborii evenimentelor, en: *Event Tree – ET*) și a diagramelor pentru secvența evenimentelor (en: *Event Sequence Diagram – ESD*). Un arbore al evenimentelor este reprezentat în figura 3.2 Evenimentul de inițiere (en: *initiating event - IE*) este notat cu *A*, probabilitatea prin *q*, evenimentele adiacente care influențează starea finală sunt

acțiunile pilotului (en:pilot intervention) și sunt notate cu PI , iar revenirea la starea de echilibru în urma situației de urgență (en:emergency recovery) este notat cu ER . Probabilitățile condiționale de reprezentare în arborele evenimentelor pentru succes sunt notate cu B_i și pentru eșec \bar{B}_i . [6]

Aceste notații sunt explicate prin intermediul a două exemple: Evenimentul X - fenomenul de forfecare al vântului și Evenimentul U – pierderea controlului aeronavei în zbor. Pentru aceste situații se vor utiliza următoarele notații pentru probabilități [6]:

- Probabilități necondiționate $P(X)$ și $P(Y)$ pentru ca evenimentul X sau Y să se producă.
- Probabilitate condiționată $P(X|Y)$ pentru ca evenimentul Y să se producă în urma producerii evenimentului X .

- Probabilitatea comună $P(X, Y)$ ca atât evenimentul X , cât și evenimentul Y să se producă.

Pentru arborele evenimentelor din figura 3.1. și exemplul din figura 3.2. notațiile utilizate semnifică următoarele [6]:

- $q = P(A)$ – probabilitate necondiționată a evenimentului de inițiere A .
- $B_1 = P(PI|A)$ – probabilitate condiționată de intervenția pilotului (PI) dacă există starea A .
- $\bar{B}_1 = P(\bar{PI}|A)$ – probabilitate condiționată de intervenția pilotului (PI) (acțiuni fără succes) dacă există starea A .
- $B_2 = P(ER|\bar{PI})$ – probabilitate condiționată de recuperare aplicând procedurile de urgență specifice dacă intervenția pilotului nu a fost corespunzătoare.
- $\bar{B}_2 = P(\bar{ER}|\bar{PI})$ – probabilitate condiționată de recuperare din starea de urgență fără succes dacă intervenția pilotului nu a fost corespunzătoare.

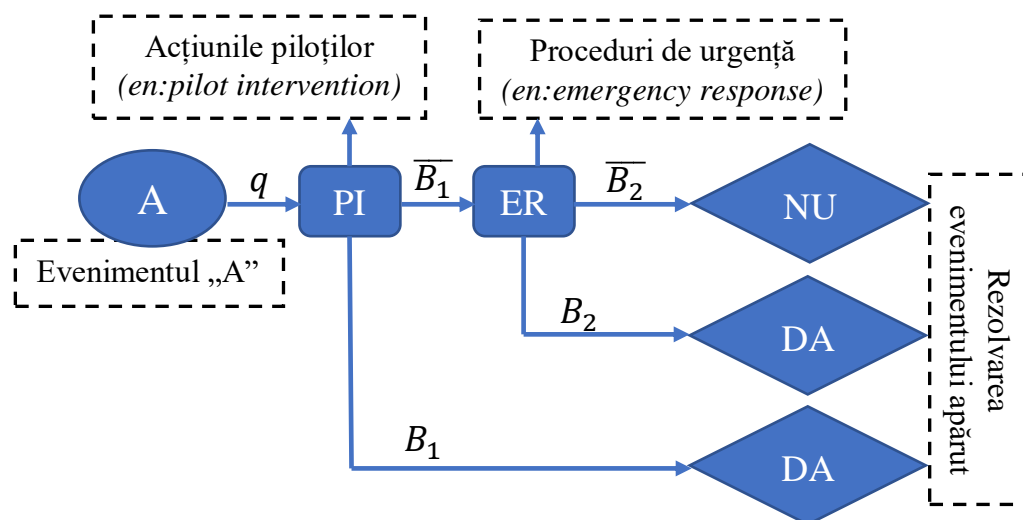


Figura 3.1. Diagrama de producere a unui eveniment în aviație (adaptat după Georgiev 2021 [6])

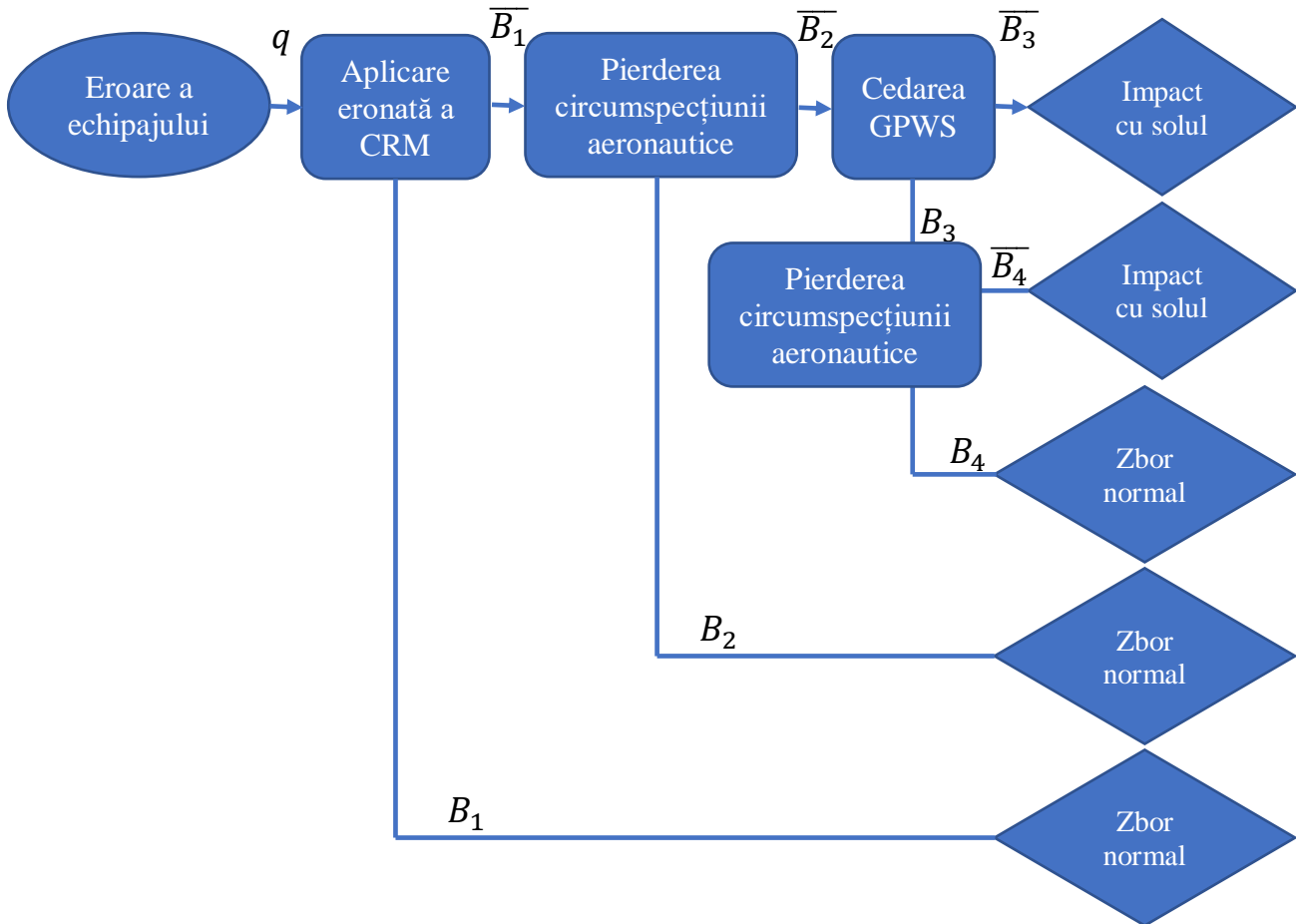


Figura 3.2. Scenarii pentru producerea accidentelor de zbor controlat în teren (CFIT – Controlled flight into terrain) (adaptat după Georgiev 2021 [6])

3.3. Caracteristicile unui sistem de control eficient

Un sistem de control eficient trebuie să raporteze deviațiile de la nivelul de performanță standard cât mai repede cu putință. Este preferabil ca posibilele deviații să fie identificate înainte ca ele să se producă. Este important ca deviațiile de la planul inițial să fie raportate la timp astfel încât acțiunile corective să remedieze situația într-o manieră promptă și conformă. De exemplu, informația că bugetul poate fi depășit, sau nu poate fi atins, trebuie să ajungă în timp util la manageri pentru a permite acestora să ia decizii proactive în acest sens, evitând situații/acțiuni drastice/limite în ultimul moment. [7,8]

Procesul de realizare al unui sistem de control implică în termeni generali mai multe etape. Un exemplu în acest sens este următorul [8] (figura 3.3.):

1. Studiarea sistemului care urmează să fie controlat și să se decidă ce tipuri de senzori și actuatori vor fi folosiți și poziționați.
2. Modelarea sistemului rezultat ce necesită control.
3. Simplificarea modelului, dacă este necesar, pentru a fi flexibil.
4. Analizarea modelului rezultat; determinarea proprietăților.
5. Stabilirea specificațiilor performanței.
6. Stabilirea metodelor de control necesare.
7. Realizarea unui mod de control care să îndeplinească specificațiile, dacă este posibil; în caz contrar, trebuie modificate specificațiile sau generalizarea tipului de control dorit.
8. Simularea sistemului rezultat controlat, cu ajutorul unui computer sau ale unei referințe.
9. Repetarea algoritmului de la pasul 1 dacă este necesar.
10. Alegerea platformelor hardware și software și implementarea controlului.
11. Reglarea controlului în dinamică, dacă este necesar.

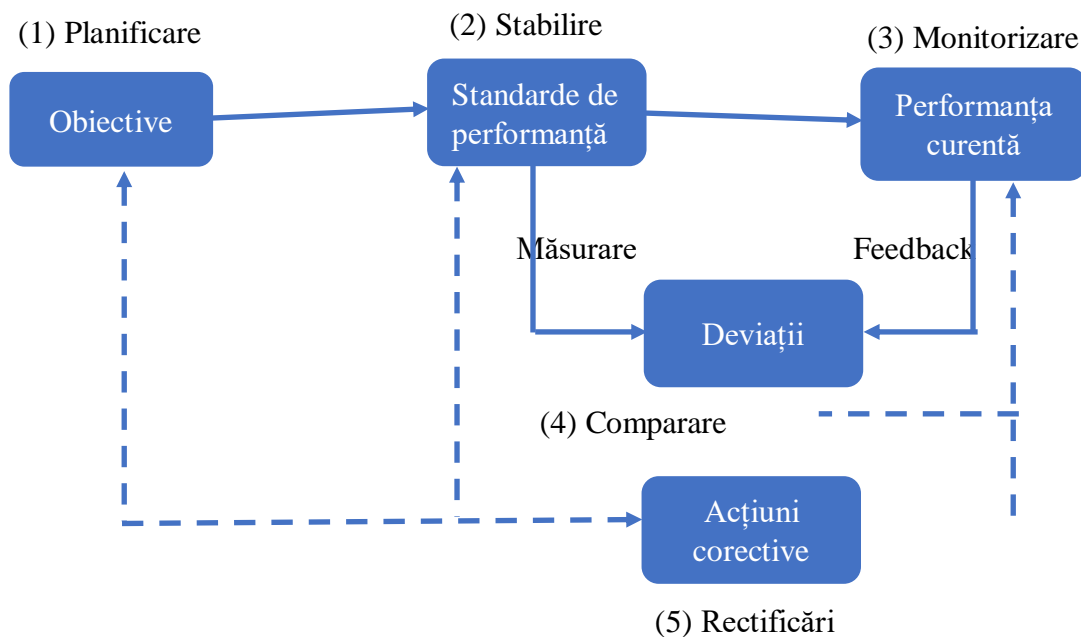


Figura 3.3. Cele cinci etape ale controlului organizațional (adaptat după Mullins 2011 [8])

3.3. Analiza riscului și strategii pentru diminuarea riscului

Esența managementului riscului este continuitatea procesului, deoarece astfel se poate asigura un proces de management a riscului în permanență îmbunătățit care să ajute organizația

să-și îndeplinească obiectivele stabilite. Procesul nu trebuie să se rezume doar la o structură operațională, ci trebuie să constituie o parte componentă a unui proces mult mai amplu – managementul organizațional (deciziile luate la nivel organizațional, cu preponderență cele cu caracter strategic). [7]

Riscul este un concept utilizat care are mai multe înțelesuri și definiții în literatura de specialitate. Conceptul de risc include atât pericolele, cât și probabilitățile de apariție ale lui.

Un pericol este definit ca fiind o situație care poate provoca daune oamenilor sau sistemelor tehnice. Acest lucru înseamnă că riscul include o evaluare a evenimentelor nedorite, a consecințelor și probabilităților de apariție ale acestora. Matematic riscul poate fi scris astfel [9]:

$$Risc = F(A, C(A), P(A)), \quad (\text{ec. 3.3.})$$

unde A – evenimentul nedorit; $C(A)$ – consecințele evenimentului respectiv; $P(A)$ – probabilitatea de producere a evenimentelor; F – funcție necunoscută (starea de la un anumit moment dat).

Funcția F poate fi definită astfel:

$$Risc = \sum_{i=1}^n C_i * P_i, \quad (\text{ec. 3.4.})$$

unde n – numărul total de accidente sau situații care sunt luate în considerare; C_i – consecințele accidentului sau a situației de la momentul inițial i ; P_i – probabilitatea de apariție a unui accident sau a situației de la momentul inițial „ i ”.

Acesta este un mod simplist de a defini funcția „ F ”, ale cărei limitări și zone de aplicare sunt în discuție datorită complexității și dinamicii din cadrul sistemelor aeronautice, și nu numai, din prezent.

Fiabilitatea unui sistem sau a unei componente este probabilitatea ca aceasta să funcționeze adecvat în componența sistemului pentru care a fost realizată într-o perioadă de timp specifică, în condițiile operaționale întâlnite.

Realizarea analizei de risc, definirea nivelelor de performanță în raport cu riscul existent și limitele de toleranță sunt proporționale cu complexitatea și cu dorința de investiții a organizației. Problema în organizațiile mari este abilitatea de a înțelege întregul spectru a riscului și de a distinge riscul individual, de a administra riscul, a proporționa impactul, ideal înainte ca acesta să escaladeze până la nivelul de accident. [10]

Un sistem fiabil în serie este extrem de dificil și costisitor de realizat; de exemplu, dacă un astfel de sistem ar avea 5 componente în structura sa și fiecare componentă are o fiabilitate de 0,9 (90%), fiabilitatea sistemului este:

$$0,9^5 = 0,59049;$$

$$\begin{aligned}0,9^3 &= 0,73; \\0,9^4 &= 0,66; \\0,9^5 &= 0,59.\end{aligned}$$

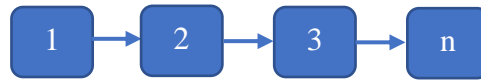


Figura 3.4. Schema generală a fiabilității în serie

Când vorbim de fiabilitate în paralel $Q(t)$ problema este diferită; practic componentele se completează reciproc, având astfel următoarele relații matematice:

În cazul fiabilității unui sistem cu mai multe componente dispuse în paralel (figura 3.5.) fiecare având o fiabilitate de 0,9, atunci:

- pentru 2 componente: $1 - [(1 - 0,9)(1 - 0,9)] = 1 - 0,01 = 0,99$.
- pentru 3 componente: $1 - [(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)] = 1 - 0,001 = 0,999$.
- pentru 4 componente: $1 - [(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)] = 1 - 0,0001 = 0,9999$.
- pentru 5 componente: $1 - [(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)(1 - 0,9)] = 1 - 0,00001 = 0,99999$.

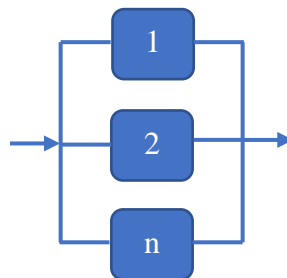


Figura 3.5. Schema generală a fiabilității în paralel

Exemplul de mai sus demonstrează faptul că redundanța îmbunătățește fiabilitatea sistemelor.

3.4. Analiza de risc și de fiabilitate pentru înțelegerea riscurilor și dezvoltarea nivelului operațional

Incertitudinile sunt condiționate și de ciclul de viață redus al sistemului/subsistemului deoarece doar comportamentul acestora pe termen scurt este vizibil. Acest aspect este util doar pentru o perioadă scurtă cu scopul de a învăța despre produs și despre comportamentul său din faza operațională - când acesta funcționează în condițiile reale pentru care a fost realizat. În

timpul acestei faze este necesar să se analizeze modurile de cedare și cauzele pentru care s-au produs într-un mod detaliat, rapid, dar cu multă atenție.

Fiabilitatea unui sistem tehnic este caracterizată de capacitatea de lucru a funcțiilor sistemului, într-un interval de timp particular. Siguranța funcțională este sinonimă cu fiabilitatea; astfel, termenul se referă la funcționarea corespunzătoare a unui sistem/subsistem. Un sistem fiabil este unul în care toate funcțiile specifice sunt în permanență asigurate, indiferent de condiții. De exemplu, în prezent, software-ul este utilizat în industria automobilelor, inginerie aerospațială și în tehnologia medicală. Aceste domenii sunt considerate critice din punct de vedere al siguranței; în situația unei defecțiuni viața oamenilor și mediul înconjurător sunt în pericol; prin urmare, fiabilitatea software-ului are un rol important în siguranță în domeniile în care este implementat. Situația devine critică în momentul în care prețul unei defecțiuni software, și gestionarea incorectă a situației, duce la pierderea de vieți omenești, așa cum s-a întâmplat în cazul celor două accidente cu aeronavele Boeing 737 MAX 8.

Analiza de fiabilitate pune accentul pe probabilitatea ca un sistem sau componentă să desfășoare funcția dorită într-o perioadă de timp specifică în anumite condiții. [11]

În anumite situații, fiabilitatea trebuie luată în considerare încă din faza de proiectare când nu există evidență statistică a numărului de cedări posibile. Dacă există îngrijorări privind siguranța umană, evidența nu este o opțiune; pot fi situații în care experiența din proiectare a produselor sau a sistemelor anterioare nu există sau este limitată. Acest lucru presupune că fiabilitatea trebuie evaluată în urma testării materialelor și a simulărilor computerizate ale diferitelor elemente care sunt expuse cedărilor în timpul ciclului de viață. Mecanismele și alte elemente structurale care pot suferi daune depind de materiale și de modul lor de utilizare în faza operațională.

3.4. Concluzii privind elementele de modelare matematică ale siguranței sistemelor în aviație

Metodele și modelele matematice prezentate reprezintă o mică parte din cele existente în literatura de specialitate, însă au o abordare simplă și eficientă pentru identificarea, evaluarea și înțelegerea riscului în sistemul de transport aerian.

Un model matematic pentru identificarea probabilității riscului nu trebuie să fie doar eficient, ci și simplu de înțeles, atât din punct de vedere al algoritmului de calcul, cât și din perspectiva interpretării valorilor obținute.

Având în vedere dinamica operațională și filozofia diferită pe care o au managerii, personalul tehnic sau personalul aeronavigant cel mai simplu și eficient model al căror principii pot să fie aplicate cu succes în sistemul de transport aerian, și care nu necesită o pregătire specializată în domeniul siguranței, este principiul fiabilității în serie (figura 3.4.) și în paralel (figura 3.5.). Consider că reprezintă abordarea ideală prin care se pot modela sistemele/subsistemele care interacționează în cadrul sistemului de transport aerian; prin intermediul acestei abordări se poate înțelege necesitatea redundanței la interacțiunea dintre anumite sisteme, iar prin atribuirea de valori se poate determina o valoare de referință pentru procesele operaționale.

Din acest motiv am selectat și utilizat modelele și principiile fiabilității în serie și în paralel prezentate la subcapitolul 3.7 pentru dezvoltarea modelului pentru interacțiunea sistemelor totale din aviație atribuind valori din studii statistice specializate, pe evenimente de zbor minor, majore și catastrofice, și cercetări științifice reprezentative din sistemul aerian.

CAPITOLUL 4 – Studiu comparativ al sistemelor tehnologice din sistemul de transport aerian pentru înțelegerea și identificarea particularităților riscurilor care afectează siguranța operațională

4.1. Sistemul tehnologic în sistemul de transport aerian modern. Motivarea alegerii sistemului tehnologic pentru dezvoltarea modelului de identificare a probabilității riscului

Aviația de transport comercial este una dintre cele mai dezvoltate și complexe industrii la nivel global. Chiar dacă de-a lungul timpului au fost mai multe companii care au produs aeronave de transport comercial, doar două companii au reușit să-și dezvolte și să îmbunătățească continuu procesele interne de construcție ale aeronavelor pentru a răspunde la cerințele pieței mondiale; aceste companii sunt Boeing și Airbus.

Rivalitatea dintre Boeing și Airbus este recunoscută în lumea aviației. Ambele companii există pe piață de câteva decenii, dezvoltând în această perioadă multe aeronave care au stat la baza îmbunătățirii eficienței și siguranței transportului aerian. Ambele companii sunt titani veritabili în lumea aviației, supraviețuind cu succes în sistemul de transport aerian comercial.

În 2011, Boeing a anunțat proiectul Boeing 737 MAX, care urma să fie comercializat în trei variante (Boeing 737-7, Boeing 737-8, Boeing 737-9 și Boeing 737-10) și care se dorea

înlocuitor pentru modelele Boeing 737-700 New Generation, Boeing 737-800 New Generation, respectiv Boeing 737-900ER. Aeronava Boeing 737 MAX este a patra generație de Boeing 737, care succede Boeing 737 Next Generation și concurează pe piața aviației de transport comerciale cu aeronavele din seria Airbus A320neo. În urma a două catastrofe aeriene (unul în Indonezia și celălalt în Etiopia), modelul Boeing 737 MAX nu a avut drept de zbor comercial de la data de 13 martie 2019. [59-63]

Eficiența operațională a aeronavei Boeing 737 în istoria aviației de transport comercială este impresionantă. Îmbunătățirea sistemelor aeronavei atât pentru a asigura nevoile companiilor aeriene cu respectarea standardelor impuse de ICAO sau FAA pentru siguranță aeriană, cât și pentru a îmbunătăți sistemele de control și instrumentele de bord ale aeronavei cu scopul de a oferi piloților o interfață mult mai eficientă s-a demonstrat a fi un lucru fundamental pentru încrederea companiilor aeriene, în special a celor din Statele Unite al Americii, în aeronava Boeing 737 lucru care demonstrează și numărul de comenzi în continuă creștere cu fiecare serie nouă. Datele din tabelul 4.1 au rolul de a prezenta succint istoria operațională a modelelor aeronavei Boeing 737 prezentate mai sus; se poate observa că îmbunătățirea tehnologică a dus la creșterea numărului de aeronave livrate. În același timp, acest aspect este un indicator al dezvoltării sistemului mondial de transport aerian, el devenind mult mai sigur și eficient. Chiar dacă numărul de aeronave livrate a fost din ce în ce mai mare cu fiecare model nou al aeronavei Boeing 737, rata accidentelor a scăzut, după cum se poate observa în tabelul 4.1, ceea dovedește o creștere a nivelului de siguranță.

Tabelul 4.1. Statistici privind siguranța operațională a aeronavei Boeing 737 (valori până în februarie 2020) [13]

Model	-100/200	-300/400/500	NG	MAX
Primul zbor comercial	<u>10 feb 1968</u>	<u>24 noi 1984</u>	<u>17 dec 1997</u>	<u>22 mai 2017</u>
Numărul total de aeronave livrate (feb 2020)	<u>1144</u>	<u>1990</u>	<u>7056</u>	<u>387</u>
Numărul de accidente (W/O)	<u>109</u>	<u>49</u>	<u>16</u>	<u>2</u>
Procentaj Aeronave distruse/ Aeronave livrate	<u>9,53%</u>	<u>2,46%</u>	<u>0,22%</u>	<u>0,52%</u>
Primul accident (W/O)	<u>19 iul 1970</u>	<u>18 ian 1988</u>	<u>30 sep 2006</u>	<u>29 oct 2018</u>
Ultimul accident	<u>18 mai 2018</u>	<u>31 mai 2017</u>	<u>05 feb 2020</u>	<u>10 mar 2019</u>
Perioada de la primul la ultimul accident in luni	<u>574 luni</u>	<u>351 luni</u>	<u>160 luni</u>	<u>4 luni</u>
Perioada de la primul zbor comercial până la primul accident	<u>29 luni</u>	<u>38 luni</u>	<u>106 luni</u>	<u>17 luni</u>

notă: W/O – en: *Written Off* = aeronave distruse.

Având ca punct de plecare informațiile puse la dispoziție de boeing.com și care sunt înscrise în tabelul 4.1, se pot trage concluzii despre impactul pe care dezvoltarea modelelor noi ale aeronavei Boeing 737, implicit dezvoltarea tehnologică, le-a avut asupra eficienței și siguranței operaționale a sistemului de transport aerian comercial.

4.2. Prima catastrofă aeriană a aeronavei Boeing 737 MAX 8: zborul Lion Air 610 din 29 Octombrie 2018

Pe data de 29 octombrie 2018 o aeronavă Boeing 737-8 MAX (cu înmatricularea PK-LQP) operată de către compania indoneziană Lion Air a avut de executat un zbor de la Jakarta Soekarno-Hatt la Pangkal Pinang cu indicativul LNI610; la 11 minute după decolare aeronava s-a prăbușit în mare, la nord-est de localitatea Jakarta.

S-a stabilit faptul că la zborul anterior, care a precedat accidentul, piloții au avut indicație greșită de IAS la vitezometrul din stânga și o problemă cu trimerul profundor, care a funcționat necomandat. Ambele probleme au fost rezolvate prin folosirea corespunzătoare a procedurilor existente, astfel zborul a fost finalizat în siguranță – piloții au declarat stare de urgență către ATC (*Pan-Pan*). După aterizare, comandantul aeronavei a introdus informații eronate în formele tehnice, din cauza nerecunoașterii situației pe care a întâlnit-o în zbor, și în urma proceselor de mentenanță, ca răspuns la defectele sesizate, inginerul care s-a ocupat de aeronavă a curățat ADM (air data module) pentru tubul pitot din partea stângă și ADM static pentru a corecta diferențele de IAS și ALT (altimetrie) și apoi a realizat cu succes testarea la sol a sistemului. A corectat problema presiunii diferențiale a comenzilor prin curățarea conectorilor electrici și a realizat un alt test satisfăcător la sol. Conform sistemul de raportare electronic al companiei, aeronava a fost dată la zbor a doua zi, după 7 ore de stat la sol. [16]

Imediat după desprinderea aeronavei, datele de pe DFDR (digital flight data recorder) arată că a existat o diferență de 20° într-e unghiul de atac stâng și cel drept, diferență care s-a menținut până la sfârșitul înregistrării. Tot în aceleași date se poate observa că doar comenzile din partea stângă au fost acționate, în afară de un interval de 20 de secunde, până la sfârșitul înregistrării; în niciun moment pilotul automat nu a fost cuplat și comenzile din dreapta nu au fost acționate. [16]

În figura 4.4. sunt reprezentați parametrii semnificativi din timpul zborului Lion Air 610 din momentul decolării până în momentul impactului cu solul. După cum se poate observa pe graficul care reprezintă acționarea trimereleor, de fiecare dată când pilotul a acționat trimerele (reprezentat grafic cu culoarea albastră), imediat a existat un răspuns de la sistem care a acționat

în mod automat trimerele (reprezentat cu culoarea portocalie) pentru a le aduce la starea inițială. De asemenea, se poate observa că piloții au fost nevoiți să acționeze trimerele doar după escamotarea flapsului, ceea ce a însemnat că în momentul în care flapsul era scos, efortul pe comenzi nu era la fel de mare, deci aeronava putea să fie menținută în zbor stabil orizontal. Acțiunile piloților pentru a controla aeronava prin intermediul trimereleor, datorită efortului ridicat de pe comenzile de zbor, a dus la variații de altitudine, în timp ce viteza indicată s-a menținut relativ aceeași. Comanda de zbor, și anume manșa de control, a fost acționată foarte puțin de la decolare până la impactul cu solul. Din figura 4.1 se poate concluziona că în permanență a existat o luptă între om (piloți) și sistemul tehnologic (aeronavă), din cauza informațiilor diferite pe care le aveau la dispoziție. Chiar dacă sistemul tehnologic trebuie să sprijine acțiunile pilotului pentru siguranța și eficiența aeriană, în acest caz, sistemul tehnologic nu a permis controlul manual al aeronavei și a provocat o catastrofă aeriană. În același timp, piloții au avut o dificultate de a înțelege ce se întâmplă și cum pot controla aeronava. Dacă identificau la timp faptul că scoaterea flapsului ajută la controlul aeronavei, datorită modului în care sistemul tehnologic a fost proiectat, atunci catastrofa ar fi putut să fie evitată.

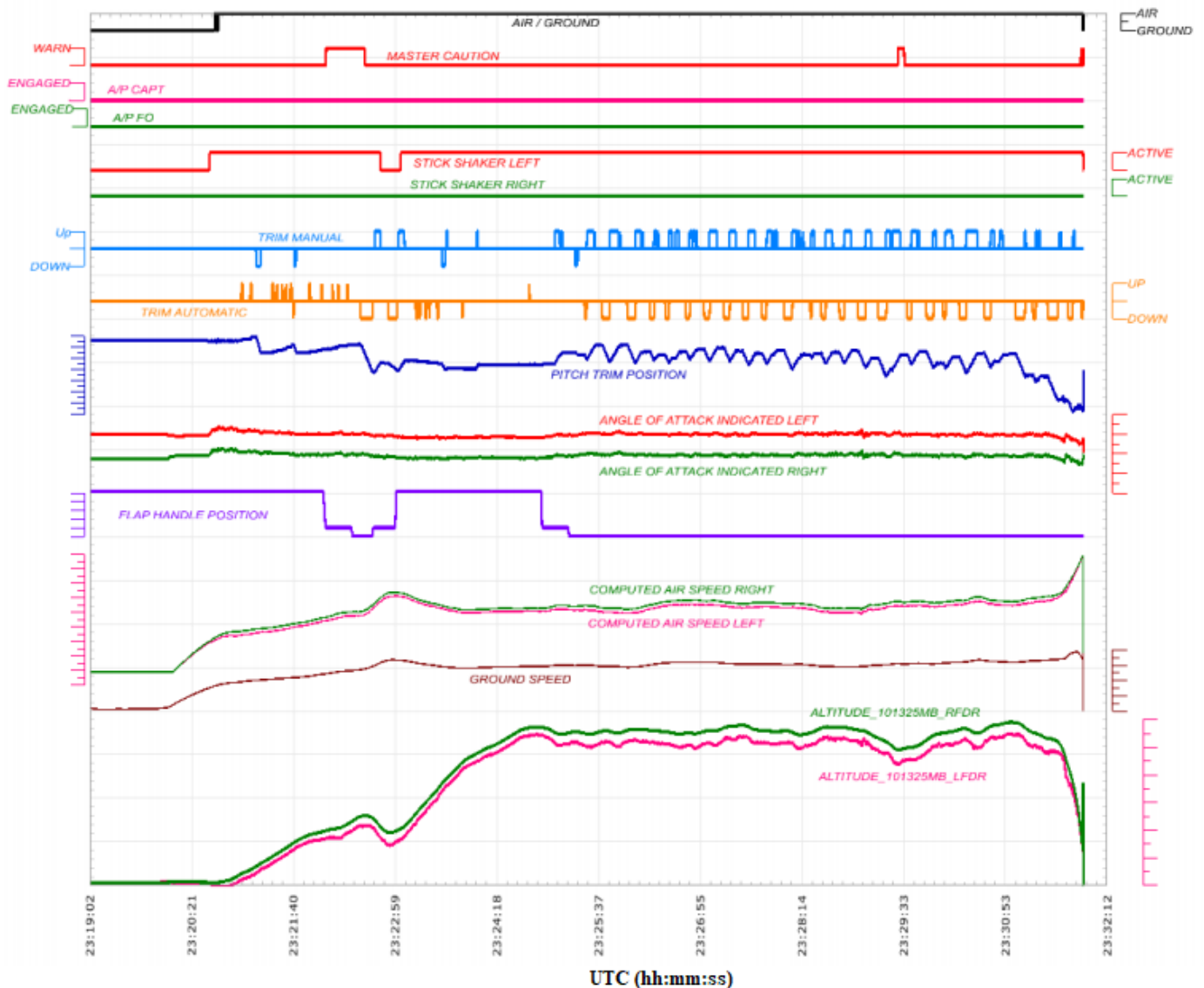


Figura 4.1. Parametrii semnificativi din timpul zborului Lion Air 610 – informații de pe DFDR (grafic preluat din raportul de investigație al catastrofei) [16]

4.3. A doua catastrofă aeriană a aeronavei Boeing 737 MAX 8: zborul Ethiopian Airlines 302 - 10 Martie 2019

Pe data de 10 martie 2019 o aeronavă Boeing 737 MAX 8 (cu înmatricularea ET-AVJ) operată de către compania africană Ethiopian Airlines avea de executat un zbor de la aeroportul internațional Addis Ababa Bole, Etiopia la aeroportul internațional Jomo Kenyatta din Nairobi, Kenya cu indicativul ETH302; la 6 minute după decolare aeronava s-a prăbușit la 28 de mii nautice (51,86 km) de localitatea Addis Ababa, lângă localitatea Ejere. Cele 157 de persoane, pasageri și echipaj, de la bordul aeronavei au murit.

Imediat după decolare, senzorii unghiului de atac (AOA) au înregistrat valori diferite. AOA din partea stângă a scăzut la 11,1° apoi a crescut la 35,7° în timp ce valoarea AOA din partea dreaptă a indicat 14,94°. Apoi valoarea AOA din partea stângă a ajuns la 74,5° în ¾ secunde în timp ce AOA din partea dreaptă a indicat o valoare maximă de 15,3°. Din acest moment, comenzile de zbor din partea stângă au fost acționate până la sfârșitul înregistrării. Viteza de zbor, altitudinea și valoarea indicației de cabraj a directorului de zbor (*flight director-ului*) de la postul comandantului au fost diferite față de cele ale copilotului. Valorile din partea stângă au fost mult mai mici decât valorile din partea dreaptă până la sfârșitul înregistrării. [82]

La șase secunde după cuplarea pilotului automat, au fost înregistrate ușoare oscilații de ruliu acompaniate de accelerații laterale, oscilații în girație și ușoare modificări ale capului de zbor. Aceste oscilații au continuat până în momentul în care pilotul automat a fost decuplat.

După ce au primit autorizare de a urca la FL340 – altitudinea setată fiind 32000ft (8754m) - și au fost vectorizați de organele de trafic aerian, pilotul comandant a cerut escamotarea flapsului, iar copilotul a acționat levierul de control de la 5° la 0° - în consecință, flapsul și-a modificat poziția. Cursul de zbor a fost modificat de la 072° la 197° și comandantul i-a spus copilotului să ceară structurii de control al traficului aerian menținerea cursului de zbor aferent direcției pistei; 5 secunde mai târziu pilotul automat a fost decuplat. La puțin timp după decuplarea pilotului automat, conform DFDR, aeronava a intrat automat în zbor în coborâre (AND) și a rămas astfel pentru 9 secunde, trimmer-ul modificându-și poziția de la 4,6 la 2,1 unități – sistemul GPWS (Ground Proximity Warning System) i-a alertat pe piloți referitor la pierderea de înălțime – „*Don't sink*”. Flapsul, atât cel de pe planul stâng, cât și cel de pe planul drept, a rămas la valoarea de 0,019°. [17]

Copilotul a spus de două ori „*stab trim cut-out*” – procedură din manualul de zbor pentru a decupla sistemul MCAS. Pilotul comandant a fost de acord cu executarea cu acestei proceduri, iar copilotul a confirmat executarea proceduri. La aproximativ 5 secunde de la anularea altitudinii de zbor în coborâre a aeronavei – a mișcării automate a profundorului – în mod automat trimmer-ul profundor a comandat aeronava în zbor în coborâre fără ca profundorul să-și modifice poziția. De trei ori pilotul comandant i-a spus copilotului „*Pull-up*” pentru a redresa aeronava, copilotul acționând în consecință – cei doi au acționat comenzile de zbor concomitent. [17]

Cu 32 de secunde înainte de sfârșitul înregistrării, la aproximativ 13.400ft (4084m), DFDR a înregistrat două inputuri electrice manuale ale trimmer-ului pentru a cabra aeronava. Trimmer-ul profundor și-a modificat poziția de la 2,1 unități la 2,3 unități. La aproximativ 5 secunde după ultimul input electric înregistrat, în mod automat trimmer-ul profundor a fost

acționat pentru zbor în coborâre, iar profundorul și-a modificat poziția de la 2,3 unități la 1,0 unități în aproximativ 5 secunde. Aeronava a intra în zbor în coborâre; piloții au încercat redresarea aeronavei, fiind înregistrat efort constant pe manșă, însă aeronavă a continuat zborul în coborâre – panta de coborâre fiind din ce în ce mai accentuată, ajungând până la 40°. Poziția stabilizatorului a variat între 1,1 și 0,8 unități pentru restul înregistrării. Ultima viteză de zbor înregistrată de vitezometrul din partea stângă a fost de aproximativ 458kt (846km/h), iar cel din dreapta a ajuns la 500kt (926km/h) p la sfârșitul înregistrării, adică până la momentul impactului cu solul. [17]

Și în cazul acestei catastrofe aeriene se poate observa că în urma acționării manuale a trimereleor, computerul de bord a reacționat și a încercat să corecteze poziția acestora. Din nou, a existat o problemă între input-urile factorului uman, datorită informațiilor disponibile și a modului în care a perceput situația la acel moment dat și input-urile sistemului tehnologic, deci a computer-ului de bord, care a primit informații eronate de la alte sisteme și a acționat eronat încercând să corecteze o problemă care nu a existat.

Față de graficul din figura 4.1 al catastrofei aeriene în care a fost implicată aeronava Boeing 737 MAX 8 a companiei Lion Air, în acest grafic (figura 4.2.) mai există un parametru care indică încălzirea senzorului unghiului de atac, sistem care a transmis informații eronate la computerul de bord cu privire la atitudinea aeronavei. Această creștere de temperatură se datorează, conform specialiștilor din domeniu, faptului că în decolare, o pasăre a lovit senzorul respectiv, iar acesta s-a obturat și s-a încălzit foarte mult, fiind acoperit de rămășițele păsării.

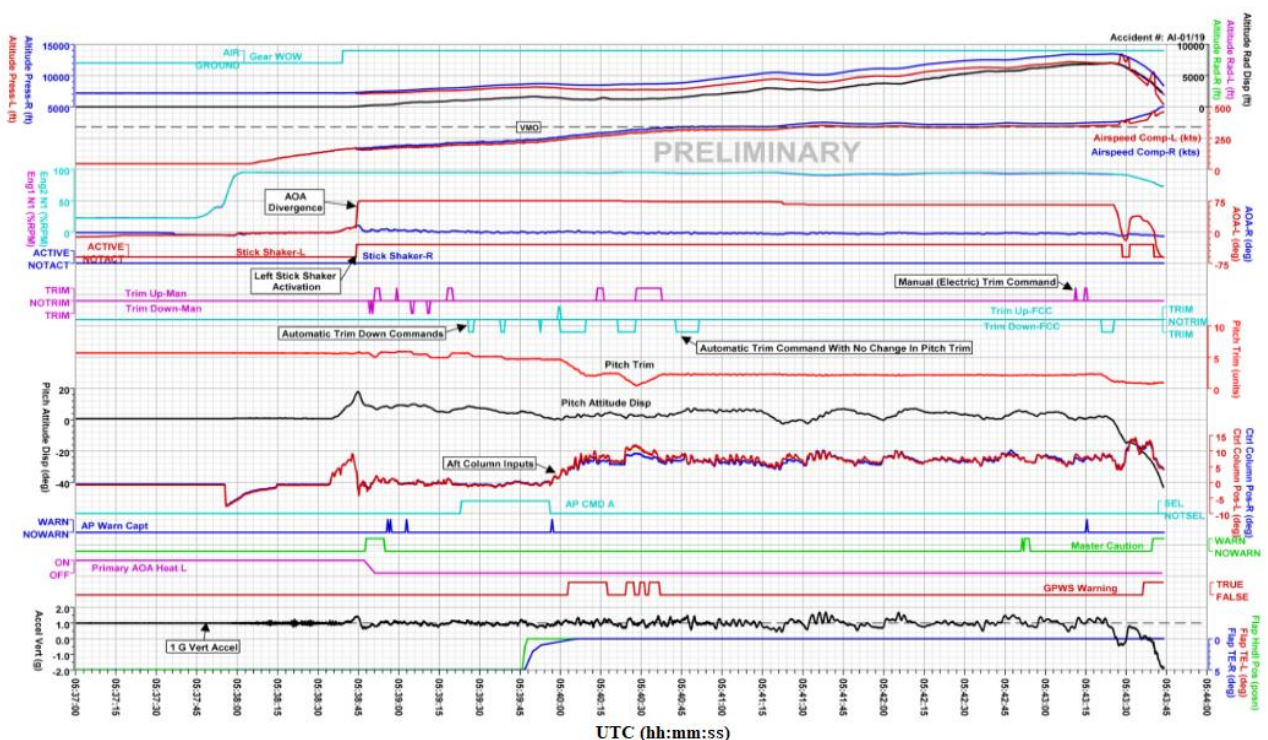


Figura 4.2. Parametrii semnificativi din timpul zborului Ethiopian Airlines 302 – informații de pe DFDR (grafic preluat din raportul de investigație al catastrofei) [17]

CAPITOLUL 5 - Sistemele de management organizațional în industria de transport aerian. Teoria sistemelor și controlul organizațional.

5.1. Tipuri de sisteme. Considerații generale privind evoluția sistemelor și controlului organizațional

Prin sistem, înțelegem un *ansamblu integrat de elemente (sau componente) care interacționează și al căror scop este de a asigura o funcție predeterminată* [18]. Prin această definiție, în mod intenționat, se dorește acoperirea unui număr vast și diferit de sisteme. În context organizațional acest lucru implică un număr mare de oameni, procese, tehnologii și materiale care împreună desfășoară o funcție importantă pentru a atinge un scop bine definit – serviciu sau dezvoltarea unui produs.

Sistemele în care există viață, precum organizațiile, există în spațiu și sunt alcătuite din materie și energii (care sunt organizate sub formă de informații) [19]. Sistemele pot fi descrise prin intermediul structurilor și ale proceselor. Dacă se dorește studiul unui proces, trebuie definită o structură care cuprinde și cele mai mici unități care trebuie folosite. Cu alte cuvinte, un proces este întotdeauna observat prin intermediul schimbărilor care au loc în structură sa.

Organizația reprezintă un element format din mai multe sub-elemente aflate în interacțiune interdependentă. Fluxul input-urilor este punctul de pornire când se dorește descrierea organizației. Fiecare organizație este o mică parte dintr-o anumită industrie (un sistem mai mare), o societate (un alt sistem mai mare) și din economia globală (probabil cel mai mare sistem care există). Teoria sistemelor poate descrie comportamentul indivizilor și a grupurilor în cadrul unei organizații. Un input (cauza) poate fi procesat de un individ atât mental, cât și prin procese psihologice pentru a produce un output specific (rezultat). [20]

Teoria sistemelor permite descrierea comportamentului intern și extern al organizațiilor. În mod intern, se observă cum și de ce oamenii din organizație acționează la nivel individual și de grup. În mod extern, relațiile dintre organizații și instituții pot fi evaluate. Toate organizațiile obțin resurse dintr-un mediu mai mare, cel din care fac parte, și în schimb oferă produse și diferite servicii cerute de mediul de apartenență. [20]

Un sistem complex este format dintr-un subsistem, care este o construcție concretă, un sistem tehnic, fără viață, și un alt subsistem reprezentat de oameni și care constituie un sistem viu [19]. Scopul organizației este de a menține suprasistemul, care include sistemul tehnic și organizațional, și subsistemele lor, în limitele stării de echilibru având în vedere multitudinea de variabile existente. Dacă acest lucru nu are loc, structurile sistemului și procesele se modifică, iar sistemul se deplasează spre o altă stare de echilibru. În funcție de schimbare, sistemul poate avea dificultăți în a supraviețui, dar este ideal să se adapteze la noile cerințe de mediu.

Teoria sistemelor ne permite o percepție și o înțelegere mai bună a problemei existente și, în același timp, ajută în identificarea cauzelor problemei. Prin analogie, dacă doctorii ar fi capabili să trateze doar simptomele oamenilor și niciodată boala propriu-zisă, nu am putea niciodată să ne revenim complet dintr-o boală. Identificarea nu doar a problemei, ci și a elementelor care cauzează problema ne ajută să comunicăm mult mai eficient.

Modelul organizațional din figura 5.1 reprezintă organizația ca un sistem format dintr-un subsistem de management și un subsistem de transformare. Întregul sistem este implicat în mai multe relații, transacționale și interacțiuni, cu diferite elemente. Pentru o organizație aeronautică aceste elemente pot fi: distribuitorii, competitorii, clienții, organizații guvernamentale sau non-guvernamentale etc. [21]

Subsistemul de management se ocupă cu procesele de management care cuprind: deciziile, planificarea, improvizațiile, verificările, evaluări și control. Subsistemul de management ia decizii bazate pe informațiile interne și externe. Pe lângă aceste elemente, alte criterii importante pentru luarea deciziei de către sistemul de management sunt: valorile organizației, standardele organizației, principiile organizației și cultura de afaceri. Deciziile sunt luate pentru a defini strategia organizației, pentru a iniția investiții și pentru a controla procesele operaționale și de siguranță ale sistemului de transformare. Profitul pe care îl obține organizația poate fi perceput ca rezultat direct al deciziilor luate de către subsistemul de management și de aceea poate fi considerat ca un feedback pentru procesele de management. În același timp, un alt feedback pentru procesele de management poate fi considerat și nivelul de siguranță și cel de eficiență organizațională. [21]

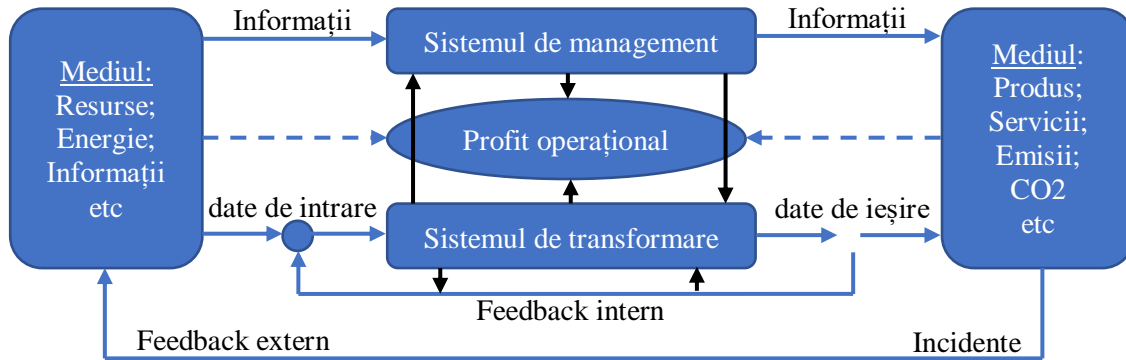


Figura 5.1. Model teoretic al organizației în teoria sistemelor [21]

Scopul principal al managementului de control al sistemelor este de a obține congruența obiectivelor. Sistemele funcționează ca mijloc de distribuție a resurselor și responsabilităților, în concordanță cu criterii certe, prin planificare, monitorizare, evaluare și recompensare. Complementar cu acest scop inițial de a obține congruența obiectivelor este principiul de a utiliza managementul de control al sistemelor pentru a diminua incertitudinea [7]. Congruența obiectivelor ca obiectiv principal al managementului de control al sistemelor nu este în contradicție cu utilizarea mijloacelor de control în vederea diminuării incertitudinii deoarece, chiar dacă un sistem este utilizat în acest scop, el trebuie să atingă un anumit nivel de coordonare între interesele oamenilor care operează/utilizează acel sistem și interesele organizației, permițând astfel „alinieră intereselor” [22]. Autorii definesc alinierea intereselor organizaționale ca „măsura în care membrii organizației sunt motivați să se comporte și acționeze în concordanță cu obiectivele organizaționale” [22]. Finalitatea managementului de control al sistemelor este de a modela comportamentul oamenilor astfel încât să contribuie la obținerea obiectivelor organizaționale.

Literatura de specialitate privind corectitudinea organizațională a investigat obiectivitatea regulilor informale care creează percepții puternice despre aceasta, deci asigură cele mai bune reacții, ajutând astfel obținerea obiectivelor organizaționale stabilite. [23-25]

5.2. Concluzii privind teoria sistemelor în aviația de transport

Sistemul de transport aerian nu poate fi privit ca un element singular. Aeronavele, deci sistemul tehnologic, nu sunt singurele care prezintă caracteristică de complexitate, organizațiile fiind și ele destul de bine dezvoltate și dinamice. Plecând de la definiția generală a teoriei sistemelor am observat că aviația de transport se încadrează ideal în această definiție: „studiu interdisciplinar al sistemelor care pot fi grupuri, interconectate, interdependente naturale sau

realizate de om. Fiecare sistem este limitat în timp și spațiu, fiind influențat de mediul său, definit de o structură și un scop, exprimat prin modul de funcționare”. [26]

Relațiile dintre sistemele organizaționale dau naștere la riscuri ale căror severitate depind de modul în care sunt administrate elementele operaționale atât de la nivel tehnologic, cât și a celor care țin de factorul uman. Chiar dacă mai multe organizații folosesc același sistem tehnologic, nu înseamnă că nivelul de siguranță și eficiență este același. De exemplu, politicile și procedurile organizaționale sau încălcarea acestora, au un impact mare asupra operațiunilor aeriene; în mod special, după cum am prezentat în capitolul 4, relația organizațională dintre Boeing-FAA poate avea impact asupra activității desfășurate de alte companii aeriene. Această relație împreună cu particularitățile tehnologice și umane poate duce la catastrofe, cum s-a întâmplat de altfel cu cele două catastrofe aeriene cu aeronava Boeing 737 MAX 8. De aceea, având în vedere situația din sistemul de transport aerian unde, după cum am precizat anterior, complexitatea există și este în continuă expansiune, înțelegerea teoriei sistemelor este, din punctul meu de vedere, foarte importantă deoarece permite o percepție clară a modului în care sistemele se influențează reciproc.

5.2. Concluzii privind importanța controlului organizațional în aviația de transport

Controlul organizațional este o funcție cheie al managementului prin care se încearcă menținerea echilibrului în sistemul organizațional. Complexitatea existentă în industria de transport aerian, în special dacă privim aviația din perspectiva de „sistem-din-sistem”, impune necesitatea dezvoltării acestei funcții manageriale; integrarea unui set de practici pentru a reglementa activitățile desfășurate de oameni, cum ar fi pregătirea teoretică și practică insituționalizată, devine un proces foarte important într-o organizație aeronautică. Din punctul meu de vedere, ținând cont de specificul organizațional și de particularitățile pe care o companie aeriană le are, controlul organizațional poate să fie sursa de putere pentru a avea stabilitate, echilibru și dezvoltare organizațională, dar, în același timp, poate fi un element de vulnerabilitate. Dezvoltarea continuă a sistemelor în aviație și necesitatea menținerii unui nivel operațional înalt chiar și în momentele de tranziție reprezintă o provocare, de aceea consider că este foarte important ca această caracteristică a managementului – controlul organizațional – să fie dezvoltată în paralel cu dezvoltarea sistemelor și implementarea lor în dinamica operațională. Controlul organizațional este fundamental pentru orice organizație aeronautică și poate fi considerat cumulul elementelor de control al tuturor celorlalte sisteme care interacționează în aviație.

CAPITOLUL 6 - Siguranța sistemelor în cadrul proceselor operaționale din industria de transport aerian

6.1. Evoluția siguranței aeronautice

Sistemul de siguranță al aviației de transport a avut diferite perioade notabile de evoluție, acestea fiind (figura 6.1.): era tehnologică, era factorului uman, era organizațională și era sistemelor totale în care ne aflăm astăzi.

Era tehnologică se referă la perioada cuprinsă între începutul secolului douăzeci și anii `70, când aviația a apărut și s-a dezvoltat ca un element de transport internațional, iar deficiențele de siguranță identificate au fost asociate cu cedările de natură tehnică. Așadar, investigarea problemelor tehnice și dezvoltarea tehnologică au reprezentat principalul element de cercetare pentru specialiștii în siguranță aeronautică din acea perioadă. Până în anii `50, odată cu îmbunătățirea tehnologică și cu reducerea ratei accidentelor, dezvoltarea obiectivelor principale s-au axat pe zona reglementărilor și a conformităților. [27,28]

Era factorului uman se referă la perioada cuprinsă între începutul anilor `70 și până la mijlocul anilor `90. La începutul anilor `70 rata accidentelor a fost diminuată considerabil datorită îmbunătățirilor tehnologice și a reglementărilor impuse. Aviația a devenit un mijloc de transport mai sigur și dezvoltarea obiectivelor de siguranță a dezvoltat și interfața om-mașină. Chiar dacă au fost investite resurse considerabile pentru reducerea erorilor umane, ele reprezintă în continuare o cauză a multor catastrofe aeriene. [27,28]

Era organizațională se referă la perioada dintre 2001 și 2010 când oamenii au început să perceapă siguranța din perspectivă sistemică. Pe lângă factorii tehnologici și cei umani, factorii organizaționali au fost și ei incluși. Având în vedere impactul culturii organizaționale și a politicilor asupra managementului siguranței riscului, a fost adoptat conceptul de organizare structurală. Metodele tradiționale de cercetare ale datelor, și analizarea acestora, au fost limitate de colectarea datelor în investigațiile și accidente serioase. Pentru a rezolva problema, o nouă abordare proactivă privind siguranța aeronautică a fost introdusă. În această perioadă managementul de siguranță al aviației civile s-a axat pe standardizare și sistematizare prin realizarea unui cadru de lucru structurat, construirea unui sistem de siguranță, stabilirea de proceduri și stabilirea standardelor operaționale. [27,28]

Modernizarea aviației de transport comercial și creșterea spectrului operațiunilor a impus externalizarea diferitelor servicii și cooperarea cu diferite companii din industria aeronautică și nu numai. De aceea industria aeronautică poate fi percepută ca un sistem, toate celelalte companii care sprijină serviciile și operațiunile de zbor ale unui companii fiind percepute ca sub-sisteme. Astfel a luat naștere conceptul de Safety Management System (SMS). [27,28]

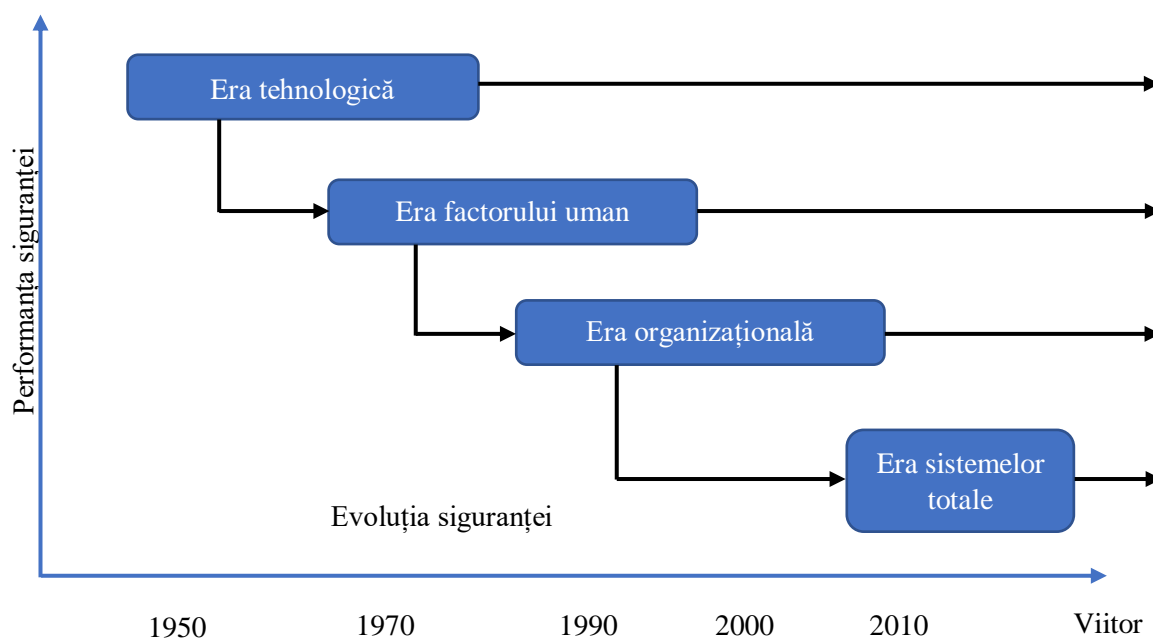


Figura 6.1. Evoluția siguranței aeronautice (adaptat după China GA Report 2021 și SMM 2013 [27,28])

6.2. Siguranța sistemului aeronautic de transport aerian

Despre aviație se poate afirma că este un „sistem din sisteme” (*en.* „*system-of-systems*”). Maier (1998) [29] a afirmat că „sistemele din sistem” sunt caracterizate de următoarele cinci elemente: independența operațională a elementelor, independența managerială a elementelor, evoluție continuă, comportament emergent și de o distribuție specifică a elementelor din structura sistemelor. În contextul aviației, aceste sisteme au o independență operațională distinctă (operarea aeronavelor, mentenanța, managementul/controlul traficului aerian) și fiecare dintre acestea au la rândul lor independență managerială (sunt oferite de companii independente sau de structuri de stat); totuși, sunt bazate pe un set comun de principii de operare și de reglementări internaționale privind structura și operaționalizarea lor. Toate aspectele mediului aeronautic cuprind aspecte tehnice, umane și organizaționale. Aviația este un „sistem din sisteme” socio-tehnic care înglobează considerații critice ale factorului uman precum uzura,

pregătirea, proiecția, mentenanță, siguranță, proceduri, comunicații, volum de muncă și automatizări.

6.3. Sistemul de siguranță în era modernă a aviației de transport – *Safety Management Systems (SMS)*

Safety Management Systems (SMS, ro: sistemul de management al siguranței sistemelor) a apărut ca un conglomerat de activități legate de siguranță care permit unei organizații să-și îndeplinească responsabilitățile sub spectrul auto-reglementărilor. Rolul autorității de reglementare a evoluat la nivelul la care încearcă să vină în sprijinul organizației și să evalueze punctele tari și slăbiciunile SMS-ului. Această modificare a adus și multe provocări pentru organizațiile care din acest moment erau nevoite să impună reglementările operaționale proprii și să aibă rezultate pozitive; în același timp, autoritatea de reglementare nu mai evaluează respectarea reglementărilor prescriptive, ci eficiența întregului sistem.

Tranziția dintre abordarea prescriptivă și SMS-ul modern a implicat o evoluție graduală în sensul că reglementările au căutat să asigure siguranța funcționării sistemelor. Cu certitudine că perioada dintre 1970 și 1990 a fost cea a „programelor de siguranță” caracterizată prin elemente noi, iar multe dintre aceste elemente fac parte din ceea ce numim astăzi managementul siguranței sistemelor - SMS. Formularea inițială a SMS-ului era o colecție vastă a activităților necesare pentru a asigura confort și siguranță organizațiilor în noua era a cerințelor impuse de reglementări.

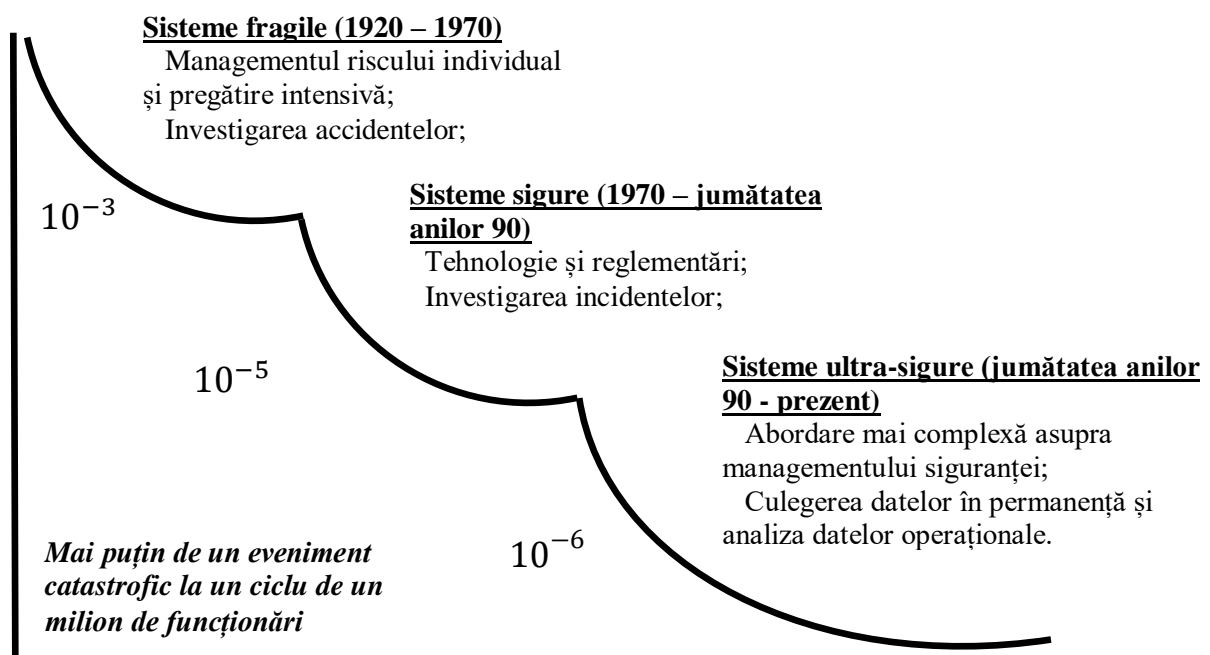


Figura 6.2. Evoluția sistemelor ultra-sigure (adaptat după Amalberti [30])

Managementul siguranței sistemelor (SMS – Safety Management System) poate fi definit ca o metodă de planificare, documentare și verificare a administrării pericolelor și riscurilor asociate [31]. ICAO definește acest concept mai detaliat; managementul siguranței sistemelor implică o abordare sistematică în vederea administrării riscului și include structuri organizaționale, responsabilități, politici și proceduri. [28]

6.4. Siguranța sistemelor organizaționale aeronautice

Siguranța sistemelor are două caracteristici primare; în primul rând ea reprezintă o doctrină a practicilor de management care obligă identificarea pericolelor și controlarea permanentă a riscului, fiind un cumul de abordări analitice cu care se pot pune în practică diferite doctrine. Sistemele sunt analizate pentru a identifica pericolele, iar aceste pericole sunt evaluate din punct de vedere a riscului cu scopul de a veni în ajutorul factorului de decizie. Managementul trebuie să decidă dacă riscul este acceptabil sau nu; dacă este inacceptabil, atunci se va decide ce trebuie făcut, de către cine, când și la ce costuri.

Capitolul 7 - Impactul și implicațiile factorului uman în cadrul proceselor operaționale de zbor

7.1. Considerații privind factorul uman

Eroarea umană reprezintă un factor contributiv al accidentelor aeriene în proporție de 70% conform studiilor și statisticilor realizate în ultimii ani. În mod uzual eroarea umană este asociată operațiunilor de zbor, însă a devenit o problemă în procesele de mentenanță și de management al traficului aerian. Termenul de „factor uman” a devenit popular concomitent cu dezvoltarea sistemului de transport aerian comercial la nivel global, deoarece s-a constatat că nu doar problemele mecanice stau la baza incidentelor și accidentelor aeronautice, ci și problemele care țin de factorul uman. În termeni restrânși, factorii umani sunt considerați sinonimi cu managementul resurselor în echipaj (CRM – Crew Resources Management) sau cu managementul resurselor în mentenanță (MRM – Maintenance Resource Management). Studiul factorilor umani în aviație implică colectarea de informații despre abilitățile umane, limitări și alte caracteristici care apoi sunt aplicate instrumentelor, mașinilor, sistemelor sau mediului, în cadrul sarcinilor operaționale pentru a obține o utilizare eficientă a resurselor umane. În aviație

studiul factorului uman are rolul de a ajuta la înțelegerea modului în care oamenii se pot integra eficient și sigur cu tehnologia, iar acest lucru este realizat prin intermediul proiectării ergonomice, a pregătirii, a procedurilor și reglementărilor. Rezultatul acestei înțelegeri trebuie să sprijine procesele care duc la performanțe îmbunătățite ale factorului uman și să ajute la menținerea unui nivel ridicat de performanță al omului – pilotului. [15]

Indiferent de rapiditatea dezvoltării tehnologice, omul este cel responsabil să asigure succesul și siguranța în industria aeronautică. De aceea, omul trebuie să fie flexibil, dedicat, eficient și să-și îmbunătățească în permanență cunoștințele în timp ce trebuie să ia decizii corecte. În același timp, industria aeronautică continuă să facă investiții majore pe termen lung în pregătire, echipamente și sisteme. Deoarece tehnologia evoluează mai repede decât posibilitățile de a aprecia modul în care oamenii vor interacționa cu aceasta, industria aeronautică nu poate depinde de experiență și intuiție pentru a lua decizii cu privire la performanțele umane. Este însă nevoie de cercetare științifică pentru a evalua performanțele umane și implicațiile ei în proiectare, pregătire și din punct de vedere procedural, exact așa cum dezvoltarea unui nou tip de aripi necesită studii aprofundate în domeniul aerodinamicii. [15]

Factorul uman este o problemă complexă; interacțiunea dintre piloți/membrii echipajului, implicat procedurile de management în echipaj (en:*Crew Resource Management*) fac parte dintr-un domeniu amplu, greu de cuantificat într-o valoare numerică; însă aceasta este un aspect din domeniul psihologiei, iar în modelul pe care l-am realizat în această teză, în capitolul 8, nu caută să accentueze factorul uman, deși importanța sa în operațiunile aeronautice este de neconținut, de aceea am studiat problematica privind factorul uman punând accentul pe circumspecțiunea aeronautică, element care a fost esențial în catastrofele prezentate în capitolul 4.

Pentru calculele realizate în capitolul 8 al acestei lucrări am utilizat ca punct de plecare studiul apărut în *International Journal of Aviation, Aeronautics and Space* și intitulat *Validating the Knowledge, Skills, and Abilities Composite Measure: An Aviation Industry pilot Study* din anul 2015 [32]. Acesta face referire la importanța experienței, certificărilor și calificărilor pentru piloți reușind să cuantifice aceste rezultate în urma unor studii psihometrice realizate în domeniul aeronautic; ideea de bază al studiului și valorile pe care le-au obținut autorii au fost utilizate și în modelul de risc intersisteme realizat în cadrul studiului de caz al tezei de față pentru a implementa și valorifica factorul uman.

În urma studiului referitor la paradigma schimbării educaționale în aviație, Earnhardt, Newcomer, Watkins și Marion (2014) [33] au evidențiat faptul că educația, certificarea și

experiența (ECE) reprezintă aspecte importante în industria aeronautică; importanța fiecărui element variază în funcție de organizație și de cultura acesteia. Autorii au realizat o conexiune între educație, certificare, experiență și (potențiala) cunoaștere, aptitudine, abilitate (CAA) aspect care influențează foarte mult decizia de a angaja sau promova pe cineva în domeniul aeronautic. Înțelegerea relației dintre ECE și CAA este extrem de importantă pentru a identifica combinația ideală de CAA în industria aeronautică deoarece CAA influențează și factorul decizional. [34]

7.2. Circumspecțiunea aeronautică – element fundamental în operațiunile aeronautice

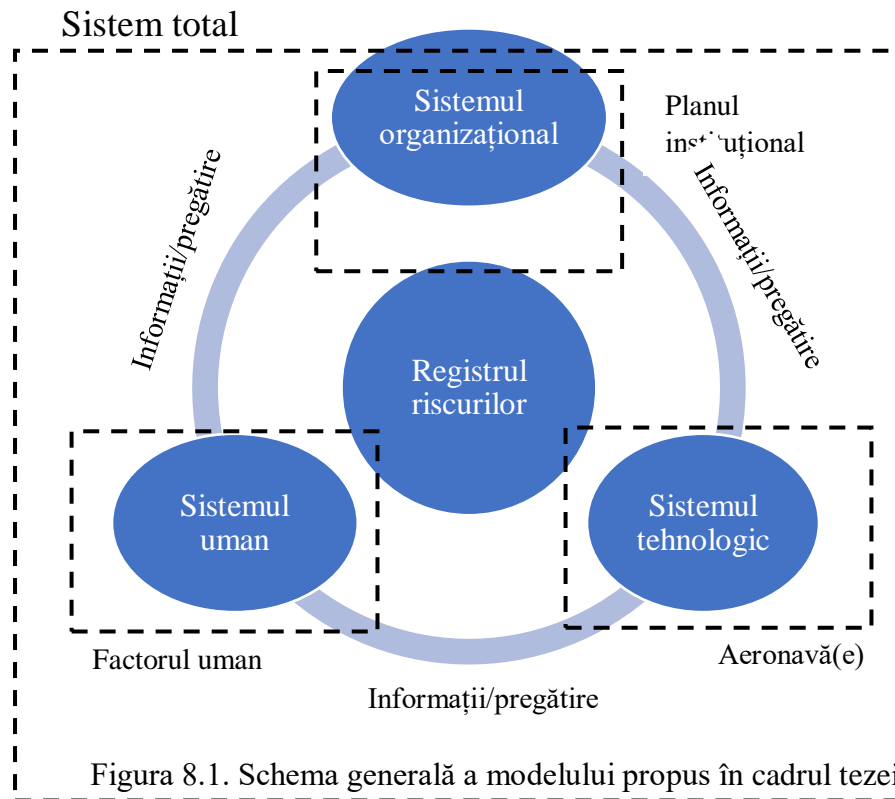
În domeniul aeronautic, menținerea unui nivel ridicat al circumspecțiunii situaționale este unul dintre cele mai dificile caracteristici din cadrul echipajului. Circumspecțiunea situațională poate fi învățată, deci dezvoltată ca o deprindere, sub forma unui model mental internalizat a mediului aeronautic la un anumit moment.

Circumspecțiunea aeriană este în mod formal definită *ca percepția tuturor elementelor din mediul înconjurător într-un anumit volum de timp și spațiu, înțelegerea comprehensivă a semnificațiilor și anticiparea statusului în viitorul apropiat* [35]. Pe scurt, se referă la percepția factorilor critici în mediu (Nivelul 1), înțelegerea factorilor respectivi, în mod special când au legătură cu obiectivele membrilor echipajului (Nivelul 2), și la cel mai ridicat nivel, înțelegerea a ceea ce s-ar putea întâmpla cu sistemul în viitorul apropiat (Nivelul 3). Aceste nivele superioare ale circumspecțiunii aeronautice îi permit pilotului să acționeze la timp și eficient.

CAPITOLUL 8 – Model pentru identificarea probabilității riscului în sistemele totale din aviația de transport

Modelul pe care l-am dezvoltat are la bază conceptul de sisteme totale prezentat în capitolul 6 (figura 6.1.); chiar dacă siguranța aeronautică a evoluat de-a lungul timpului de la elementele tehnologice, la cele umane și apoi la cele organizaționale, complexitatea sistemelor existente în prezent în aviația de transport necesită dezvoltarea modelelor care pun accentul pe interacțiunea dintre cele trei sisteme principale (sistemul organizațional, sistemul tehnologic și sistemul uman (factorul uman) (figura 8.1) pentru a înțelege registrul riscurilor din sistemul de transport aerian. Între cele trei sisteme principale din aviația de transport trebuie să existe și să

fie dezvoltată o relație; organizația trebuie să dezvolte un plan instituțional adaptat în funcție de tehnologia utilizată și de particularitățile factorului uman identificate în urma pregătirii de specialitate.



Pentru a îmbunătăți fiabilitatea și siguranța aeronavelor, componentele din cadrul acestor sisteme sunt verificate și reparate periodic la intervale de timp sau de funcționare, bine definite. În funcție de criticitatea și funcționalitatea acestor componente, unele sunt verificate înainte de zbor, altele după o anumită perioadă sau după un număr de cicluri de funcționare, în funcție de programul de mentenanță al companiei sau de cel impus de compania care a construit aeronava.

Mediul organizațional cuprinde toți factorii sau forțele care pot avea impact potențial asupra performanței sau operațiunilor organizaționale. Există două tipuri de definiții pentru mediul organizațional - în context general sau restrâns. În sens general se referă la întregul mediu atât din afara, cât și din interiorul limitelor organizaționale. Pentru o anumită organizație, mediul extern poate fi împărțit în mediul specific și cel general. Mediul specific influențează direct decizia de acțiune a managerului și este relevantă în atingerea obiectivelor organizaționale – sarcini de mediu. [37]

8.1. Elemente utilizate pentru dezvoltarea modelului propus – considerații teoretice

Atât studiul și cercetarea științifică realizate pentru această lucrare, cât și experiența profesională m-au ajutat să dezvolt în fază incipientă modelul pentru identificarea probabilității riscului în sistemele totale din aviația de transport.

Pentru obținerea valorii numerice a sistemului organizațional s-au luat în calcul mai multe variabile; o valoare riguros obținută în urma unui algoritm complex și care cuprinde multe variabile, enumerate în continuare, conform informațiilor puse la dispoziție de autori, este indexul de risc al siguranței JACDEC [37]. Cu cât valoarea procentuală este mai mare, cu atât compania aeriană în cauză este considerată mai sigură; în clasamentul realizat de JACDEC nu există companie aeriană care să dețină indexul de 100%, ceea ce înseamnă că mai există o valoare reziduală a riscului – valoare care a fost utilizată în calcule.

Conform site-ului www.jacdec.de [38], metodologia și definițiile care stau la baza indexului de risc sunt destul de vaste. Specialiștii JACDEC iau în calcul doar companiile care au avut în patru ani consecutivi peste un milion de pasageri pe an. Modul în care siguranța a fost cuantificată a devenit mult mai complexă și mai bine înțeleasă, astfel că, în prezent, prin intermediul acesteia să se poată compara nivelul de siguranță al companiilor aeriene din lume. Indexul JACDEC siguranță-risc are la bază multe componente, cele mai importante fiind următoarele [38]:

1. Istoricul accidentelor/incidentelor

- Numărul anual de pasageri (en:Revenue Passengers Kilometers – RPKs).
- Fatalitate.
- Numărul de răniți.
- Numărul total de pierderi.
- Numărul de incidente.

2. Factorii de mediu

- Auditul IASA.
- Transparența.
- Auditul USOAP(en:Universal Safety Oversight Audit Programme).
- Factorii 1 de risc ai țării.
- Factorii 2 de risc ai țării.

3. Organizația - compania aeriană și factorii de risc ai operatorului.

- Auditul IOSA. IATA.

- Vârsta flotei din dotare.
- Profilul rutelor operaționale.
- Lista Uniunii Europene cu companiile aeriene interzise în spațiul aerian european din considerente de siguranță.
- Riscurile operaționale.

Chiar dacă acest index cuprinde foarte multe elemente, orice index de siguranță al companiilor aeriene trebuie considerat ca fiind imperfect datorită complexității tuturor metodelor de administrare/diminuare/eliminare ale riscului în aviație – negarea acestui aspect este o mare eroare. Anumite sectoare esențiale în aviație precum aptitudinea membrilor echipajului sau aspectele legate de mentenanță sunt acoperite într-o manieră superficială, iar acest lucru se datorează în special inexistenței la nivel global al unui sistem supranațional de audit care să acopere aceste aspecte. Totuși, indexul de risc JACDEC poate fi privit ca o valoare estimativă și ca o referință ideală pentru înțelegerea nivelului de risc al operatorilor aerieni. În același timp, poate fi un instrument ideal pentru a compara marile companii aeriene de la nivel global prin combinarea parametrilor principali de siguranță.

În cadrul modelului propus, suplimentar indexului de siguranță JACDEC, am considerat pentru calcule factorul uman ca fiind un sistem care administrează riscurile și modurile operaționale, mediul înconjurător un sistem care influențează prin intermediul variabilelor externe starea operațională și care poate genera riscuri (de exemplu condițiile meteorologice sau păsările), care trebuie administrate de echipajul de zbor, iar sistemul tehnologic un alt sistem, sistemul central, care este influențat din punct de vedere operațional atât de variabilele mediului înconjurător (date de intrare (*en: input*)), dar și de modul de răspuns (date de ieșire (*en: output*)) al echipajului de zbor la aceste variabile; de asemenea, procesele de mentenanță pot influența funcționarea sistemului tehnologic, deci apar noi variabile operaționale (date de intrare).

Având în vedere complexitatea tehnologică a unei aeronave moderne, pentru modelul propus am luat în considerare elementul tehnologic din arhitectura sistemului de control al zborului din componența aeronavei Boeing 737 MAX 8, și anume sistemul MCAS pe care l-am explicat în capitolul 4. S-a luat ca referință această componentă deoarece ea a fost afectată direct de mentenanță și de mediul înconjurător în cadrul celor două catastrofe, iar riscul datorat acestor variabile a crescut considerabil datorită unor elemente care nu ar fi afectat zborul aeronavelor din generațiile trecute, în condițiile date; o aeronavă nouă este realizată pentru a diminua riscul operațional, iar sistemele de natură software au rolul de a îmbunătăți eficiența și siguranța zborului, însă un sistem implementat incorect demonstrează, în această situație, că

riscul apare sub o altă formă – riscul este redimensionat. Dificultatea de a administra aceste riscuri și lipsa informațiilor au reprezentat premisa pentru producerea catastrofelor aeriene, conform cercetării științifice realizate în capitolul 4.

Pentru erorile sistemului MCAS, implicit ale sistemului tehnologic, am utilizat valoarea de „ 10^{-5} ” atât pentru zborurile companiei Lion Air, cât și pentru cele ale companiei Ethiopian Airlines; această valoare reprezintă probabilitatea de apariție a unui risc major în timpul zborului folosit de FAA, EASA sau ICAO pentru posibilitatea apariției unui eveniment de zbor major datorită riscurilor aferente. În acest document și manual ICAO Safety Management Systems, menționate și în capitolul 6, sunt clasificate nivelele de risc pentru sistemele software, iar un risc major poate să apară la o probabilitate de $1 \cdot 10^{-5}$. În situația celor două catastrofe aeriene cu aeronava Boeing 737 MAX 8, atât mentenanța necorespunzătoare, cât și factorii de mediu au contribuit la dezvoltarea unui risc latent al sistemului MCAS, risc care nu exista la generațiile anterioare ale aeronavei Boeing 737.

Modelul învățării 70:20:10 a fost dezvoltat de Morgan McCall, Robert Eichinger și Michael Lombardo la Centrul pentru creativitate în leadership (en: *Center for Creative Leadership*) în anii '90. În urma unui studiu referitor la filozofia învățatului realizat pe aproape 200 de persoane cu funcții de conducere, aceștia au ajuns la anumite concluzii și au realizat o nouă paradigmă a învățării [39], care afirmă următoarele:

- 70% din învățare este rezultatul sarcinilor dificile – învățarea experimentală este rezultatul sarcinilor și provocărilor cu care oamenii se confruntă la serviciu;
- 20% din dezvoltarea relațiilor – acest aspect este realizat prin mentorat, feedback și din relațiile cu colegii;
- 10% din cursuri și antrenament – învățare formală.

Chiar dacă au trecut mulți ani de când acest model a fost prezentat, el a rămas de referință și în prezent, fiind utilizat pentru a realiza un echilibru organizațional din punct de vedere al pregătirii angajaților. Modelul este flexibil; acesta poate fi utilizat pentru a obține productivitate de la angajați sau poate avea rol strategic, precum dezvoltarea profesională continuă. În același timp, modelul este o metodă de pregătire informală care se dovedește eficientă; modelul 70:20:10 presupune că atât managerii, cât și întreg personalul sunt implicați în pregătire, iar acest factor este extrem de important deoarece personalul poate fi motivat să rămână în organizație. [39]

8.2. Calculul fiabilității dintre sisteme. Relația tehnologie-factor uman – exemplificare matematică

Modelul propus în această teză este împărțit în două etape. În prima etapă se identifică valoarea probabilității riscului interacțiunii dintre sisteme (tehnologie și factor uman), iar în etapa a doua se demonstrează importanța pregătirii teoretice și practice în contextul probabilității riscului operațional. Riscul organizațional este considerat ca fiind valoarea reziduală a indexului de risc al siguranței JACDEC, această valoare reziduală a indexului de risc al siguranței este obținută prin scăderea valorii procentuale a indexului de risc JACDEC din valoarea maximă posibilă, implicit 100%.

În etapa a doua se calculează diminuarea probabilității riscului existent prin intermediul informațiilor și cunoștințelor acumulate. Din aceste considerente am adăugat variabila *DROP* – variabilă pentru diminuarea probabilității riscului operațional prin pregătire (Figura 8.3.) – care diferă în funcție de strategia operatorului, având, printre altele, și implicații economice datorită proceselor implicate. Ea este implementată în funcție de necesitățile pregătirii teoretice și practice ale operatorilor umani, deci a piloților, având la bază informația și cunoștințele dobândite; variabila reprezintă etapa practică – simulatorul, iar valorile pe care poate să le aibă sunt de la 70% la 100%, în funcție de nivelul de pregătire, deci a ratei de promovare a simulatorului, obținut de piloți în urma parcurgerii acestei etape practice de evaluare; nu se consideră valori mai mici decât cele menționate deoarece în aviație valoarea de 70% este general admisă ca fiind nota minimă pentru care un pilot este declarat admis pentru zbor.

Valorile obținute ca urmare a parcurgerii etapelor practice de zbor sunt înmulțite cu 10% (învățarea formală conform modelului 70:20:10) pentru fiecare etapă definitivată și promovată, fiind raportate la cunoștințele dobândite anterior în urma învățării experimentale; valorile fazelor practice promovate sunt însumate și apoi înmulțite cu valoarea de 0,7 care reprezintă ponderea pe care practica o are în procesul de învățare conform modelului 70:20:10 menționat mai sus. Variabila pentru diminuarea probabilității riscului operațional prin pregătire (figura 8.2.) poate să aibă multiple forme diferite, în lucrare am utilizat pentru exemplificare matematică doar 5.

În modelul propus sunt realizate calcule pentru situații multiple și variate pentru a acoperi diferitele posibilități ale strategiei operatorului, deci ale companiilor aeriene. Variabila pentru diminuarea probabilității riscului operațional prin pregătire poate avea mai multe forme matematice, acestea fiind următoarele:

$$\blacktriangleright \text{ DROP}_1 = 0,7 * \text{valoare fază practică} = 0,7 * 0,7; 0,7 * 0,8; 0,7 * 0,9; 0,7 * 1.$$

- $DROP_2 = 0,7 (valoare\ simulator\ 1 + valoare\ simulator\ 2 * 1,1) - 0,7(0,7 + 0,7 * 1,1); 0,7(0,7 + 0,8 * 1,1) \dots; 0,7(1 + 1 * 1,1).$
- $DROP_3 = 0,7 (valoare\ sim\ 1 + valoare\ sim\ 2 * 1,1 + valoare\ sim\ 3 * 1,2) - 0,7(0,7 + 0,7 * 1,1 + 0,7 * 1,2); \dots; 0,7(1 + 1 * 1,1 + 1 * 1,2).$
- $DROP_4 = 0,7 (valoare\ sim\ 1 + \dots + valoare\ sim\ 4 * 1,3) - 0,7(0,7 + 0,7 * 1,1 + 0,7 * 1,2 + 0,7 * 1,3); \dots; 0,7(1 + 1 * 1,1 + 1 * 1,2 + 1 * 1,3).$
- $DROP_5 = 0,7 (valoare\ sim\ 1 + \dots + valoare\ sim\ 5 * 1,4) - 0,7(0,7 + 0,7 * 1,1 + 0,7 * 1,2 + 0,7 * 1,3 + 0,7 * 1,4); \dots; 0,7(1 + 1 * 1,1 + 1 * 1,2 + 1 * 1,3 + 1 * 1,4)$
sau
- $DROP_n = 0,7 (valoare\ sim\ 1 + \dots + valoare\ sim\ n * 1, (n - 1)).$

unde,

- **0,7** – reprezintă ponderea învățării experimentale conform modelului 70:20:10, fiind valoarea cu care se înmulțește faza practică (simulatorul) în cazul modelului de față;
- *valoarea* etapelor de simulare practică variază în funcție de notarea realizată în simulator. iar fiecare etapă suplimentară este înmulțită cu 10%, această valoare reprezentând cunoștințele dobândite anterior; considerându-se că s-a realizat o notare de la 70% (0,7) la 100% (1), în funcție de nivelul atins, deci a modului de însușire a situațiilor particulare specifice programului de pregătire pe simulatorul de zbor. Valorile obținute la simulator sunt însumate, iar apoi suma obținută este înmulțită cu ponderea învățării experimentale conform modelului 70:20:10.

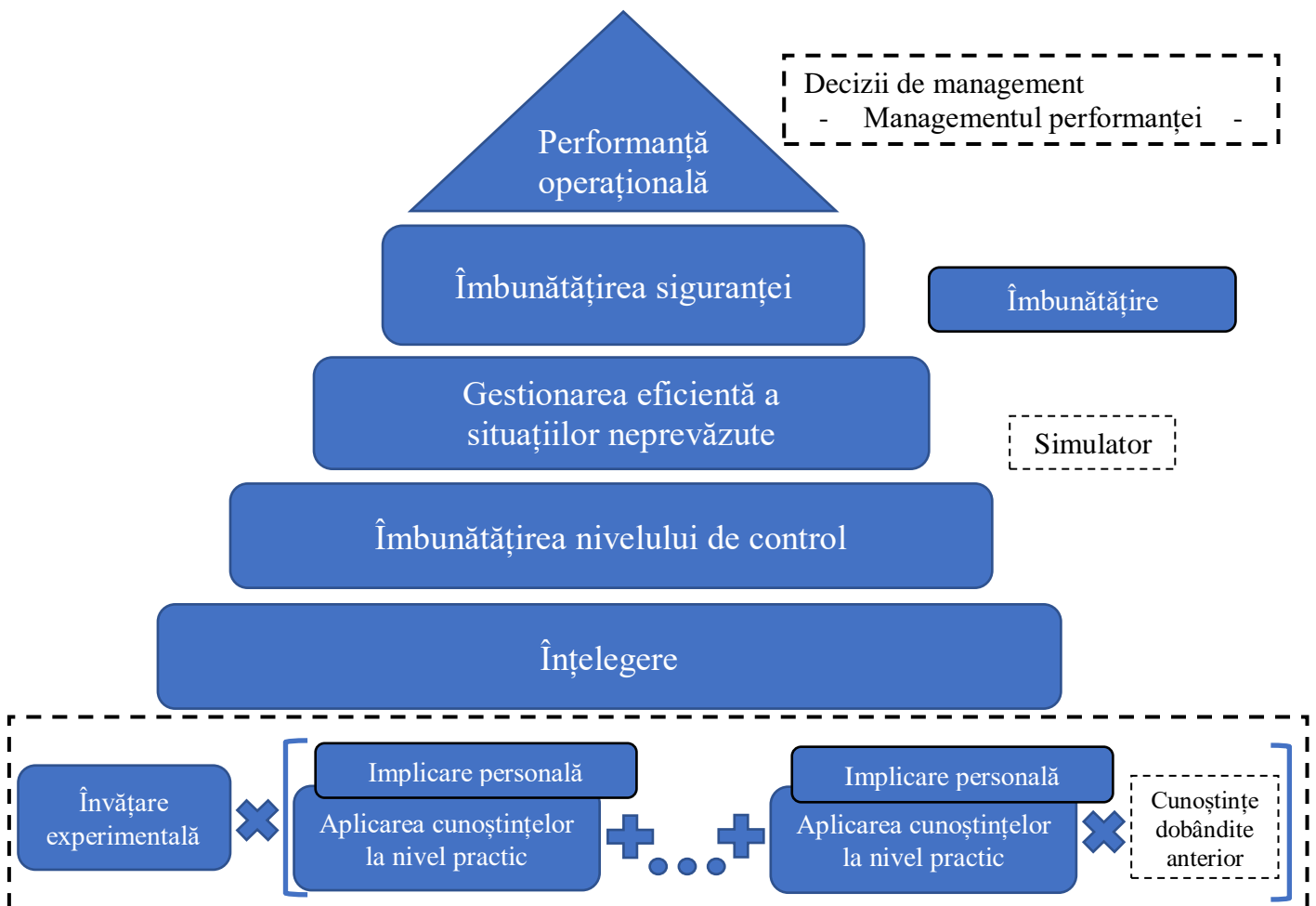


Figura 8.3. Schema generală a variabilei temporal-aplicativă propusă în modelul de față pentru diminuarea probabilității riscului operațional prin pregătire (DROP) (contribuția autorului) [40]

Forma matematică a modelului explicat mai sus pentru identificarea probabilității riscului (P_{RiscOp}) în urma interacțiunii dintre sisteme în context operațional este următorul:

$$\frac{1}{DROP} [(100 - JACDEC) + (100 - fiab. int. sisteme)]/2 = \text{probabilitatea riscului operațional}$$

(ec. 8.1.)

unde,

- **DROP** – variabilă pentru diminuarea riscului operațional prin pregătire;
- **JACDEC** - indicele nivelului de siguranță, conform specialiștilor de la Aviation Safety Center (jacdec.de) *Airline Safety Information*;;
- **fiab. int. sisteme** - fiabilitatea interacțiunii dintre sistemul (tehnologic și sistemul uman (factor uman) rezultată din calcule.

Am analizat din punct de vedere al fiabilității sistemelor accidente în care a fost implicată aeronava Boeing 737 MAX 8. Pentru factorul uman am utilizat în permanență fiabilitatea în paralel, explicată în capitolul 3 și valori din studiul lui Earnhardt et al. (2015) [33], deoarece sarcinile sunt împărțite în timpul zborului, membrii echipajului având roluri foarte bine stabilite, dar care în orice moment se pot schimba, și în același timp rolul membrilor din echipaj constă în a se sprijini reciproc – după cum a fost precizat anterior și a fost exemplificat în figura 8.4 care reprezintă schema generală a interacțiunii dintre sisteme în cazul celor două catastrofe cu aeronava Boeing 737 MAX 8.

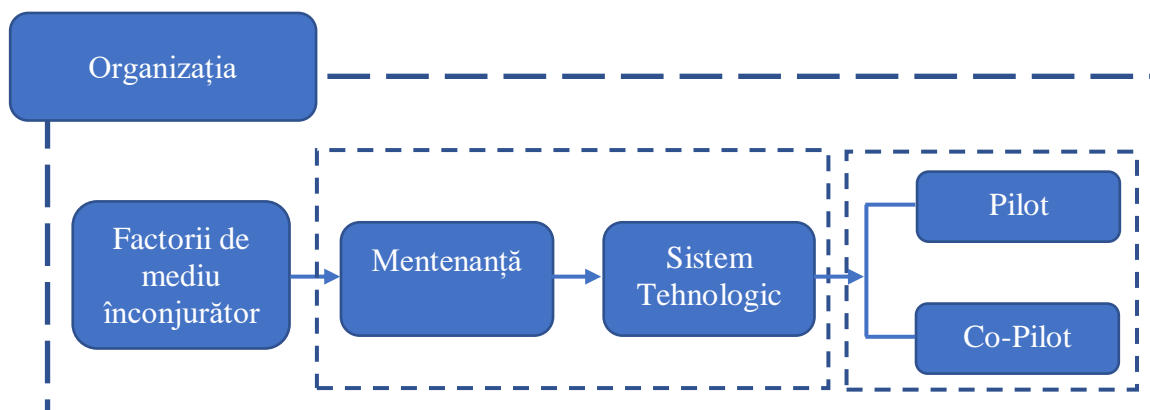


Figura 8.4. Schema generală a interacțiunii dintre sisteme în cazul celor două catastrofe cu aeronava Boeing 737 MAX 8

În cazul fiabilității în serie și ale fiabilității în paralel pentru factorul uman în situația unui zbor de transport comercial fără incidente cu aeronava Boeing 737 MAX 8, avem următoarele ecuații, conform capitolului 3, subcapitolul 3.7:

$R_{MAX8}(t) = 1 * (1 * 1) * [1 - (1 - 0,85)(1 - 0,75)] = 0,963$. – această valoare reprezintă fiabilitatea interacțiunii dintre sisteme pentru zborul fără incidente ale aeronavei Boeing 737 MAX 8. (ec. 8.2.)

Valorile utilizate (valoare neutră, deci „1”) în acest calcul au rolul de a evidenția că în situația unui zbor în care mediul înconjurător și sistemul software al aeronavei, sau variabile de altă natură, nu influențează zborul aeronavei Boeing 737 MAX 8, atunci singurul sistem care influențează operațiunile de zbor este factorul uman. Deci se poate concluziona că pregătirea piloților este cea care influențează cel mai mult siguranța și eficiența operațiunilor de zbor în aviația de transport comercial, implicit, fiabilitatea sistemului și ale interacțiuni om-mașină în timpul zborului.

Dacă elementele care au provocat catastrofele erau independente de sistemul MCAS implementat pe aeronavă și nu aveau capacitatea de a influența siguranța și eficiența aeriană, atunci vom obține următoarele valori, utilizând formula de calcul pentru fiabilitatea în paralel și valorile pentru sistemul uman (factorul uman) utilizate și în exemplul precedent pentru fiabilitatea în serie a sistemului:

$R_{MAX8}(t) = 1 - [(1 - 1)(1 - 1)(1 - 0,963)] = 1$ - în această situație fiabilitatea interacțiunii dintre sisteme în timpul zborului aeronavei Boeing 737 MAX 8 este mai ridicată. (ec. 8.3.)

Această rearanjare a elementelor care au cauzat catastrofele aeriene demonstrează că o proiectare inițială care să minimizeze impactul mentenanței necorespunzătoare, deci a erorilor de soft, și ale elementelor de mediu asupra sistemului operațional MCAS (sistemul tehnologic), ar fi oferit o fiabilitate mult mai ridicată aeronavei Boeing 737 MAX 8, iar riscul unei catastrofe aeriene pe care acest sistem ar fi putut să îl producă, era unul redus.

CAPITOLUL 9 - Concluziile tezei. Necesitatea dezvoltării programelor de pregătire și instruire în mediul organizațional

9.1. Concluzii

Modelul prezentat în capitolul 8 a fost realizat pentru a demonstra interacțiunea dintre sistemul organizațional, sistemul tehnologic și factorul uman și de a oferi posibilitatea obținerii unei referințe numerice a probabilității de producere a unui eveniment de aviație cu consecințe majore cu scopul de a înțelege complexitatea și importanța elementelor de control în sistemul total existent în aviația de transport comercială. Datorită dezvoltării tehnologice, a nivelului înalt de automatizare și a standardizării la nivel global, elementele aflate în interacțiune din domeniul aeronautic pot fi cuantificate; însă aceste valori trebuie înțelese ca o referință pentru aplicarea procedurilor și algoritmilor necesari în vederea administrării riscului în spectrul dinamic al operațiunilor aeronautice. Această problemă am dezvoltat-o și în cadrul lucrărilor științifice intitulate „*Considerations regarding process control in aeronautical organizations in the context of improving safety and efficiency*” [7] și „*Risk Management and Organizational Considerations for Enhancing Safety State Given the Continuous Technological Development Processes*” [41]. În aviația de transport siguranța a devenit o problemă multidisciplinară având în vedere multitudinea de domenii și sisteme implicate care trebuie să funcționeze coordonat și conjugat, fiind necesare caracteristici de flexibilitate și adaptabilitate pentru cerințele pieței de transport aerian comercial, indiferent de natura acestora – economice, tehnologice sau datorate transformărilor impuse de noile reglementări la nivel regional sau global.

Modelul pe care l-am realizat are la bază principiul fiabilității în serie și în paralel care a fost prezentat în cadrul tezei de față și, de asemenea, pe care l-am dezvoltat în cadrul lucrării științifice intitulate *Assessment of the Impact of Technological Development and Organizational Complexity in Air Transport* [40] și care a fost prezentată în cadrul conferinței internaționale ZIRP 2021. Modelele și abordările existente privind siguranța operațională care prezintă riscul din cadrul sistemelor din aviație nu oferă în prezent o percepție clară asupra modului în care riscurile pot să apară în timpul interacțiunii cu alte sisteme și dacă riscul este redimensionat în cadrul acestor interacțiuni dacă apar alte variabile. Din punct de vedere matematic, modelele care există și care au fost prezentate în teza de față necesită modelare matematică specializată a elementelor sau subsistemelor din compunerea lor, oferind o percepție asupra riscului la nivel micro, nu macro.

În urma obținerii valorilor din calcul fiabilității dintre sisteme pentru zborurile cu aeronava Boeing 737 MAX 8 ale companiilor Lion Air și Ethiopian Airlines în capitolul 8, este evidențiată importanța pregătirii teoretice și practice pentru îmbunătățirea nivelului de siguranță și eficiență aeronautică în transportul aerian modern

Concluzionând rezultatele obținute pentru cele două companii aeriene care dețin în flotă aeronava Boeing 737 MAX 8 și care s-au confruntat cu catastrofe aeronautice datorită redimensionării riscului prin implementarea de noi elemente tehnologice, se poate observa că probabilitatea riscului scade odată cu creșterea nivelului de pregătire teoretică și practică; pregătirea practică – simulatorul de zbor – are un aport mare asupra scăderii nivelului de risc, ceea ce reprezintă un aspect normal. Simularea unor situații de urgență critice, a unor evenimente complexe datorate influenței mediului sau a diferitelor situații care afectează factorul uman, plecând de la lecțiile învățate din incidente, accidente și catastrofe aeriene produse de-a lungul timpului, sunt extrem de importante în contextul dezvoltării transportului aerian și a creșterii complexității sistemului. Sistemele computerizate sunt construite pentru a sprijini factorul uman, iar sistemele mecanice ale aeronavei sunt realizate cu scopul de a simplifica procesele de mentenanță, a îmbunătăți fiabilitatea, de a eficientiza operațiunile aeriene; un sistem fiabil, permite managerilor o abordare standardizată la nivel global privind operarea aeronavei, oferindu-le posibilitatea de a se concentra pe alte aspecte organizaționale în vederea dezvoltării companiei.

Având în vedere multitudinea de resurse disponibile pentru îmbunătățirea siguranței și eficienței operaționale în aviația de transport, accesarea acestora este o decizie organizațională direct legată de aspectele financiare. Însă un model prin care se identifică probabilitatea riscului operațional în sistemele totale sprijină decizia organizațională și contribuie la obținerea caracteristicii de control organizațional, existând astfel posibilitatea de a utiliza eficient resursele disponibile.

Valorile obținute reprezintă probabilitatea de apariție a unui eveniment de zbor datorită nivelului de risc, iar prin pregătire teoretică și practică se poate observa că riscul se diminuează considerabil; evident aceste valori sunt dependente de deciziile organizaționale, de implicația și angajamentul organizației pentru siguranță, de abordarea managerială pentru reducerea riscului care implică asigurarea de resurse, materiale și financiare, necesare pentru îmbunătățirea înțelegerii asupra situațiilor de urgență, a algoritmilor operaționali specifici zonei geografice – în contextul caracteristicilor de risc specifici regiunii respective și care rezultă din cultura regională/națională, deci cea care are implicații directe asupra culturii organizaționale ale companiilor aeriene.

9.2. Contribuții personale

Arhitectura și modelarea matematică pe care am utilizat-o cu scopul de a demonstra nivelul de risc în timpul interacțiunii sistemelor în fazele operaționale din aviația de transport și metoda de diminuare a acestuia reprezintă pentru operatorii aeronautici, deci pentru companiile aeronautice, o posibilitate de evaluare a nivelului de siguranță aeronautică când sistemele din aviație interacționează și o metodă de autoevaluare a nivelului personal de pregătire pentru piloți. Modelul pe care l-am propus poate fi folosit în mod uzual și de departamentele de siguranță aeronautică din cadrul companiilor aeriene pentru a evalua nivelul de siguranță operațională al organizației și de a propune diferite strategii de pregătire al personalului aeronavigant cu scopul de a îmbunătăți nivelul de siguranță operațional.

Spre deosebire de alte modele și abordări specifice managementului riscului, acest model dezvoltat în cadrul tezei de față este multidisciplinar, având în structura sa diferite valori ale probabilității din multiple domenii de studiu specifice (tehnice, organizaționale, factor uman, informațional și mediul înconjurător) sistemului de transport aeronautic comercial, înglobând astfel un spectru larg de riscuri specifice operațiunilor aeronautice. Simplitatea modelului, spre deosebire de alte modele predictive prezentate în teză, nu necesită programe de tip software de calcul specializate pentru identificarea probabilității de producere al unui eveniment aeronautic major; această caracteristică îl face foarte util și ușor de folosit de echipajele aeronavelor de transport.

Pe baza rezultatele obținute în urma calculelor realizate prin intermediul modelului propus în capitolul 8 se pot trage concluzii privind necesitatea îmbunătățirii nivelului de pregătire în aviația de transport aerian pentru creșterea siguranței și eficienței. Aceste valori obținute trebuie înțelese ca referințe pentru activitatea operațională în contextul interacțiunii dintre sisteme în aviația de transport și pot fi utilizate pentru a îmbunătăți programele și procesele organizaționale ale companiilor aeriene.

9.3. Perspective de dezvoltare ulterioare

Studiul și cercetarea științifică începută în cadrul lucrării de licență, continuată în cadrul tezei de disertație și finalizată cu această teză, cât și experiența profesională m-au ajutat să dezvolt în fază incipientă modelul pentru identificarea probabilității riscului în sistemele totale din aviația de transport. Modelul poate fi modificat; concomitent cu dezvoltarea sistemelor în aviație orice model și metodă poate să fie îmbunătățită, iar în cazul de față variabila DROP poate fi reformulată pentru a obține date mult mai exact. De asemenea, modelul poate fi

implementat și adaptat pe mai multe tipuri de aeronave și poate avea aplicații și în sistemul de transport aerian militar, chiar dacă riscurile sunt diferite.

Factorul uman este o problemă complexă; interacțiunea dintre piloți/membrii echipajului, implicit procedurile de management în echipaj (en:*Crew Resource Management*) fac parte dintr-un domeniu amplu, greu de cuantificat într-o valoare numerică; însă aceasta este un aspect din domeniul psihologiei. De aceea valorile pot să fie modificate odată cu dezvoltarea altor studii specializate pentru factorul uman în aviație, iar teza de față abordează problematica privind factorul uman din perspectiva circumspecțiunii aeronautice, element care a fost esențial în catastrofele prezentate în capitolul 4. Așa cum pot fi utilizate valori pentru alte organizații aeronautice sau tipuri de aeronave (Airbus, Bombardier, Gulfstream etc) și factorul uman poate să aibă valori mult mai precise și care să ia în considerare mai multe elemente cognitive și motorii specifice piloților.

Referințe

- [1] Lönnermark, A. și Lange, D., 2017, *Cascading effects during incidents: CascEff. Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice* – Walls, Revie & Bedford (Eds). Taylor & Francis Group, London.
- [2] Johansson, J., Cedergren, A., Arvidsson, B., Svegrup, L., Hassel, H. and Jangefelt, J., 2015a, *A Compilation of Originators and Dependencies from Incidents with Cascading Effects*. CascEff Deliverable D2.3.
- [3] Bram, S., Degerman, H., Eriksson, K., Vylund, L. Amon, F., Ronchi, E., Uriz, F.N., Criel, X., Reilly, P., Van Heuverswyn, K. and Brugghehans, B. (2016) *Decision-making and human behavior in emergencies with cascading effects*. CascEff Deliverable D3.2.
- [4] Mostafa, A., 2020, *Safety and Risk Assessment of Civil Aircraft During Operation*. DOI: 10.5772/intechopen.93326. Published: December 23rd 2020. [accesat online:24.09.2021] <https://www.intechopen.com/chapters/73525>;
- [5] ARMS Working Group, 2007-2010, *The ARMS Methodology for Operational Risk Assessment in Aviation Organizations*, [online] <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1141.pdf>.
- [6] Georgiev, K., 2021, *Aviation safety training methodology*. Science Direct. Heliyon 7.
- [7] **IORDACHE Valentin-Marian, Casandra Venera PIETREANU, Considerations regarding process control in aeronautical organizations in the context of improving safety**

and efficiency, INCAS BULLETIN, Volume 11, Issue 1/ 2019, pp. 207 – 215, (P) ISSN 2066-8201, (E) ISSN 2247-4528, DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.1.16;

[8] Mullins, L. J., 2011, *Management and organizational behaviour*, ediția a9a, Prentice Hall, Anglia.

[9] Petersen, K. E., 1986, *Reliability Calculations*. Roskilde: Riso National Laboratory. Riso-M, No. 2584.

[10] Bain, A.D., 2017, *Whose risk: Tools for strategic risk management in complex organisations and systems - identifying a wood by summing the trees*. Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice – Walls, Revie & Bedford (Eds) 2017 Taylor & Francis Group, Londra.

[11] Elsayed, E. A., 2012, *Reliability Engineering*. John Wiley & Sons. OMG (2012, June). Systems Modeling Language.

[12] ***https://ro.wikipedia.org/wiki/Boeing_737

[13]***<http://active.boeing.com/commercial/orders/displaystandardreport.cfm?cboCurrentModel=737&optReportType=AllModels&cboAllModel=737&ViewReportF=View+Report>[61]

Boeing Commercial Aeromagazine . [accesat online: 02.05.2019]
https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_02/textonly/sy01txt.html#fig4

[14] Boeing Commercial Aeromagazine [accesat online: 02.05.2019]
<https://www.boeing.com/commercial/737ng/#/design-highlights/technologically-advanced/advanced-engine/engine-improvements/>.

[15] Boeing Commercial Aeromagazine [accesat online: 07.05.2021]
https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/human_textonly.html;

[16] Skybrary, 2018, B38M, en-route, northeast of Jakarta Indonesia, 2018. [accesat 06.12.2018].

https://www.skybrary.aero/index.php/B38M,_en-route,_northeast_of_Jakarta_Indonesia,_2018?utm_source=SKYbrary&utm_campaign=104323c94e-611_Preliminary_Lionair_06_12_2018&utm_medium=email&utm_term=0_e405169b04-104323c94e-276618061.

[17] Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republic of Indonesia, 2018, Preliminary KNKT.18.10.35.04 Aircraft Accident Investigation Report. [accesat 01.11.2018].
https://reports.aviation-safety.net/2018/20181029-0_B38M_PK-LQP_PRELIMINARY.pdf.

[18] Potocki, K. A. și Brocato, R. C., 1995, *A system of management for organizational improvement*, Johns Hopkins APL Technical Digest, volumul 16.

[19] Miller, J.G., 1978, *Living Systems*, McGraw-hill, New York.

- [20] Peterson D.W, Eberlein R.L., 1994, *Reality check: A bridge between systems thinking and system dynamics*. *System Dynamics Review*, Volume 10, Issue 2-3 p. 159-174.
- [21] Thimm, H., 2022, *System theory-based abstractions and decisions schemes for corporate environmental compliance management*. *Sustainable Operations and Computers*, volume 3, 2022.
- [22] Gottschalg, O. și Zollo, M., 2007, *Interest alignment and competitive advantage*. *Academy of Management Review*, 32.
- [23] Colquitt, J.A., Conlon, D.E., Wesson, M.J., Porter, C.O., Ng, K.Y., 2001, *Justice at the millennium: A meta-analytic review of 25 years of organizational justice research*. *Journal of Applied Psychology*, 86.
- [24] Cropanzano, R., Bowen, D.E., Gilliland, S.W., 2007, *The management of organizational justice*. *Academy of Management Perspectives*, pp. 34-48.
- [25] Greenberg, J., 1987, *A taxonomy of organizational justice theories*. *The Academy of Management Review*, 12. pp.9-22.
- [26] https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_theory
- [27] https://globalsky.media/market_intelligence/china-ga-report-2021/China-GA-Report-2021-EN.pdf.
- [28] International Civil Aviation Organization, 2013, *Safety management manual (SMS)*, Montréal, Quebec, Canada.
- [29] Maier, M.W., 1998, *Architecting principles for system of systems*, *Systems Engineering*, 1;
- [30] Amalberti, R., 2001, *The Paradoxes of Almost Totally Safe Transport Systems*. *Safety Science*, 37, 109-126.
- [31] Bottomley, B., 1999, *Occupational Health and Safety Management System: Information Paper*. Canberra, Australia: National Occupational Health and Safety Commission.
- [32] Travers, I și Aitken, A., 2017, *Managing major hazard industry risk*. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice – Walls, Revie & Bedford (Eds) 2017 Taylor & Francis Group, Londra*.
- [33] Glassman, A. M., Newcomer, J. M., Earnhardt, M. P., Opengart, R. A., Watkins, D. V., & Marion, J. W., 2015, *Validating the Knowledge, Skills, and Abilities Composite Measure: An Aviation Industry Pilot Study*. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 2(3). <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2015.1067>

- [34] Newcomer, J. M., Marion Jr., J. W., și Earnhardt, M. P., 2014, *Aviation managers' perspective on the importance of education*. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 1(2). doi:10.15394/ijaaa.2014.1014.
- [35] Shawn, M., Kim, M., și Jitendra, M., 2014, *Elderly workers in the workforce*. Advances in Management, 7(3), 1–5. Retrieved from <http://econpapers.repec.org/article/mgnjournal/>.
- [36] Endsley, M.R., 1988, *Design and evaluating for situation awareness enhancement*. In Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting (pp.97-101). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- [37] Robbins, S.P., 1990. *Organization Theory: Structures Designs and Application*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [38] <https://www.jacdec.de/airline-ranking/>
- [39] <https://www.ispringsolutions.com/blog/70-20-10-learning-model>.
- [40] **IORDACHE Valentin-Marian, Sorin Eugen ZAHARIA, Casandra Venera PIETREANU, *Assessment of the Impact of Technological Development and Organizational Complexity in Air Transport*, The Science and Development of Transport—ZIRP 2021, pp. 167-180, eBook (ISBN) 978-3-030-97528-9, (Print) ISBN 978-3-030-97527-2, Springer;**
- [41] **IORDACHE Valentin-Marian, Sorin Eugen ZAHARIA, Casandra Venera PIETREANU, *Risk Management and Organizational Considerations for Enhancing Safety State Given the Continuous Technological Development Processes*, International Conference of Aerospace Sciences “AEROSPATIAL 2020”, 15-16 October 2020, Bucharest, Romania, Section 8 – Management in Aerospace Activities;**