



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Domeniul de doctorat: Inginerie și management

Ing.Iulia-Mădălina DUMITRU

**Strategii de dezvoltare a sistemelor de mentenanță din
aeronautică cu implicatii asupra siguranței zborului**

**Aeronautical maintenance system development strategies
with flight safety implications**

REZUMAT

Conducător științific

Prof.dr.ing.dr.ec. Mircea BOȘCOIANU

BRAȘOV, 2023

ABSTRACT

Industria aviației a parcurs un drum lung de la începutul secolului al XX-lea. Pionierii timpurii ai aviației s-au confruntat cu numeroase provocări, printre care tehnologia limitată și lipsa de înțelegere a aerodinamicii și a siguranței aviației. Pe măsură ce industria a crescut, au crescut și riscurile și pericolele asociate călătoriilor cu avionul. Astăzi, managementul siguranței aviației este un proces complex și cu mai multe fațete care implică colaborarea și cooperarea organizațiilor aeronautice din industrie.

Unul dintre factorii cheie ai managementului siguranței aviației (MSA) a fost stabilirea de reglementări și standarde internaționale. Organizația Aviației Civile Internaționale (ICAO) a fost înființată în 1944 pentru a promova cooperarea internațională și standardizarea în domeniul siguranței aeronautice. Astăzi, ICAO stabilește standarde și practici recomandate pentru toate aspectele operațiunilor aviatice, incluzând proiectarea și mentenanța aeronavelor, controlul traficului aerian și operațiunile aeroportuare.

În ultimii ani, industria aviației a făcut progrese semnificative în îmbunătățirea managementului siguranței prin utilizarea tehnologiei, analiza datelor și îmbunătățirea comunicării și colaborării între părțile interesate. Unul dintre cele mai semnificative progrese a fost implementarea sistemelor de management al siguranței (SMS) de către multe organizații de aviație.

Pe lângă SMS-uri, industria aviației a beneficiat și de progresele tehnologice. Proiectarea și fabricarea aeronavelor s-au îmbunătățit semnificativ în ultimele decenii, rezultând avioane mai sigure și mai fiabile. Avioanele moderne sunt echipate cu numeroase caracteristici de siguranță, cum ar fi sisteme de rezervă pentru componentele critice și sisteme avansate de avertizare care alertează piloții cu privire la potențiale pericole.

Mai mult, progresele în analiza datelor și analiza predictivă au permis organizațiilor aviatice să identifice și să atenueze riscurile înainte ca acestea să ducă la accidente sau incidente. De exemplu, sistemele de monitorizare de la distanță și instrumentele de analiză predictivă sunt folosite pentru a monitoriza sistemele de aeronave și pentru a detecta problemele potențiale înainte ca acestea să apară. Această abordare proactivă a întreținerii poate preveni defecțiunile mecanice și poate reduce riscul de accidente.

În ciuda acestor îmbunătățiri, industria aviației se confruntă în continuare cu provocări și riscuri semnificative. Unul dintre cele mai semnificative riscuri este apariția de noi tehnologii precum vehiculele aeriene fără pilot (UAV) și aeronavele supersonice. Aceste tehnologii prezintă noi preocupări de siguranță care trebuie abordate, inclusiv potențialul de coliziuni cu alte aeronave și nevoia de pregătire și certificare specializată pentru piloți și operatori.

În plus, pandemia de COVID-19 a introdus noi riscuri și provocări pentru industria aviației. Nevoia de distanțare socială și de protocoale sporite de igienă au dus la schimbări în operațiunile aeroporturilor și aeronavelor, iar pandemia a avut un impact semnificativ asupra cererii de călătorii aeriene. Organizațiile de aviație trebuie să implementeze noi proceduri și protocoale pentru a asigura siguranța pasagerilor și a echipajului, menținând în același timp operațiuni eficiente și rentabile.

Pentru a face față acestor provocări, industria aviației trebuie să continue să investească în măsuri de siguranță și tehnologie. Implementarea de noi sisteme de siguranță, cum ar fi tehnologia de evitare a coliziunilor pentru UAV și sisteme avansate de prognoză a vremii, poate ajuta la atenuarea riscurilor și la prevenirea accidentelor. În plus, industria trebuie să lucreze în colaborare și în mod transparent pentru a identifica și aborda riscurile și pericolele emergente.

Sistemele de mentenanță aeronautică sunt concepute pentru a asigura menținerea aeronavelor în condiții de siguranță și navigabilitate. Aceasta implică un program cuprinzător de inspecție, reparație și mentenanță, precum și înlocuirea componentelor atunci când este necesar. Aceste sisteme se bazează pe cele mai bune practici și standarde stabilite, cum ar fi cele dezvoltate de Organizația Aviației Civile Internaționale (ICAO).

Implementarea strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică a condus la îmbunătățiri semnificative ale siguranței zborului. De exemplu, numărul de accidente și incidente legate de erorile de mentenanță a fost redus, iar istoricul general de siguranță al industriei aviației s-a îmbunătățit.

Unul dintre factorii cheie care contribuie la eficacitatea strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică este utilizarea tehnologiilor și instrumentelor avansate. De exemplu, au fost dezvoltate sisteme de monitorizare la distanță și instrumente de analiză predictivă pentru a ajuta organizațiile aviatice să identifice probleme potențiale înainte ca acestea să devină probleme grave. Aceste tehnologii permit organizațiilor să monitorizeze performanța aeronavelor lor și să identifice modele care pot indica necesitatea de mentenanță sau reparație.

Un alt factor important este angajamentul organizațiilor aviatice față de îmbunătățirea continuă. Strategiile de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică sunt în mod constant perfecționate și actualizate pe baza feedback-ului de la părțile interesate din industrie, cercetări și noile tehnologii.

În ciuda succesului strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică, există întotdeauna loc de îmbunătățire. O provocare cu care se confruntă industria aviației este complexitatea tot mai mare a sistemelor de pe aeronave, care necesită tehnici și instrumente de mentenanță mai sofisticate. În plus, cererea tot mai mare de călătorii aeriene înseamnă că organizațiile de aviație sunt sub presiune pentru a minimiza timpul de nefuncționare și a menține aeronavele în serviciu cât mai mult posibil, ceea ce poate crea riscuri suplimentare.

CUPRINS

LISTA CU ABREVIERI	
LISTA FIGURILOR.....	
LISTA TABELELOR.....	
REZUMAT	
ABSTRACT.....	
1. INTRODUCERE	
1.1 Introducere în problematica siguranței aeriene. Integrarea sistemelor de mentenanță în conceptul de MSA	
1.1.1 Evoluția conceptului MSA în contextul progresului tehnologic.....	
1.1.2 Stadiul actual de dezvoltare a MSA – o analiză critică	
1.2 Cadrul de reglementare pentru MSA.....	
1.3 Arhitecturi moderne în MSA.....	
1.4 Rolul progresului tehnologic în MSA.....	
1.5 Principalele provocări actuale pentru MSA	
1.5.1 Elemente specifice	
1.5.2 Direcții viitoare în MSA.....	
1.6 Justificarea alegerii titlului, ipoteze de cercetare și formularea obiectivelor 9	
1.7 Selecția metodologiei, metodelor și paradigmatelor utile cercetării și dezvoltarea arhitecturii tezei	
2. MSA ÎN ORGANIZAȚIILE AERONAUTICE CIVILE ȘI MILITARE.....	
2.1 Considerații generale. Definirea conceptelor.....	
2.2 Standardizări la nivel internațional	
2.2.1 Standardizarea NATO	
2.2.2 Standardizări europene	
2.2.3 Standardizarea ICAO	
2.3 Rolul standardizării internaționale în îmbunătățirea siguranței aeronautice ..	
2.3.1 Analiza unor studii de caz: instrumente cu impact major	
2.3.2 Programe naționale de siguranță aeronautică	
2.3.3 Avantajele standardizării în siguranța aeronautică. Avantajele și limitele metodei de studiu	
2.3.4 Discuții privind contribuțiile standardizării	
2.3.5 Discuții parțiale	
2.4 Tipuri de abordări manageriale în organizațiile aeronautice – cazul MSA	

2.5	Analiză comparativă cu privire la tipurile de management în organizațiile aeronautice civile și militare. Studii de caz
2.5.1	Cadre de reglementare.....
2.5.2	Structuri organizatorice
2.5.3	Cultura siguranței.....
2.5.4	Practici de management al riscului
2.5.5	Studii de caz. Practici eficiente vs eșecuri în MSA.....
2.5.5.1	Zborul 371 Tarom
2.5.5.2	Catastrofe MiG-21
2.5.5.3	Air France 447 în 2009 și coliziunea a două avioane de luptă F/A-18 ale Marinei în 2016..
2.5.5.4	Zborul 191 Delta Air Lines.....
2.5.5.5	Ciocnirea a două elicoptere CH-53E ale Corpului Marin al SUA
2.5.6	Discuții privind gestionarea evenimentelor de risc extrem în aviația din România și cea internațională
2.6	Analiza managementului siguranței aeronautice militare – cazul forțelor aeriene române
2.6.1	Atribuțiile structurilor de siguranță aeriană
2.6.2	Funcțiile structurilor de siguranță
2.7	Strategii moderne de abordare a problematicii managementului riscului în aviație
2.7.1	Siguranță vs securitate în aviație
2.7.2	Risc, incertitudine, amenințare în aviație.....
2.7.3	Conceptul de reziliență în MSA.....
2.7.4	Strategii moderne de management al riscului în sistemele aeronautice: o abordare inovatoare
2.7.4.1	Strategii actuale de management al riscului
2.7.4.2	Analiza strategiilor moderne de gestionare a riscului în sistemele aeronautice.....
2.7.4.3	Provocări și limitări ale strategiilor actuale de management al riscului.....
2.7.4.4	Etape în dezvoltarea unei noi strategii de gestionare a riscului.....
2.7.4.5	Dezvoltarea științifică a strategiei de gestionare a riscurilor în industria aeronautică.....
2.7.4.6	Managementul riscului bazat pe procesarea datelor (MRPD)
2.7.4.7	Etapele studiului de caz înaintea implementării MRPD:
2.7.4.8	Etapele implementării MRPD
2.7.4.9	Instrumentele utilizate în cadrul procesului MRPD:.....
2.7.4.10	Discuții privind operaționalizarea MRPD.....
2.8	Analiza corelațiilor dintre risc, siguranță și securitate în aviație
2.9	Principii de analiză a accidentelor de aviație – elemente specifice domeniului aeronautic militar
2.9.1	Riscul și siguranța în sistemul militar de aviație
2.9.2	Trăsături ale accidentelor din domeniul aeronautic militar
2.9.3	Caracterizarea perioadei de activitate aeronautică 1950-2022
2.10	Contribuții personale.....
2.11	Concluzii și propuneri

3.	STRATEGII DE SCHIMBARE ȘI DEZVOLTARE ORGANIZAȚIONALĂ ÎN MANAGEMENTUL SIGURANȚEI AERONAUTICE
3.1	Descrierea paradigmei și prezentarea obiectivelor
3.2	Conceptul de schimbare organizațională
3.3	Aspecte ale procesului de schimbare în MSA.....
3.3.1	Diagnosticarea stării sistemului.....
3.3.2	Rezistența la schimbare.....
3.3.3	Evaluarea și instituționalizarea schimbării
3.4	Strategii de schimbare și dezvoltare organizațională în MSA
3.4.1	Formarea spiritului de echipă.....
3.4.2	Integrarea unor elemente de bază din managementul calității totale
3.4.3	Strategii de adaptare a proceselor organizaționale în sistemele de aviație moderne
3.4.4	Reducerea dimensiunii organizației (downsizing)
3.5	Definirea schimbării; schimbarea ca realitate organizațională în MSA
3.6	Modelul schimbării organizaționale în sistemele de aviație moderne
3.6.1	Bazele schimbării organizaționale
3.7	Metode manageriale în organizațiile aeronautice.....
3.7.1	Tehnici manageriale
3.7.2	Instrumente manageriale.....
3.8	Analiza unor probleme specifice managementului schimbării în sistemele de mentenanță din aviația modernă. Studiu de caz.....
3.8.1	Beneficiile managementului schimbării și probleme de implementare în procesele de mentenanță
3.8.2	Faza de evaluare a schimbării în sistemele de aviație moderne – cazul proceselor de mentenanță
3.8.2.1	Planificarea schimbării – principii specifice
3.8.3	Managementul schimbării în sistemele moderne de mentenanță în aviație...
3.8.3.1	Identificarea problemelor, recomandări, crearea unui plan bazat pe studii de caz.....
3.8.3.2	Studii de caz:.....
3.8.4	Evaluarea eficacității strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică în îmbunătățirea siguranței zborului.....
3.9	Relația dintre strategiile de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică și siguranța zborului. Recomandări pentru îmbunătățirea acestora.
3.10	Sistemele de monitorizare la distanță și instrumentele de analiză predictivă.
3.10.1	Sisteme de monitorizare la distanță și instrumente de analiză predictivă care sunt utilizate în industria aeronautică
3.11	Strategii de dezvoltare a sistemului de mentenanță aeronautică - cazul companiilor Boeing, Airbus, Lockheed Martin. Analiza comparativă
3.11.1	Boeing.....

3.11.2	Airbus.....
3.11.3	Lockheed Martin
3.11.4	Analiza comparativă
3.11.5	Identificarea zonelor de îmbunătățire și contribuția la dezvoltarea unor sisteme de mentenanță mai sigure, mai eficiente și mai durabile
3.12	Mentenanța predictivă; strategii de mentenanță inovativă
3.13	Exemplificarea mentenanței predictive
3.14	Contribuții posibile și recomandări
3.15	Concluzii.....
4.	MODELE DE RISC ȘI SIGURANȚĂ ÎN AERONAUTICĂ.....
4.1	Sistemul de indicatori utilizat în evaluarea mentenanței.....
4.2	Analiza indicatorilor de evaluare a mentenanței în sistemele moderne de aviație. dezvoltarea unor indicatori noi bazați pe tehnologiile emergente.
4.3	Dezvoltarea unui nou indicator
4.3.1	Scorul de performanță a mentenanței (SPM).....
4.3.2	Scorul de digitalizare a proceselor de mentenanță(SDM).....
4.4	Utilizarea AR/ VR în sistemele de mentenanță aeronautică.....
4.5	Utilizarea AR și VR în mentenanța predictivă.
4.6	Definirea indicatorilor de performanță în mentenanța sistemelor de aviație .
4.6.1	Definirea setului specific de indicatori de siguranță și selecția indicatorilor ...
4.6.2	Proveniența indicatorilor de performanță
4.7	Ierarhia măsurilor.....
4.8	Stabilirea valorii medii și a trendului de evoluție.....
4.9	Limitele Ingineriei Siguranței Sistemelor (ISS)
4.9.1	Siguranță și fiabilitate în sistemele de mentenanță aeronautică
4.9.2	Viziunea globală asupra cauzelor de producere a accidentelor
4.9.3	Modelarea cauzelor accidentelor ca lanțuri de evenimente
4.9.4	Modele de accident inspirate din ingineria siguranței sistemelor (ISS)
4.9.5	Limitele evaluării pe bază de probabilități (PRA - Probabilistic Risk Assessment)
4.9.6	Rolul operatorilor în accidente – impactul erorii umane
4.9.6.1	Impactul proiectării asupra erorii umane.....
4.9.6.2	Interpretări ale erorii umane.....
4.9.7	Influența mediului asupra comportamentului uman.....
4.9.8	Rolul programelor IT în accidente
4.9.9	Tendențe de evoluție a riscului.....
4.10	Managementul riscului pentru siguranța aeronautică în viziunea Forțelor Aeriene
4.11	Concluzii și contribuții.

5.	PERFORMANȚA UMANĂ ÎN SISTEMELE MODERNE DE MENTENANȚĂ AERONAUTICĂ.....
5.1	Stresul normal.....
5.2	Stresul profesional în mediul aeronautic
5.3	Criterii de diagnostic
5.3.1	Elaborarea criteriilor de diagnosticare a stresului în mediul aeronautic
5.4	Metode inovatoare de evaluare a stresului în mediul aeronautic
5.5	Considerații privind influența factorului uman în susținerea capabilităților operaționale în MSA
5.5.1	Sistemul de analiză și clasificare a factorului uman.....
5.5.2	Clasificarea și definirea erorilor umane. Cazul piloților
5.6	Metode moderne de evaluare în detectarea și prevenirea erorilor umane
5.7	Indicatori pentru evaluarea performanței umane în sistemele aeronautice moderne
5.8	Metode inovatoare de evaluare a performanței umane în sarcinile de mentenanță. Utilizarea tehnologiei realitate augmentată (AR).....
5.9	Soluții inovatoare pentru evaluarea performanței umane în sarcinile de mentenanță 29
5.10	Propuneri de antrenament pentru creșterea rezilienței.....
5.11	Contribuții personale
5.12	Concluzii
6.	PERFORMANȚA TEHNICĂ ÎN SISTEMELE MODERNE DE MENTENANȚĂ DIN AVIAȚIA MODERNĂ
6.1	Disponibilitatea aeronavelor
6.2	Sisteme actuale de mentenanța aeronautică.....
6.3	Tipuri de mentenanță utilizate în FAR.....
6.3.1	Subcategoriile de mentenanța planificată
6.3.1.1	Nivelul de bază – mentenanță operațională.....
6.3.1.2	Activități de mentenanță de nivel intermediar
6.3.1.3	Activități de mentenanță de nivel general
6.3.2	Indicator de daune
6.4	Codificarea mentenanței în sistemele moderne de aviație
6.4.1	Codificare inovatoare de mentenanță
6.5	Instrumente statistice folosite în estimarea corelației între serii de evenimente
6.5.1	Instrumente statistice inovative utilizate în relația dintre evenimente în sistemele de mentenanța aeronautică.....
6.5.2	Aplicarea instrumentelor statistice inovative în mentenanța predictivă din aviație 32
6.6	Noi metode de evaluare a performanței tehnice în sistemele aeronautice moderne 32

6.6.1	Progrese în mentenanța predictivă.....
6.6.2	Cerințe pentru dezvoltarea unui program de mentenanță predictivă.....
6.7	Nivelul de siguranță aeriană în aviația militară română.....
6.7.1	Perioada 2001-2002
6.7.2	Perioada 2002 - 2003
6.7.3	Perioada 2004-2005
6.7.4	Perioada 2005-2007
6.7.5	Perioada 2007-2008
6.7.6	Perioada 2008-2010
6.7.7	Perioada 2010-2014
6.7.8	Perioada 2014-2022
6.8	Concluzii parțiale.....
6.9	Studiu de caz: Analiza unei defecțiuni produsă de condițiile de mediu asupra sistemului Pitot static
6.9.1	Mentenanța bazată pe condiție (MBC)- propuneri pentru adoptarea unei strategii de mentenanță optime
6.9.1.1	Stadiul actual al cercetării MBC.....
6.9.2	Aspecte operaționale în analiza sistemului Pitot-static
6.9.2.1	Identificarea scurgerilor în sistemul static Pitot. Mentenanță recomandată pentru sistemul Pitot-static:
6.9.2.2	Echipamentele specializate pentru a testa sistemul Pitot-static.....
6.9.2.3	Accidente produse de defecte ale sistemului Pitot-static
6.9.3	Aspecte teoretice în analiza conductei din sistemul Pitot-static. Analiza Griffith privind posibilitatea propagării unei fisuri
6.9.3.1	Energia potențială liberă și variația acesteia în funcție de complianță.....
6.9.3.2	Solicitare în condiții de deformare impusă – mașină infinit „dură” sau cu bacurile de prindere fixe.....
6.9.4	Moduri de solicitare – moduri de rupere
6.9.5	Analiza Irwin privind starea de tensiune și deformație din vecinătatea
6.9.5.1	Calculul tensiunilor
6.9.5.2	Soluția Westergaard
6.9.6	Tenacitatea la rupere
6.9.6.1	Modelul cu elemente finite
6.9.6.2	Cazul 1. Fisura de lungime 1 mm, adâncime 0,1 mm, presiunea interioară de 5 MPa
6.9.6.3	Cazul 2 adâncimea fisurii 0,2 mm
6.9.6.4	Cazul 3 adâncimea fisurii 0,3 mm
6.9.6.5	Cazul 4 adâncimea fisurii 0,4 mm
6.10	Contribuții și concluzii
7.	MODELE MULTIDIMENSIONALE PENTRU DEZVOLTARE ȘI IMPLEMENTARE ÎN SISTEMELE MODERNE DE MENTENANȚĂ
7.1	Obiective pentru construirea noilor modele de accident
7.2	Modele de management al siguranței

7.3	Analiza accidentelor cu ajutorul teoriei sistemelor complexe
7.4	Redefinirea cauzalității pornind de la TSC.....
7.5	Modelul STAMP
7.6	Analiza posibilităților de aplicare STAMP
7.6.1	Algoritm CAST (Causal Analysis based on STAMP).....
7.7	Identificarea pericolelor
7.8	Identificarea și stabilirea măsurilor de siguranță
7.9	Interpretarea datelor pentru realizarea unei mentenanțe performante
7.9.1	Analiza funcției de fiabilitate
7.9.2	Analiza statistică
7.10	Aplicarea tehnicii chestionarului în vederea evaluării siguranței aeronautice
7.10.1	Discuții.....
7.11	Mentenanța aeronavelor F16 din FAR
7.11.1	Nivelurile de mentenanță la aeronavele F-16
7.11.2	Pregătirea pentru zbor
7.11.3	Mentenanța planificată. Lucrări regulamentare/periodice.....
7.11.4	Mentenanța neplanificată
7.11.5	Documentatia de mentenanță utilizată și completarea acesteia
7.11.6	Sarcini critice de mentenanță și metode de detectare a erorilor.....
7.11.7	Proceduri de detectare și rectificare a erorilor de mentenanță.....
7.11.8	Reguli de mentenanță în exploatarea aeronavelor F-16.....
7.11.9	Depozitarea, etichetarea și eliberarea din magazie a componentelor de aeronavă și materialelor pentru mentenanța aeronavelor
7.12	Concluzii
8.	CONCLUZII FINALE , CONTRIBUȚII ORIGINALE , DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE, DISEMINAREA REZULTATELOR
8.1	Concluzii
8.2	Contribuții personale
8.3	Direcții viitoare de cercetare
8.4	Diseminarea rezultatelor cercetării
	REFERINȚE BIBLIOGRAFIE.....
	ANEXA1 Arhitectura tezei - Relațiile între capitole, obiective și contribuții
	ANEXA 2 Implementarea unui nou plan de management al siguranței ca răspuns la cerințele de reglementare în schimbare și la riscurile emergente din industria aeronautică.....
	ANEXA 3 Caracteristici tehnice F16

1. INTRODUCERE

În cadrul acestui capitol se prezintă:

- ❖ Locul pe care îl ocupă sistemele de mentenanță în cadrul managementului siguranței aeronautice (MSA).

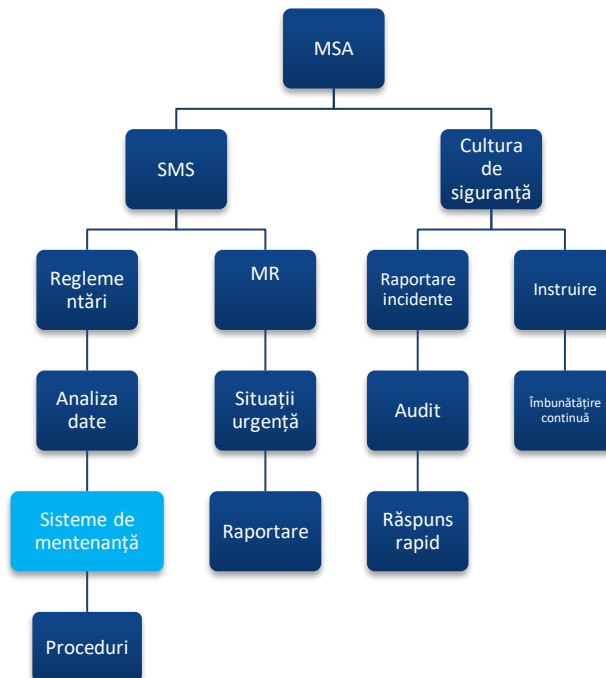


Figura 1. 1: Relația domeniilor interdisciplinare actuale cu MSA

Această reprezentare schematică demonstrează interconectarea diferitelor domenii în managementul siguranței aeronautice. În esență, sistemele de management al siguranței (SMS) oferă cadrul pentru gestionarea siguranței și pentru îmbunătățirea continuă. Respectarea cerințelor de reglementare este esențială, în timp ce managementul riscurilor ajută la identificarea și atenuarea riscurilor de siguranță. Raportarea și investigarea incidentelor facilitează învățarea din incidentele de siguranță, în timp ce pregătirea și competența asigură personalul calificat corespunzător. Analiza datelor de siguranță permite luarea deciziilor bazate pe date, în timp ce pregătirea și răspunsul în caz de urgență asigură un răspuns eficient la situații de urgență. Auditul și supravegherea siguranței monitorizează conformitatea și performanța, ceea ce duce la eforturi continue de îmbunătățire.

Domeniul mentenanței este inclus ca o categorie separată. Recunoaște importanța activităților de mentenanță în asigurarea siguranței aeronavelor și a operațiunilor aviatice. Procedurile de mentenanță cuprind procesele și liniile directe specifice urmate pentru inspecția, repararea și mentenanța aeronavelor și a componentelor aferente.

Mentanța este interconectată cu alte domenii din managementul siguranței aeronautice. Se bazează pe analiza datelor de siguranță pentru a identifica tendințele și problemele potențiale în activitățile de mentenanță. Incidentele de mentenanță sunt raportate și investigate, similar altor tipuri de incidente, pentru a identifica cauzele fundamentale și pentru a preveni evenimentele viitoare. Procedurile de mentenanță sunt supuse auditării și supravegherii de siguranță pentru a asigura conformitatea cu reglementările și respectarea standardelor de siguranță.

Această reprezentare schematică este o imagine de ansamblu simplificată, iar interconexiunile și interacțiunile reale dintre aceste domenii sunt mai complexe. Cu toate acestea, oferă o ilustrare a modului în care domeniul mentenanței se încadrează în cadrul mai larg al managementului siguranței aeronautice.

- ❖ Stadiul actual de dezvoltare a MSA

Starea actuală a MSA este caracterizată de o abordare proactivă și sistematică a managementului siguranței, cu accent pe îmbunătățirea continuă și reducerea riscurilor. Managementul siguranței este o

parte integrantă a industriei aviației și este încorporat în toate aspectele operațiunilor aviatice, de la proiectarea și fabricarea aeronavelor până la controlul traficului aerian și operațiunile aeroportuare. Implementarea SMS a fost un factor major al managementului siguranței în aviație, iar multe organizații de aviație au adoptat SMS ca abordare standard a managementului siguranței. Implementarea SMS a avut ca rezultat îmbunătățiri semnificative ale performanței în materie de siguranță, cu o scădere a numărului de accidente și incidente de-a lungul anilor.

- ❖ Cadrul de reglementare pentru MSA
- ❖ Arhitecturi moderne în MSA

- **Cultura siguranței** - Cultura siguranței se referă la valorile, atitudinile și comportamentele care sunt împărtășite de membrii unei organizații în ceea ce privește siguranța. O cultură puternică a siguranței este caracterizată de un angajament față de siguranță ca prioritate de top, comunicare deschisă și dorința de a identifica și raporta pericolele și incidentele de siguranță.

- **MR - Managementul riscului** implică identificarea, evaluarea și atenuarea riscurilor de siguranță în operațiunile de aviație. Acest proces implică analiza datelor pentru a identifica pericolele potențiale, evaluarea probabilității și severității acestor pericole și implementarea măsurilor pentru atenuarea sau eliminarea riscurilor.

- **Monitorizarea performanței în siguranță** - Monitorizarea performanței în siguranță implică urmărirea și analiza datelor legate de siguranță pentru a identifica tendințele și modelele și pentru a măsura eficacitatea sistemelor de management al siguranței. Aceasta include monitorizarea incidentelor de siguranță, analiza datelor de siguranță și efectuarea de audituri și evaluări de siguranță.

- **Factorii umani** - Factorii umani se referă la factorii psihologici, sociali și organizaționali care influențează performanța umană în operațiunile aviatice. Înțelegerea factorilor umani este esențială pentru dezvoltarea unor sisteme eficiente de management al siguranței care să țină cont de limitările și capacitățile operatorilor umani.

- **Planificarea răspunsului în caz de urgență** - Planificarea răspunsului în caz de urgență implică dezvoltarea și implementarea procedurilor de răspuns la incidente de siguranță și urgențe în operațiunile aviatice. Aceasta include dezvoltarea planurilor de urgență, instruirea personalului cu privire la procedurile de urgență și efectuarea de exerciții și exerciții regulate.

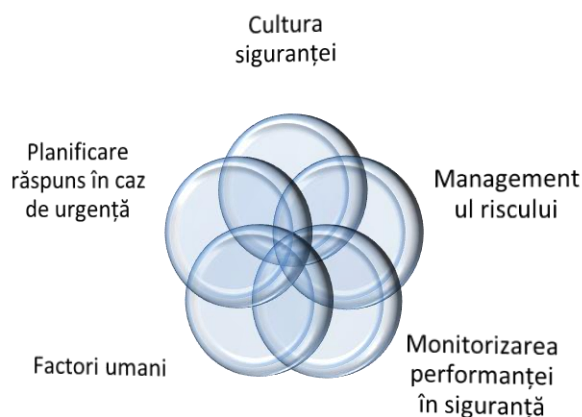


Figura 1. 2 Arhitectura MSA

❖ Rolul progresului tehnologic în MSA

Tehnologia joacă un rol din ce în ce mai important în managementul siguranței aeronautice, având potențialul de a spori siguranța prin îmbunătățirea analizei datelor, evaluarea riscurilor și luarea deciziilor. Două tehnologii cheie care sunt utilizate în prezent pentru a îmbunătăți managementul siguranței sunt **inteligența artificială (IA) și analiza datelor mari**.

❖ Principalele provocări actuale pentru MSA

Principalele provocări actuale identificate cu care se confruntă MSA sunt dezvoltate mai jos, astfel:

Tehnologiile emergente: vehiculele aeriene fără pilot (UAV) și aeronavele autonome, ritmul rapid al inovației și natura în continuă schimbare a tehnologiei, avioane electrice și hibrid-electrice, transport supersonic și vehicule cu decolare și aterizare pe verticală

Securitate cibernetică: industria aeronautică se bazează în mare măsură pe sisteme computerizate care controlează aeronavele și susțin operațiunile. Aceste sisteme sunt vulnerabile la atacurile cibernetice, care pot prezenta un risc semnificativ pentru siguranța aeronautică.

Globalizarea: globalizarea industriei aeronautice înseamnă că producătorii de avioane precum și companiile aeriene operează din ce în ce mai mult peste granițe. Acest lucru creează provocări pentru managementul siguranței, deoarece țări diferite pot avea reglementări și standarde de siguranță diferite.

Factorul uman continuă să fie un factor semnificativ în siguranța aeronautică, incluzând probleme precum oboseala, stresul și antrenamentul. Factorul uman este dificil de măsurat și de atenuat.

Schimbările climatice reprezintă o preocupare din ce în ce mai mare pentru industria aeronautică, deoarece pot duce la evenimente meteorologice extreme și modele meteorologice în schimbare.

Pandemia de COVID-19 a evidențiat importanța pregătirii și a rezistenței în industria aviației. Pandemia a creat noi provocări în materie de siguranță, cum ar fi necesitatea de a implementa noi protocoale de sănătate și siguranță pentru a proteja pasagerii și echipajul

❖ Justificarea alegerii titlului, ipoteze de cercetare și formularea obiectivelor

Având în vedere experiența personală de peste 15 ani în domeniul mentenanței și siguranței aeronautice, plecând de la funcția de inginer cu specializare în celulă-motor în cadrul unei escadrile mixte de elicoptere și avioane școală timp de 2 ani și avansând apoi în cadrul Secției de mentenanță aeronave de transport (C27J Spartan), timp de 8 ani, iar mai apoi activând în cadrul primei escadrile de vânătoare F16, ca inginer șef de escadrilă, pot să confirm și să justific interesul deosebit asupra acestei teme. În prezent, lucrez în cadrul Secției Siguranță Aeronautică, pe partea de analiză și investigație tehnică.

Astfel, implicarea mea activă în mentenanța aeronavelor și realizarea acesteia în siguranță în decursul anilor de activitate, schimbul de experiență cu Compania Airbus, pe timpul stagiului realizat în Franța, cu Alenia Aeronautica (pe timpul desfășurării activității în cadrul secției de mentenanță pentru C27J Spartan) cât și cu Forțele Aeriene Portugheze (pe timpul programului de achiziționare a aeronavei F16), mi-au alimentat dorința de a-mi aduce aportul în găsirea unor soluții moderne, inovative, de dezvoltare a strategiilor sistemelor de mentenanță cu implicații asupra siguranței aeronautice.

Titlul acestei cercetări se concentrează pe explorarea conexiunilor dintre sistemele de mentenanță aeronautică și siguranța zborului.



Figura 1. 3: Armonizarea domeniilor de studiu și a ideilor către tema de cercetare aleasă

În stabilirea obiectivelor se pornește de la ipoteza că prin implementarea unor strategii eficiente de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică se îmbunătățesc semnificativ rezultatele privind siguranța zborului prin reducerea apariției incidentelor legate de mentenanță, îmbunătățirea fiabilității aeronavei și optimizarea procedurilor de mentenanță critice pentru siguranță. Această ipoteză sugerează că prin adoptarea și implementarea unor strategii adecvate de dezvoltare a sistemelor de mentenanță, industria aeronautică poate obține o siguranță îmbunătățită a zborului. Cercetarea își propune să investigheze și să furnizeze dovezi care susțin această ipoteză printr-o analiză aprofundată a diferitelor

abordări de dezvoltare a sistemelor de mentenanță, impactul acestora asupra indicatorilor de siguranță a zborului și identificarea celor mai bune practici.

Obiectivul principal al tezei se referă la aprofundarea concepției SM aeronautică cu evidențierea implicațiilor asupra siguranței zborului și reducerea numărului de evenimente, prin propunerea unor strategii inovative în MR și al MSC și oferirea unor instrumente inovative de îmbunătățire a SM.

În realizarea cadrului obiectivului principal, se configurează arhitectura obiectivelor tezei (Figura 1.4) care se sprijină pe mai multe obiective operaționale. Primul obiectiv (OB1.1), cu care se începe tema, este acela de a forma imaginea de ansamblu a MSA și de a evalua eficiența acestuia, pentru a stabili mai departe, locul pe care îl ocupă SM în cadrul acestuia. Apoi, se identifică provocările cu care se confruntă MSA și se propun direcțiile viitoare de cercetare, fapt ce constituie obiectivul al doilea (OB1.2). Pornind de la natura meseriei mele, cea de inginer militar de aviație, am avut acces la informații, atât din domeniul civil, prin schimb de experiență, cât și implicit militar. Astfel, în cel de-al doilea capitol, se propune o abordare a MSA din ambele puncte de vedere pentru a oferi o imagine cât mai cuprinzătoare, punctând elementele critice, cum ar fi importanța standardizării, practici eficiente și eșecuri în MR, prin analiza unor studii de caz relevante. Continuând cu strategiile moderne de abordare a MR, identificând provocările și limitările acestora, se propune strategia MRPD, îndeplinind, astfel, cel de-al treilea (OB2.1) și al patrulea obiectiv (OB2.2). Având ca idee afirmația că implementarea strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță nu se poate realiza fără cunoașterea strategiilor de schimbare în organizația aeronautică, pe baza informațiilor din literatura de specialitate, se punctează obiectiv aspecte ale procesului de schimbare în MSA, cu obiectivul stabilit că strategiile eficiente de schimbare și dezvoltare în MSA sunt esențiale pentru a se asigura că sistemele de mentenanță moderne de aviație se pot adapta la riscuri noi și în evoluție și pot îmbunătăți rezultatele în materie de siguranță, conturându-se astfel cel de-al cincilea obiectiv (OB3.1). Studiind strategiile de dezvoltare ale unor giganti ai aviației, precum Boeing, Airbus, Lockheed Martin, se identifică zonele de îmbunătățire și se propune ca strategie de mentenanță inovativă mentenanța predictivă, fapt ce introduce cel de-al șaselea obiectiv (OB3.2).

Pentru a evalua mentenanța în sistemele moderne de aviație, pentru a oferi o imagine cuprinzătoare asupra performanței mentenanței și pentru a identifica domeniile de îmbunătățire, se introduce sistemul de indicatori. Plecând de la studiul acestora, se dezvoltă SPM și SDM, ca indicatori inovativi în evaluarea sistemelor de mentenanță. Astfel, este îndeplinit cel de-al șaptelea obiectiv (OB4), de a identifica și dezvolta noi indicatori în evaluarea performanței SM.

Cel de-al optulea obiectiv (OB5) se referă la identificarea indicatorilor pentru evaluarea performanței umane. Pentru dezvoltarea strategiilor SM, pentru îmbunătățirea siguranței aeronautice, este necesară selecția și evaluarea corespunzătoare a resursei umane, identificarea factorilor de influență, detectarea și prevenirea erorilor. Utilizarea tehnologiei în SM oferă o oportunitate unică de a evalua performanța umană într-un mod atât obiectiv, cât și de sprijin. Prin valorificarea capacităților AR, organizațiile pot îmbunătăți continuu performanțele tehnicienilor lor de mentenanță și sporesc siguranța generală, eficiența și eficacitatea operațiunilor lor de mentenanță. Obiectivul al nouălea (OB6.1) se centrează pe performanța tehnică, astfel, se prezintă starea actuală a sistemelor de mentenanță aeronautică și relația acestora cu siguranța zborului, se introduc instrumentele statistice în SM, precum și metode noi de evaluare a performanței tehnice. Utilizându-se instrumentele statistice, se prezintă nivelul de siguranță aeronautică din FAR. În cel de-al zecelea obiectiv (OB6.2) se analizează o defecțiune a sistemului Pitot-static, ca sistem critic în operarea aeronavelor și se propune MBC ca strategie optimă de abordare a mentenanței. Obiectivul al unsprezecelea (OB7.1) propune aprofundarea modelelor teoretice de siguranță pentru dezvoltarea și implementarea în SM, oferind o introspecție în SA din FAR, aplicând tehnica chestionarului. Obiectivul final (OB7.2) oferă imaginea mentenanței aeronavei F16, din dotarea FAR, imaginea reprezentativă pentru forțele aeriene, un model la care am participat activ din momentul achiziției și până la operaționalizare, din poziția de inginer șef al escadrilei.

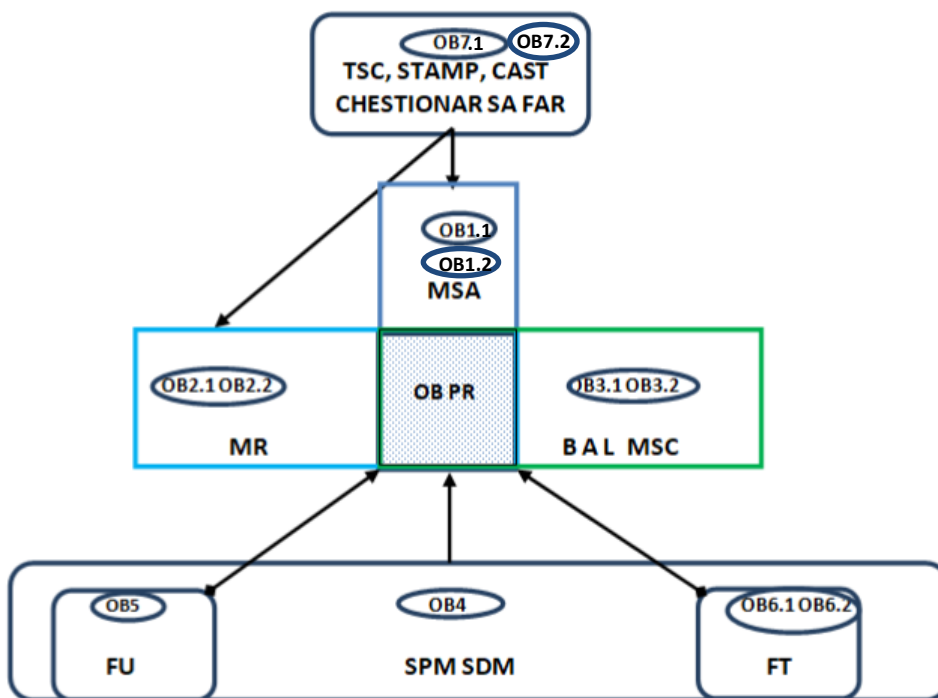


Figura 1. 4 Convergența obiectivelor operaționale către obiectivul principal al tezei

Metodologia de cercetare

Cercetarea a fost efectuată folosind o analiză a literaturii de specialitate, a revistelor academice relevante, rapoarte guvernamentale și publicații din industrie. Analiza literaturii de specialitate a fost efectuată utilizând baze de date online precum Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ACM Digital Library sau Google Scholar, folosind cuvinte cheie relevante legate de subiectul specific și a inclus studii publicate între 2010 și 2022. Studiile selectate pentru a fi incluse în această lucrare s-au bazat pe relevanța lor pentru tema de cercetare și pe calitatea metodologiei de cercetare utilizate. Studiile care au avut o întrebare de cercetare clară, au folosit metodologia de cercetare adecvată și au avut date valide și de încredere au fost selectate pentru a fi incluse în această lucrare. Datele colectate din analiza literaturii de specialitate au fost analizate folosind o abordare de analiză tematică. Această abordare a implicat identificarea temelor și modelelor comune în literatura de specialitate și utilizarea acestor teme pentru a dezvolta o înțelegere a subiectului de cercetare. Temele identificate în analiza literaturii de specialitate au fost utilizate pentru elaborarea recomandărilor și concluziilor prezentate în această lucrare. Studiile propuse prezintă relevanță științifică prin abordarea unor concepte specifice MSA, managementului schimbării, managementului mentenanței. Au fost folosite analize comparative utile pentru a fi integrate în domeniul mentenanței sistemelor. Informațiile obținute în urma studiilor de caz, a aplicațiilor, respectiv al analizării chestionarului și literaturii de specialitate, au fost prezentate într-o manieră ușor de interpretat. Aceste rezultate pot reprezenta un punct de plecare pentru viitoarele studii, metodele propuse fiind scalabile. Teza este rezultatul anilor de studii din școala doctorală, dar și a activității mele profesionale. Așa cum am precizat, experiența dobândită ca inginer militar în exploatarea aeronavelor, cronologic, IAR316B, IAK52, Alenia Aeronautica C27J SPARTAN, în Portugalia F16 și de doi ani ca inginer în cadrul biroului de investigații tehnice din Statul Major al FAR, au constituit baza studiilor și contribuțiilor personale.. Cu siguranță nu s-au regăsit toate publicațiile existente pentru a fi discutate sau menționate în această lucrare

2. MSA ÎN ORGANIZAȚIILE AERONAUTICE CIVILE ȘI MILITARE

În acest capitol se prezintă:

- ❖ Rolul standardizării în îmbunătățirea siguranței aeronautice;
- ❖ Stabilirea importanței standardizării prin analiza unor studii de caz.

Importanța standardizării internaționale în siguranța aviației este demonstrată de următoarele studii de caz:

Tabel 2. 1 Componentele și elementele ICAO

Nr. crt.	Studiu de caz	Descriere	Analiza
1.	Zborul 123 Japan Airlines din 1985	În august 1985, un Boeing 747 operat de Japan Airlines s-a prăbușit într-un munte, ucigând 520 din cele 524 de persoane aflate la bord. Cauza accidentului a fost o reparație defectuoasă a peretelui de presiune din spatele aeronavei, care s-a defectat în timpul zborului, provocând o decompresie rapidă și pierderea controlului.	Ca urmare a accidentului, guvernul japonez a inițiat o revizuire cuprinzătoare a standardelor și procedurilor sale de siguranță a aviației. Revizuirea a evidențiat necesitatea unor standarde de siguranță mai puternice și a condus la înființarea Biroului Aviației Civile Japoneze (JCAB) în 1986. JCAB era responsabil de supravegherea standardelor de siguranță a aviației și de asigurarea conformității cu standardele ICAO. Accidentul a dus și la modificări ale standardelor internaționale ale aviației. ICAO a dezvoltat noi reglementări pentru mentenanță și inspecția structurilor aeronavelor, inclusiv a pereților etanși sub presiune, pentru a preveni producerea unui accident similar în viitor.
2.	Zborul 447 al Air France din 2009	În iunie 2009, un Airbus A330 operat de Air France s-a prăbușit în Oceanul Atlantic, ucigând toate cele 228 de persoane aflate la bord. Cauza catastrofei a fost o combinație de factori, incluzând eroare a pilotului, informații eronate de viteză și altitudine, prin înghețarea tubului pitot și lipsa de instruire privind modul de răspuns la o blocare la altitudine mare.	Accidentul a determinat ICAO să-și revizuiască standardele de siguranță legate de formarea piloților și automatizarea aeronavelor. Drept urmare, ICAO a dezvoltat noi ghiduri privind pregătirea piloților, inclusiv utilizarea simulatoarelor de zbor pentru a instrui piloții cu privire la modul de răspuns la condițiile neobișnuite de zbor. De asemenea, ICAO a recomandat companiilor aeriene să-și revizuiască programele de formare a echipajului de zbor pentru a se asigura că îndeplinesc aceste noi standarde.
Rapoarte oficiale			
Raport		Descriere	
1.	Siguranța aviației globale ICAO: Planul global de siguranță a aviației (GASP) ICAO este un document strategic care subliniază prioritățile și obiectivele organizației în materie de siguranță pentru industria aviației globale. Planul își propune să reducă numărul deceselor din aviație cu 50% până în 2025 și se concentrează pe îmbunătățirea siguranței prin dezvoltarea și implementarea standardelor și practicilor recomandate ICAO.	GASP recunoaște că standardizarea internațională este crucială pentru îmbunătățirea siguranței în aviație. Ea subliniază necesitatea ca statele membre să i să implementeze standardele OACI și practicile recomandate în sistemele lor de aviație pentru a promova un nivel de siguranță constant la nivel mondial. Planul subliniază, de asemenea, importanța colectării și analizei datelor de siguranță pentru a identifica riscurile de siguranță și pentru a dezvolta măsuri eficiente de siguranță.	
2.	Campania de promovare a siguranței Agenției Europene pentru Siguranța Aviației (EASA): Agenția Europeană pentru Siguranța Aviației (EASA) a lansat o campanie de promovare a siguranței în 2018 pentru a promova cultura siguranței în industria aviației. Campania și-a propus să crească gradul de conștientizare a problemelor de siguranță și să încurajeze companiile aeriene, aeroporturile și alte părți interesate din domeniul aviației să adopte cele mai bune practici și să respecte reglementările de siguranță.	Campania a subliniat importanța standardizării internaționale în siguranța aviației și a subliniat necesitatea ca toate organizațiile din domeniul aviației să lucreze împreună pentru a îmbunătăți siguranța. De asemenea, a oferit îndrumări cu privire la modul de implementare a sistemelor de management al siguranței și de a promova o cultură a siguranței în cadrul organizațiilor.	

- ❖ Avantajele standardizării în siguranța aeronautică. Avantajele și limitele metodei de studiu

Standardizarea în siguranța aviației oferă mai multe avantaje care contribuie la îmbunătățirea siguranței în industrie. Unele dintre avantajele cheie includ:

- Consecvență și uniformitate;
- Orientări clare și bine definite;
- Colaborare și cooperare globală;
- Eficiență și eficacitate sporite;
- Încrederea publicului îmbunătățită;

Unele dintre limite includ:

- Implementare și aplicare variate;
- Adaptare lentă la riscurile emergente;
- Factori culturali și organizaționali;
- Provocări de conformitate și supraveghere;
- Inovație și progrese tehnologice;

Studiile de caz sunt eficiente pentru a ilustra impactul și beneficiile standardizării în siguranța aviației.

În timp ce studiile de caz pot evidenția în mod eficient beneficiile și impactul standardizării, este important să recunoaștem limitele acestei metode. Unele limitări includ:

Provocări de generalizare: Studiile de caz oferă exemple specifice de impact al standardizării, dar este posibil să nu reprezinte întreaga industrie a aviației. Fiecare studiu de caz reprezintă un context unic, iar rezultatele observate pot să nu fie universale. Generalizarea concluziilor studiilor de caz la întreaga industrie ar trebui făcută cu prudență, deoarece pot exista variații în practicile și rezultatele de siguranță.

Lipsa analizei pe termen lung: studiile de caz oferă de obicei perspective asupra rezultatelor pe termen scurt și impactului imediat. Cu toate acestea, eficacitatea pe termen lung a standardizării poate necesita o analiză mai amplă care să ia în considerare factori multipli, inclusiv schimbări în tehnologie, medii de reglementare și cultura siguranței pe o perioadă lungă de timp. Analiza pe termen lung este necesară pentru a evalua impactul susținut al eforturilor de standardizare.

Înțelegerea incompletă a factorilor contextuali: este posibil ca studiile de caz să nu surprindă întotdeauna întreaga gamă de factori contextuali care influențează eficacitatea standardizării. Factori precum cadrele de reglementare, diferențele culturale, structurile organizaționale și constrângerile economice pot avea un impact semnificativ asupra implementării și rezultatelor practicilor standardizate de siguranță. Este important să se ia în considerare acești factori contextuali atunci când se interpretează concluziile studiilor de caz.

Reprezentarea limitată a provocărilor: deși studiile de caz evidențiază adesea succesele, este posibil să nu reprezinte în mod adecvat provocările și limitările standardizării. Eforturile de standardizare se confruntă cu diverse obstacole, inclusiv probleme de conformitate, constrângeri de resurse și nevoia de adaptare la riscurile emergente de siguranță. Este posibil ca aceste provocări să nu fie întotdeauna pe deplin explorate sau evidențiate în studiile de caz, ceea ce duce la o înțelegere incompletă a limitărilor standardizării.

- ❖ Tipuri de abordări manageriale în organizațiile aeronautice – cazul MSA
- ❖ Analiză comparativă cu privire la tipurile de management în organizațiile aeronautice civile și militare. Studii de caz
- ❖ Practici eficiente vs eșecuri în MSA

Pentru a ilustra diferențele dintre managementul siguranței în organizațiile de aviație civilă și militară, se examinează următoarele studii de caz:

- Zborul 371 Tarom
- Catastrofe MiG-21
- Air France 447 în 2009 și coliziunea a două avioane de luptă F/A-18 ale Marinei în 2016.
- Zborul 191 Delta Air Lines
- Ciocnirea a două elicoptere CH-53E ale Corpului Marin al SUA
- ❖ Discuții privind gestionarea evenimentelor de risc extrem în aviația din România și cea internațională

Incidentul zborului Tarom 371 servește ca un studiu de caz care evidențiază importanța managementului eficient al siguranței în aviația civilă. Accidentul a scos la iveală deficiențe în practicile de mentenanță, pregătirea echipajului și protocoalele de siguranță în cadrul Tarom. Acesta a subliniat nevoia critică de sisteme robuste de management al siguranței, proceduri de mentenanță adecvate și programe de formare cuprinzătoare pentru a asigura siguranța operațiunilor aviatice.

Accidentul a determinat schimbări semnificative în cadrul Tarom, subliniind importanța îmbunătățirii continue a practicilor de management al siguranței. Acesta a demonstrat importanța învățării din astfel de incidente și a implementării măsurilor corective pentru a preveni viitoare accidente.

Studiile de caz din România oferă perspective asupra diferențelor în practicile de management al siguranței dintre organizațiile de aviație civilă și cea militară din țară. Studiul de caz al aviației civile a evidențiat necesitatea îmbunătățirii formării, luării deciziilor și culturii organizaționale, în timp ce studiul de caz al aviației militare a subliniat importanța practicilor de mentenanță și a aderării la protocoalele de siguranță. Aceste cazuri subliniază importanța practicilor eficiente de management al siguranței atât în sectorul aviației civile, cât și în cel militar și necesitatea îmbunătățirii continue a standardelor și procedurilor de siguranță. Învățând din aceste incidente și implementând lecțiile învățate, industria aviației din România poate îmbunătăți practicile de management al siguranței, poate reduce riscul de accidente și poate asigura siguranța pasagerilor, a echipajului și a personalului implicat în operațiunile aviatice.

Managementul siguranței este un aspect critic al operațiunilor aviatice, indiferent dacă sunt în organizații civile sau militare. Cu toate acestea, există diferențe semnificative în practicile de management al siguranței între cele două tipuri de organizații, inclusiv cadrele de reglementare, structurile organizaționale, cultura siguranței și practicile de management al riscurilor. Aceste diferențe pot afecta eficacitatea practicilor de management al siguranței și probabilitatea incidentelor de siguranță.

Pentru a îmbunătăți managementul siguranței atât în organizațiile de aviație civilă, cât și în cea militară, este esențial să se acorde prioritate unei culturi puternice a siguranței și practicilor eficiente de management al siguranței. Aceasta include angajamentul față de formarea și educația continuă, implementarea proceselor formale de management al riscului și un accent pe comunicare și colaborare în cadrul organizațiilor.

Eroarea pilotului este una dintre cele mai frecvente cauze ale accidentelor aviatice, fie în organizațiile civile sau militare. Cu toate acestea, tipurile specifice de eroare pilot pot diferi între cele două tipuri de organizații. În aviația civilă, eroarea pilotului este adesea legată de pregătirea inadecvată, luarea decizională necorespunzătoare sau nerespectarea procedurilor stabilite. În schimb, eroarea pilotului în aviația militară poate fi legată de probleme precum oboseala, stresul sau o cultură a asumării riscurilor.

O altă diferență semnificativă între managementul siguranței în aviația civilă și cea militară este cadrul de reglementare. În aviația civilă, sunt stabilite standarde și reglementări de siguranță care guvernează toate aspectele operațiunilor aviatice. Companiile aeriene sunt obligate să respecte aceste reglementări și sunt supuse inspecțiilor și auditurilor regulate pentru a asigura conformitatea. Aviația militară, pe de altă parte, operează într-un cadru de reglementare diferit, armata fiind responsabilă pentru stabilirea propriilor standarde și proceduri de siguranță. În timp ce organizațiile de aviație militară pot adopta unele dintre practicile de management al siguranței utilizate în aviația civilă, există diferențe semnificative în modul în care este gestionată siguranța în aceste organizații.

Una dintre diferențele cheie între managementul siguranței în aviația civilă și cea militară este structura organizațională. Organizațiile de aviație civilă au de obicei o structură organizațională centralizată, cu linii clare de autoritate și comunicare între diferitele niveluri ale organizației. Acest lucru poate facilita implementarea unor practici eficiente de management al siguranței, deoarece există un lanț clar de comandă și responsabilitate.

În contrast, organizațiile de aviație militară au adesea o structură organizațională descentralizată, cu mai multe unități și persoane care operează independent unele de altele. Acest lucru poate face mai dificilă implementarea unor practici eficiente de management al siguranței, deoarece poate exista mai puțină coordonare și comunicare între diferite unități.

- ❖ Analiza managementului siguranței aeronautice militare – cazul forțelor aeriene române
- ❖ Funcțiile structurilor de siguranță

- ❖ Strategii moderne de abordare a problematicii managementului riscului în aviație
- ❖ Siguranță vs securitate în aviație
- ❖ Risc, incertitudine, amenințare în aviație
- ❖ Conceptul de reziliență în MSA

Reziliența este un concept critic în MSA. Se referă la capacitatea unui sistem de aviație de a anticipa, de a se pregăti, de a răspunde și de a se recupera după întreruperi sau evenimente adverse. Scopul dezvoltării rezistenței în aviație este de a minimiza impactul incidentelor și accidentelor și de a asigura continuitatea operațiunilor sigure și securizate.

În aviație, reziliența este obținută printr-o combinație de management proactiv al riscului și planificare pentru situații de urgență.

- ❖ Strategii moderne de management al riscului în sistemele aeronautice: o abordare inovatoare

S-a constatat că utilizarea tehnologiilor avansate, factorul uman și abordarea sistematică a managementului riscului poate duce la rezultate mai bune în materie de siguranță în industria aviației. Strategia propusă implică utilizarea algoritmilor de învățare automată pentru a analiza datele de zbor și pentru a identifica potențiale pericole de siguranță. Direcțiile viitoare de cercetare pot include dezvoltarea unui cadru cuprinzător pentru integrarea strategiei propuse în practicile existente de management al riscului.

- Strategii actuale de management al riscului
- Analiza strategiilor moderne de gestionare a riscului în sistemele aeronautice
- Provocări și limitări ale strategiilor actuale de management al riscului
- Etape în dezvoltarea unei noi strategii de gestionare a riscului

Strategia inovatoare implică utilizarea algoritmilor de învățare automată pentru a analiza datele de zbor și pentru a identifica potențiale pericole de siguranță. Strategia poate include următoarele etape:

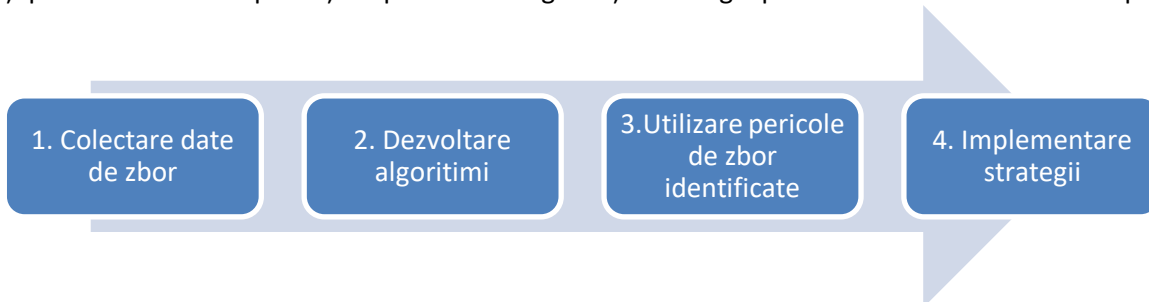


Figura 2. 1: Etapele strategiei de gestionare a riscului în sistemele socio-tehnice complexe.

1. Colectarea datelor de zbor din diverse surse, inclusiv înregistratoare de zbor, rapoarte meteo și date de control al traficului aerian.
2. Dezvoltarea algoritmilor de învățare automată pentru a analiza datele de zbor și pentru identificarea potențialelor pericole de siguranță.
3. Utilizarea pericolelor de siguranță identificate pentru dezvoltarea strategiilor de atenuare a riscurilor, inclusiv modificări ale procedurilor de zbor, mentenanței aeronavelor și de instruire a echipajului.
4. Implementarea strategiilor de atenuare a riscurilor și monitorizarea rezultatelor pentru a evalua efectul eficacității strategiilor.

- Dezvoltarea științifică a strategiei de gestionare a riscurilor în industria aeronautică

Având în vedere provocările și limitările identificate în strategiile actuale de management al riscului în industria aeronautică, se propune o strategie inovatoare de management al riscului pentru a aborda problemele majore specifice industriei aeronautice. Strategia se bazează pe o abordare proactivă care implică integrarea SMS cu practicile de management al riscului.

Strategia inovatoare de management al riscului propusă pentru industria aeronautică încorporează următoarele elemente cheie:

1. **Managementul proactiv al riscului:** Strategia subliniază importanța managementului proactiv al riscului pentru a identifica pericolele și riscurile potențiale înainte ca acestea să se manifeste în accidente. Aceasta

implică utilizarea diferitelor instrumente și tehnici, cum ar fi identificarea pericolelor, evaluarea riscurilor și strategiile de atenuare a riscurilor.

2. Integrarea sistemelor de management al siguranței și managementului riscului: Strategia integrează SMS cu practicile de management al riscului. Această abordare confirmă că siguranța este o parte integrantă a întregului proces de management al riscului, de la identificarea pericolelor potențiale până la implementarea măsurilor de atenuare și monitorizarea eficacității acestora.

3. Îmbunătățirea continuă: Strategia subliniază nevoia de îmbunătățire continuă prin revizuirea și actualizarea planurilor și strategiilor de management al riscului în mod regulat. Aceasta include analiza datelor și feedback-ul de la organizații, identificarea zonelor de îmbunătățire și implementarea acțiunilor corective.

4. Tehnologie: Strategia încorporează utilizarea tehnologiei pentru a îmbunătăți practicile de gestionare a riscurilor. Aceasta include utilizarea analizei datelor, a inteligenței artificiale și a învățării automate pentru a identifica pericolele și riscurile potențiale, pentru a urmări performanța în materie de siguranță și pentru a facilita luarea deciziilor.

- **Managementul riscului bazat pe procesarea datelor (MRPD)**

Având în vedere accentul pus pe date și tehnologie în aviația modernă, se poate considera o versiune a strategiei bazată pe MRPD. Accentul acestei abordări se pune pe valorificarea datelor și tehnologiei pentru a obține o perspectivă mai bună asupra pericolelor și riscurilor potențiale, permițând un management mai eficient și o atenuare a riscurilor. Prin colectarea și analiza datelor cu privire la o gamă largă de factori, cum ar fi modelele meteorologice, performanța aeronavei, istoricul mentenanței și comportamentul pilotului, MRPD poate ajuta la identificarea riscurilor potențiale și poate lua măsuri proactive pentru a le minimiza.

Utilizarea tehnologiilor avansate precum inteligența artificială (AI), învățarea automată și analiza predictivă poate crește eficacitatea MRPD, permițând monitorizarea și analiza în timp real a datelor, permițând un răspuns rapid la riscurile potențiale. Prin combinarea acestor capacități tehnologice cu protocoale și proceduri bine definite de gestionare a riscurilor, MRPD poate ajuta industria aeronautică să rămână în fața riscurilor emergente și să mențină un nivel ridicat de siguranță și securitate pentru toate organizații.

Pentru a evalua eficacitatea strategiei inovatoare de management al riscurilor, se propune dezvoltarea unui studiu de caz care testează abordarea într-un cadru real. Aceasta ar implica selectarea unui eșantion de grup de companii aeriene sau aeroporturi care ar fi de acord să participe la studiu și implementarea abordării MRPD în procesele lor de gestionare a riscurilor.

- **Etapele studiului de caz înaintea implementării MRPD:**

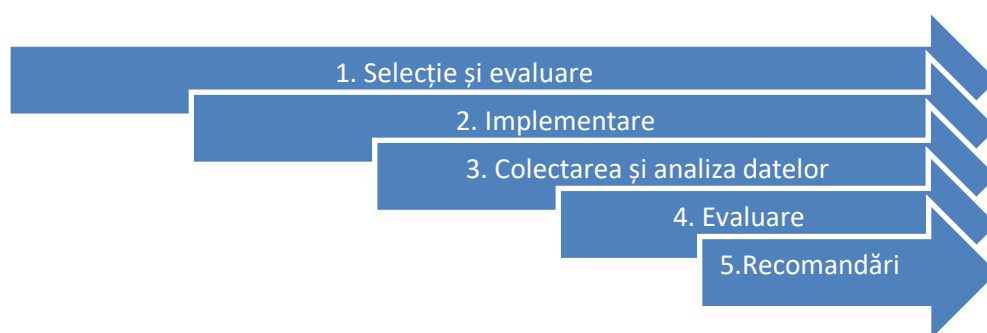


Figura 2. 2: Etapele strategiei de gestionare a riscului .

1. **Selecție și evaluare:** Înainte de implementarea MRPD, companiile aeriene sau aeroporturile selectate vor fi supuse unei evaluări cuprinzătoare pentru a identifica lacunele și provocările actuale în procesele lor de gestionare a riscurilor. Aceasta ar oferi o bază de referință pe baza căreia ar putea fi măsurată eficacitatea abordării MRPD.

2. **Implementare:** Abordarea MRPD va fi implementată în procesele de management al riscului ale companiilor aeriene sau aeroporturilor selectate. Acest lucru ar implica înființarea de sisteme de colectare

și analiză a datelor, definirea protocoalelor și procedurilor de gestionare a riscurilor și formarea personalului cu privire la noua abordare.

3. Colectarea și analiza datelor: Datele vor fi colectate și analizate folosind abordarea MRPD pe o perioadă de timp, cum ar fi 6-12 luni. Datele colectate ar include o gamă largă de factori, cum ar fi modelele meteorologice, performanța aeronavei, istoricul mentenanței și comportamentul pilotului.

4. Evaluare: Datele colectate vor fi evaluate pentru a determina eficacitatea abordării MRPD în identificarea riscurilor potențiale și luarea de măsuri proactive pentru a le minimiza. Aceasta ar implica compararea evaluării de bază cu rezultatele analizei datelor.

5. Recomandări: Pe baza evaluării, vor fi făcute recomandări pentru îmbunătățirea abordării MRPD și abordarea oricăror lacune sau provocări identificate.

Studiul de caz ar oferi informații valoroase asupra eficacității strategiei inovatoare de management al riscurilor propuse și ar ajuta la rafinarea și îmbunătățirea abordării pentru o adoptare mai largă în industria aeronautică.

Abordarea MRPD este o abordare proactivă și adaptativă a managementului riscului, care utilizează date și analize în timp real pentru a identifica riscurile potențiale și pentru a lua măsuri preventive înainte ca acestea să devină probleme critice.

Abordarea MRPD se bazează pe patru componente cheie: colectarea datelor, analiza datelor, luarea deciziilor și comunicarea riscurilor. Prin colectarea de date în timp real despre o gamă largă de factori care ar putea afecta siguranța și securitatea industriei aviației, abordarea MRPD poate identifica rapid riscurile potențiale și poate lua măsuri proactive pentru a le atenua.

Unul dintre avantajele cheie ale abordării MRPD este capacitatea sa de a se adapta la condițiile în schimbare și la informații noi. Pe măsură ce noi date sunt colectate și analizate, abordarea MRPD poate ajusta strategiile de gestionare a riscurilor pentru a se alinia mai bine cu riscurile emergente și condițiile în schimbare.

- **Etapele implementării MRPD**

În figura 2.8 se prezintă pașii pentru implementarea unui sistem MRPD în industria aeronautică:

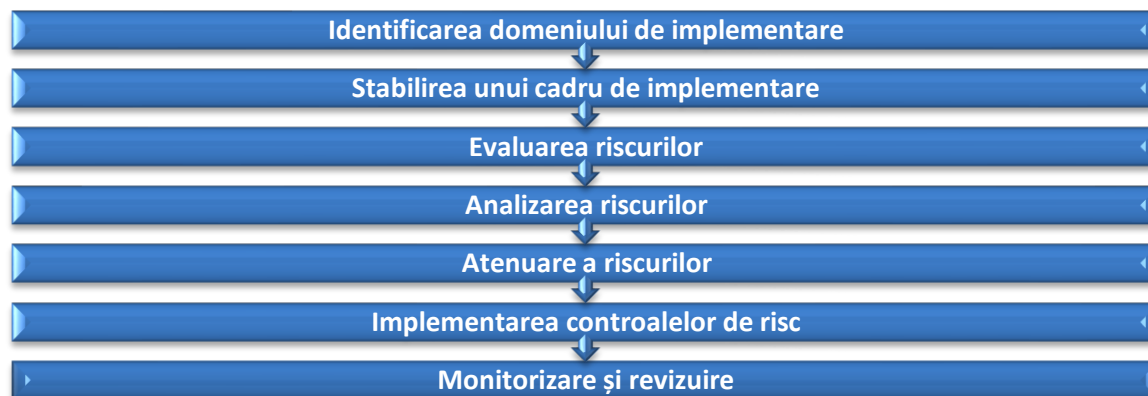


Figura 2. 3: Etapele implementării MRPD .

P1. Identificarea domeniului de implementare: Primul pas în implementarea MRPD este identificarea organizațiilor care vor fi implicate în proces. Acestea pot include operatorii aerieni, autoritățile aeroportuare, controlorii de trafic aerian, autoritățile de reglementare a aviației și alte părți relevante.

P2. Stabilirea unui cadru de implementare: trebuie stabilit un cadru care să definească domeniul de aplicare al sistemului MRPD, procesul de management al riscului și instrumentele și tehnicile care vor fi utilizate.

P3. Evaluarea riscurilor: Ar trebui efectuată o evaluare a riscurilor pentru a identifica pericolele și riscurile potențiale. Aceasta poate implica revizuirea datelor istorice, efectuarea de inspecții la fața locului și analiza datelor din alte surse.

P4. Analizarea riscurilor: Riscurile identificate trebuie analizate pentru a determina probabilitatea și potențialele consecințe ale fiecărui risc. Acest lucru se poate face folosind o matrice de risc, care prezintă probabilitatea și consecințele fiecărui risc pe o diagramă.

P5. Atenuarea riscurilor: Odată ce riscurile au fost analizate, trebuie dezvoltate strategii de atenuare a riscurilor. Acest lucru poate implica implementarea controalelor inginerești, controale administrative sau echipamente de protecție personală.

P6. Implementarea controalelor de risc: Controalele de risc trebuie implementate și monitorizate pentru a se asigura că sunt eficiente în reducerea sau eliminarea riscurilor.

P7. Monitorizare și revizuire: Sistemul MRPD trebuie monitorizat și revizuit în mod regulat pentru a se asigura că rămâne eficient. Acest lucru poate implica efectuarea de audituri sau evaluări pentru a identifica orice lacune sau zone de îmbunătățire.

- **Instrumentele utilizate în cadrul procesului MRPD:**

1. Software de evaluare a riscurilor: Există o serie de instrumente software disponibile care pot fi utilizate pentru a sprijini procesul de evaluare a riscurilor. Aceste instrumente permit utilizatorilor să identifice și să evalueze pericolele, să evalueze riscurile și să dezvolte strategii de atenuare a riscurilor.

2. Sistem de raportare a incidentelor: Un sistem de raportare a incidentelor poate fi utilizat pentru a colecta și analiza date privind incidentele și accidentele care au loc în industria aviației. Acest lucru poate ajuta la identificarea tendințelor și a zonelor de îmbunătățire.

3. Sistem de management al siguranței (SMS): Un SMS este o abordare structurată a gestionării siguranței care include politici, proceduri și instrumente pentru identificarea și gestionarea riscurilor. Un SMS poate fi utilizat pentru a sprijini procesul MRPD, oferind un cadru pentru gestionarea riscurilor și îmbunătățirea culturii siguranței.

4. Instrumente de sprijin pentru decizii: Instrumentele de sprijin pentru decizii pot fi folosite pentru a ajuta organizații să ia decizii informate cu privire la managementul riscurilor. Aceste instrumente pot include arbori de decizie, analiză de scenarii sau analiză cost-beneficiu.

Instrumente moderne care pot fi utilizate în implementarea MRPD cuprind:

1. Identificarea riscurilor:

- Instrument de matrice de risc (de exemplu, Matrice de risc+)
- Lista de verificare pentru identificarea pericolelor (de exemplu, HAZID)

2. Evaluarea riscurilor:

- Software de analiză a arborelui de erori (de exemplu, FaultTree+)
- Software de analiză a arborelui de evenimente (de exemplu, EventTree+)
- Software probabilistic de evaluare a riscurilor (de exemplu, RiskSpectrum)

3. Reducerea riscurilor:

- Instrument pentru planul de acțiune pentru controlul riscurilor (de exemplu, RiskControl+)
- Instrument de analiză a cauzei principale (de exemplu, TapRoot)

4. Monitorizarea și controlul riscurilor:

- Software de management al riscului (de exemplu, RiskLogik)
- Tabloul de bord pentru indicatori cheie de performanță (KPI) (de exemplu, KPI Fire)

Implementarea MRPD necesită o echipă multidisciplinară de experți, inclusiv manageri de risc, ingineri de aviație, specialiști în siguranță și autorități de reglementare. Echipa ar trebui să lucreze împreună pentru a dezvolta un plan cuprinzător de management al riscului și să se asigure că planul este implementat corespunzător și monitorizat continuu.

În general, implementarea MRPD poate ajuta organizațiile aviatice să gestioneze în mod proactiv riscurile, să asigure siguranța și securitatea și să îmbunătățească eficiența operațională.

❖ **Analiza corelațiilor dintre risc, siguranță și securitate în aviație**

Corelația dintre risc, siguranță și securitate în aviație este complexă și interdependentă. Gestionarea eficientă a riscurilor este esențială pentru menținerea unui nivel ridicat de siguranță și securitate în operațiunile de aviație. Siguranța și securitatea sunt strâns corelate, iar gestionarea eficientă a ambelor este esențială pentru asigurarea siguranței și securității operațiunilor aviatice. Prin utilizarea unui cadru cuprinzător de management al riscului și prin integrarea managementului siguranței și securității, organizațiile aviatice pot gestiona eficient riscurile și pot menține un nivel ridicat de siguranță și securitate

în operațiunile lor. În tabel sunt ilustrate câteva exemple de studii de caz care ar putea fi utilizate pentru a analiza corelația dintre risc și siguranță și securitate în aviație:

Tabel 2. 2 Studii de caz pentru analiza corelațiilor dintre risc siguranță și securitate în evenimente extreme de aviație

Nr. crt.	Studiu de caz	Comentarii
1.	Zborul Germanwings 9525: În martie 2015, zborul Germanwings 9525 s-a prăbușit în Alpii francezi, ucigând toate cele 150 de persoane aflate la bord.	Ancheta a relevat faptul că pilotul secund a prăbușit în mod intenționat aeronava, evidențiind riscurile de securitate asociate cu amenințările interne. Incidentul a ridicat, de asemenea, întrebări cu privire la eficacitatea screening-ului sănătății mintale și a sprijinului pentru piloți, demonstrând relația dintre siguranță și securitate.
2.	Zborul United Airlines 232: În iulie 1989, zborul United Airlines 232 a suferit o defecțiune a motorului, ducând la pierderea controlului hidraulic și la o aterizare accidentală.	În timp ce 111 persoane au murit în incident, evacuarea cu succes a 185 de pasageri a evidențiat importanța măsurilor eficiente de siguranță, cum ar fi antrenamentul și pregătirea pentru situații de urgență.
3.	Zborul 370 Malaysia Airlines: În martie 2014, zborul 370 Malaysia Airlines a dispărut pe traiectul de la Kuala Lumpur la Beijing, ducând la pierderea tuturor celor 239 de pasageri și echipaj.	Deși cauza dispariției rămâne necunoscută, incidentul a demonstrat importanța unor procese eficiente de gestionare a riscurilor, inclusiv a sistemelor de urmărire și comunicare, pentru a asigura siguranța și securitatea operațiunilor aviatice.
4.	Atentatul cu bombă la aeroportul din Bruxelles: În martie 2016, teroriștii au atacat aeroportul din Bruxelles, ucigând 32 de persoane și rănind peste 300.	Atacul a evidențiat riscurile de securitate asociate operațiunilor aviatice și importanța măsurilor de securitate eficiente, cum ar fi sistemele de screening și controlul accesului.
5.	Zborul 123 Japan Airlines: În august 1985, zborul 123 Japan Airlines s-a prăbușit într-un munte, ucigând 520 din cei 524 de pasageri și echipaj de la bord.	Incidentul a fost cauzat de o defecțiune a peretelui de presiune din spate al aeronavei, subliniind importanța proceselor eficiente de mentenanță și inspecție în asigurarea siguranței operațiunilor aviatice.
6.	Atacurile teroriste din 11 septembrie: În septembrie 2001, teroriștii au deturnat patru avioane comerciale și le-au folosit ca arme pentru a ataca World Trade Center și Pentagonul, ucigând aproape 3.000 de oameni.	Atacurile au demonstrat riscurile de securitate asociate cu operațiunile aviatice și au condus la schimbări semnificative în măsurile de securitate aeroportuare și în procedurile de control al traficului aerian.
7.	Dezastrul aeroportului din Tenerife: În martie 1977, două avioane Boeing 747 s-au ciocnit pe pista de pe aeroportul din Tenerife, ducând la moartea a 583 de persoane.	Incidentul a fost cauzat de o combinație de factori, inclusiv comunicarea greșită între controlul traficului aerian și aeronavă, evidențiind importanța comunicării și coordonării eficiente în operațiunile aviatice.

Analizând aceste studii și alte studii de caz, se pot identifica factorii cheie care contribuie la risc, siguranță și securitate în aviație și se pot dezvolta strategii pentru gestionarea eficientă a acestor factori.

❖ **Principii de analiză a accidentelor de aviație – elemente specifice domeniului aeronautic militar**

❖ **Riscul și siguranța în sistemul militar de aviație**

• **Trăsături ale accidentelor din domeniul aeronautic militar**

Se realizează o analiză statistică a accidentelor din FAR.

În acest capitol am evidențiat importanța standardizării internaționale, civile și militare, în MSA, exemplificată prin intermediul unor studii de caz relevante. De asemenea, printr-o analiză comparativă critică bazată pe studii de caz, atât civile, cât și militare, din România, alte țări din Europa, SUA, am prezentat practicile eficiente precum și eșecurile din MR.

Am abordat strategiile moderne de management al riscului, studiind strategiile actuale, identificând provocările și limitările acestora și am propus o nouă strategie de gestionare a riscurilor bazată pe culegere de date (MRPD), cu accent pe utilizarea tehnologiei.

Având acces la informații din domeniul aeronautic militar, prin natura meseriei și a funcțiilor deținute de-a lungul timpului, am prezentat ceea ce înseamnă riscul și securitatea în aviația militară și am punctat cu exactitate trăsături ale accidentelor din domeniu pe perioade critice, până în 2022.

3. STRATEGII DE SCHIMBARE ȘI DEZVOLTARE ORGANIZAȚIONALĂ ÎN MANAGEMENTUL SIGURANȚEI AERONAUTICE

În cadrul acestui capitol se prezintă:

- ❖ Conceptul de schimbare organizațională

Se definește conceptul de schimbare în organizațiile aeronautice, în contextul domeniului de cercetare, cu obiectivul stabilit că strategiile eficiente de schimbare și dezvoltare în managementul siguranței aeronautice sunt esențiale pentru a se asigura că sistemele de mentenanță moderne de aviație se pot adapta la riscuri noi și în evoluție și pot îmbunătăți rezultatele în materie de siguranță.

- ❖ Aspecte ale procesului de schimbare în MSA

- ❖ Diagnosticarea stării sistemului
- ❖ Rezistența la schimbare

- ❖ Strategii de schimbare și dezvoltare organizațională în MSA

- ❖ Definirea schimbării; schimbarea ca realitate organizațională în MSA

- ❖ Modelul schimbării organizaționale în sistemele de aviație moderne

- ❖ Bazele schimbării organizaționale

- ❖ Metode manageriale în organizațiile aeronautice

- ❖ Analiza unor probleme specifice managementului schimbării în sistemele de mentenanță din aviația modernă. Studiu de caz

- ❖ Beneficiile managementului schimbării și probleme de implementare în procesele de mentenanță

- ❖ **Managementul schimbării în sistemele moderne de mentenanță în aviație**

În acest subcapitol se propune identificarea problemelor asociate cu implementarea schimbărilor în sistemele de mentenanță aeronautică, crearea unui plan de management al schimbării bazat pe studii de caz relevante din industria aeronautică, precum și formularea unor recomandări. Se prezintă sistemele de monitorizare la distanță și instrumentele de analiză predictivă ca elemente moderne de îmbunătățire a sistemelor de mentenanță. Se explorează strategiile de mentenanță Airbus, Boeing, Lockheed pentru identificarea punctelor forte și slabe.

Gestionarea eficientă a schimbărilor în sistemele moderne de mentenanță din aviație duce la creșterea siguranței, fiabilității și eficienței. Cu toate acestea, implementarea acestora poate fi o provocare, necesitând o planificare atentă, comunicare și instruire pentru a asigura adoptarea cu succes.

Sistemele de mentenanță din aviație au parcurs un drum lung de la sistemele bazate pe hârtie din trecut la sistemele moderne, computerizate de astăzi.

Identificarea problemelor, recomandări, crearea unui plan bazat pe studii de caz

Pentru a crea un plan bazat pe studii de caz, se identifică mai întâi problemele cu care se confruntă industria aviației în gestionarea schimbărilor în sistemele lor de mentenanță.

- **Studii de caz:**

Pe baza studiilor de caz și a recomandărilor prezentate mai sus, se propune un plan de implementare a modificărilor în sistemele de mentenanță a aviației. Planul ar include următorii pași:

1. **Planificarea schimbării:** se dezvoltă un plan cuprinzător, care să sublinieze toți pașii necesari, resursele și organizații implicate în schimbare.

2. **Comunicarea schimbării:** comunicare eficientă cu angajații și cu organizațiile pentru a se asigura că se înțeleg motivele schimbării, beneficiile pe care le va aduce și impactul potențial asupra rolurilor și responsabilităților lor.

3. **Implicarea angajaților în procesul de planificare:** Implicarea angajaților în procesul de planificare pentru a construi încredere și pentru a asigura că preocupările și ideile lor sunt luate în considerare.

4. **Instruire și suport:** Oferirea instruirii și sprijinului adecvat angajaților pentru a se asigura că aceștia se pot adapta la noile sisteme de mentenanță în siguranță și eficient.

5. **Monitorizarea și evaluarea schimbării:** se monitorizează și evaluează regulat schimbarea pentru a se asigura că se obțin rezultatele dorite și pentru a identifica orice domenii în care sunt necesare îmbunătățiri.

Pe baza acestor studii de caz, este evident că gestionarea schimbărilor în sistemele de mentenanță aeronautică este un proces complex care necesită o planificare atentă, o comunicare eficientă și implicarea tuturor organizațiilor. Cu toate acestea, beneficiile implementării eficiente a schimbărilor, cum ar fi standardele de siguranță îmbunătățite și eficiența sporită, fac din aceasta un efort necesar și util. Pentru a gestiona cu succes schimbarea sistemelor de mentenanță din aviație, organizațiile ar trebui să urmeze câteva principii cheie, inclusiv:

1. Implicarea în procesul de schimbare a tuturor organizațiilor, a personalul de mentenanță, autorităților de reglementare și management.
2. Elaborarea unui plan detaliat pentru implementarea modificărilor, inclusiv termene și planuri de urgență.
3. Acordarea instruirii și resurselor adecvate pentru a sprijini procesul de schimbare.
4. Comunicarea eficientă cu toate organizațiile pe parcursul procesului, oferind inclusiv actualizări regulate cu privire la progres și abordând orice îngrijorări.
5. Evaluarea eficacității schimbărilor odată implementate, inclusiv evaluarea impactului asupra siguranței și eficienței.

Urmând aceste principii și învățând din experiențele altor organizații, organizațiile de mentenanță pot gestiona eficient schimbările în sistemele lor și pot asigura siguranța și eficiența operațiunilor lor.

❖ **Relația dintre strategiile de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică și siguranța zborului. Recomandări pentru îmbunătățirea acestora.**

Relația dintre strategiile de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică și siguranța zborului este esențială pentru a asigura operațiuni sigure și fiabile în industria aviației. Un sistem de mentenanță bine conceput și implementat eficient poate ajuta la prevenirea defecțiunilor echipamentelor și la reducerea riscului de accidente și incidente.

Una dintre modalitățile principale de a îmbunătăți sistemele de mentenanță aeronautică și de a asigura siguranța zborului este adoptarea unei abordări proactive a managementului mentenanței. Aceasta implică dezvoltarea unui program cuprinzător de mentenanță care include inspecții regulate, mentenanță și reparare a aeronavelor și a echipamentelor aferente. Programul ar trebui să includă, de asemenea, un sistem de urmărire a mentenanței și reparațiilor pentru a se asigura că toate echipamentele sunt actualizate și în conformitate cu reglementările de siguranță.

❖ **Sistemele de monitorizare la distanță și instrumentele de analiză predictivă**

Sistemele de monitorizare de la distanță și instrumentele de analiză predictivă sunt tehnologii care pot fi utilizate pentru a îmbunătăți sistemele de mentenanță aeronautică și pentru a conferi siguranța zborului. Aceste instrumente pot ajuta la identificarea problemelor potențiale înainte ca acestea să devină majore sau probleme, permițând personalului de mentenanță să ia măsuri corective rapid și eficient.

❖ **Strategii de dezvoltare a sistemului de mentenanță aeronautică - cazul companiilor Boeing, Airbus, Lockheed Martin. Analiza comparativă**

Sistemele de mentenanță aeronautică sunt esențiale pentru asigurarea funcționării sigure și eficiente a aeronavelor. Boeing, Airbus și Lockheed Martin sunt printre cele mai mari companii aerospațiale din lume și fiecare are propria strategie unică pentru dezvoltarea și întreținerea sistemelor de mentenanță.

❖ **Boeing**

Abordarea Boeing în ceea ce privește dezvoltarea sistemelor de mentenanță subliniază importanța fiabilității, mentenabilității și suportabilității. Această strategie își propune să îmbunătățească performanța și longevitatea sistemelor lor de aeronave, minimizând în același timp costurile și timpul de nefuncționare asociate cu mentenanța.

❖ **Airbus**

Strategia de dezvoltare a sistemelor de mentenanță a Airbus este centrată pe inițiativele lor de transformare digitală. Airbus a dezvoltat o serie de instrumente și platforme digitale pentru a sprijini

operațiunile de mentenanță, inclusiv sistemul **Skywise**, care oferă monitorizare în timp real și analiză a datelor pentru mentenanța predictivă.

❖ **Lockheed Martin**

Abordarea Lockheed Martin privind dezvoltarea sistemelor de mentenanță pune accent pe utilizarea tehnologiilor avansate pentru a îmbunătăți eficiența mentenanței și a reduce costurile. Sistemul lor de informare logistică autonomă **F-35 (ALIS)** este un exemplu cheie al acestei abordări, integrând analiza datelor, mentenanța predictivă și capabilitățile de gestionare a lanțului de aprovizionare pentru a optimiza operațiunile de mentenanță.

❖ **Identificarea zonelor de îmbunătățire și contribuția la dezvoltarea unor sisteme de mentenanță mai sigure, mai eficiente și mai durabile**

Un domeniu de îmbunătățire pe care toate companiile l-ar putea lua în considerare este implementarea unei strategii de mentenanță proactivă, care implică efectuarea de inspecții regulate și mentenanță preventivă pentru a identifica potențialele probleme înainte ca acestea să devină probleme grave. Acest lucru poate ajuta la reducerea riscului de oprire neprogramată, la îmbunătățirea siguranței și la creșterea duratei de viață a aeronavei.

Un alt domeniu de îmbunătățire este investițiile în noi tehnologii, cum ar fi digitalizarea, care pot ajuta la îmbunătățirea eficienței mentenanței și la reducerea costurilor. De exemplu, încorporarea **inteligenței artificiale** și a **algoritmilor de învățare automată** în operațiunile de mentenanță poate ajuta la identificarea tiparelor și tendințelor în datele de mentenanță, care pot influența deciziile de mentenanță și pot îmbunătăți acuratețea predicțiilor de mentenanță.

❖ **Mentenanța predictivă; strategie de mentenanță inovativă**

O nouă strategie pentru dezvoltarea sistemelor de mentenanță aeronautică poate fi **utilizarea mentenanței predictive**. Mentenanța predictivă implică utilizarea de analize avansate și algoritmi de învățare automată pentru a prezice când este necesară mentenanța pe baza datelor în timp real de la aeronavă. Folosind datele pentru a identifica problemele potențiale înainte ca acestea să devină probleme serioase, companiile pot reduce riscul de oprire neprogramată și pot îmbunătăți fiabilitatea aeronavei.

❖ **Exemplificarea mentenanței predictive**

Un exemplu de mentenanță predictivă în industria aerospațială este platforma **FlightPulse a General Electric (GE)**. FlightPulse este o platformă software care utilizează date de la senzorii aeronavei pentru a monitoriza starea motorului și pentru a anticipa nevoile de mentenanță.

Sistemul folosește algoritmi și învățare automată pentru a analiza datele în timp real de la aeronava, inclusiv parametrii motorului, cum ar fi temperatura, presiunea și vibrația. Analizând aceste date, FlightPulse poate identifica probleme potențiale și poate prezice când este nevoie de mentenanță.

De exemplu, FlightPulse poate detecta modificări ale performanței motorului care pot indica uzura sau deteriorarea componentelor, cum ar fi paletele sau rulmenții turbinei. Aceste informații pot fi apoi folosite pentru a programa mentenanța înainte ca problema să devină critică, reducând riscul de oprire neprogramată și îmbunătățind fiabilitatea aeronavei.

Pe lângă anticiparea nevoilor de mentenanță, FlightPulse oferă piloților și feedback în timp real cu privire la performanța lor de zbor, cum ar fi eficiența consumului de combustibil și emisiile. Acest lucru poate ajuta piloții să își optimizeze comportamentul de zbor și să reducă consumul de combustibil și emisiile.

În general, FlightPulse reprezintă un exemplu promițător de mentenanță predictivă în industria aerospațială. Prin utilizarea analizei avansate și a învățării automate, GE este capabil să monitorizeze starea motorului în timp real și să prezică nevoile de mentenanță, îmbunătățind siguranța și fiabilitatea aeronavelor, reducând în același timp costurile asociate cu mentenanța.

4. MODELE DE RISC ȘI SIGURANȚĂ ÎN AERONAUTICĂ

În capitolul patru se prezintă:

❖ Sistemul de indicatori utilizat în evaluarea mentenanței

Sistemul de indicatori utilizat pentru evaluarea mentenanței în sistemele moderne de aviație poate fi împărțit în mai multe categorii. Aceste categorii includ indicatori de proces, indicatori de rezultat și indicatori de performanță în materie de siguranță.

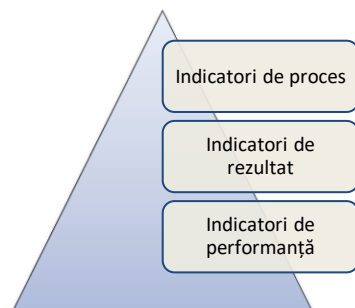


Figura 4. 1: Sistemul de indicatori utilizat în evaluarea mentenanței

Indicatorii de proces, indicatorii de rezultat și indicatorii de performanță în siguranță sunt importanți în evaluarea programelor de mentenanță. Indicatorii de performanță în materie de siguranță sunt deosebit de importanți în identificarea potențialelor pericole de siguranță și pentru atenuarea riscurilor.

Tabel 4. 1 Indicatori de proces utilizați în mentenanța aeronautică

Nr.crt	Indicator	Descriere
1.	Numărul de sarcini de mentenanță finalizate la timp	Acest indicator măsoară procentul de sarcini de mentenanță care sunt finalizate la timp. Poate ajuta la identificarea zonelor de ineficiență în procesul de mentenanță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
2.	Timpul necesar pentru finalizarea sarcinilor de mentenanță	Acest indicator măsoară timpul mediu necesar pentru finalizarea sarcinilor de mentenanță. Poate ajuta la identificarea zonelor de ineficiență în procesul de mentenanță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
3.	Numărul de sarcini de mentenanță care necesită reluare	Acest indicator măsoară procentul de sarcini de mentenanță care necesită reluare. Poate ajuta la identificarea zonelor de ineficiență în procesul de mentenanță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
4.	Respectarea procedurilor de mentenanță	Acest indicator măsoară procentul de sarcini de mentenanță care sunt finalizate în conformitate cu procedurile de mentenanță. Poate ajuta la identificarea zonelor de neconformitate și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
5.	Instruirea și calificarea personalului de mentenanță	Acest indicator măsoară pregătirea și calificarea personalului de mentenanță. Acesta poate ajuta la identificarea domeniilor de formare și lacunele de calificare și oferă îndrumări pentru îmbunătățire.
6.	Eficacitatea programului de mentenanță	Acest indicator măsoară eficiența generală a programului de mentenanță. Poate ajuta la identificarea zonelor de ineficiență în programul de mentenanță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.

Există diferite tipuri de indicatori de performanță în materie de siguranță care pot fi utilizați în programele de mentenanță a aviației, conform tabelului 4.2.

Tabel 4. 2 Indicatori de performanță utilizați în mentenanța aeronautică

Nr.crt	Indicator	Descriere
1.	Rata incidentelor	Acest indicator măsoară numărul de incidente legate de siguranță care au loc într-o anumită perioadă. Poate ajuta la identificarea zonelor de risc pentru siguranță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
2.	Rata accidentelor	Acest indicator măsoară numărul de accidente care au loc într-o anumită perioadă. Poate ajuta la identificarea zonelor de risc pentru siguranță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
3.	Rata de identificare a pericolelor	Acest indicator măsoară numărul de pericole identificate într-o perioadă specificată. Poate ajuta la identificarea zonelor de risc pentru siguranță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
4.	Rata de evaluare a riscului	Acest indicator măsoară numărul de evaluări de risc finalizate într-o perioadă specificată. Poate ajuta la identificarea zonelor de risc pentru siguranță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
5.	Rata de audit de siguranță	Acest indicator măsoară numărul de audituri de siguranță finalizate într-o perioadă specificată. Poate ajuta la identificarea zonelor de risc pentru siguranță și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.
6.	Sondajul culturii siguranței	Acest indicator măsoară percepțiile și atitudinile angajaților față de siguranță. Poate ajuta la identificarea zonelor slabe în cultura siguranței și poate oferi îndrumări pentru îmbunătățire.

Indicatorii de performanță în materie de siguranță sunt un instrument important pentru evaluarea performanței de siguranță a sistemelor de aviație. Prin monitorizarea și evaluarea regulată a SPI-urilor, organizațiile aviatice pot identifica zonele de risc pentru siguranță și pot lua măsuri corective pentru a îmbunătăți performanța în materie de siguranță.

❖ **Analiza indicatorilor de evaluare a mentenanței în sistemele moderne de aviație. dezvoltarea unor indicatori noi bazați pe tehnologiile emergente.**

Sistemul de indicatori care evaluează mentenanța în sistemele moderne de aviație este crucial pentru asigurarea siguranței și fiabilității aeronavelor. Pentru a evalua performanța mentenanței sunt utilizate o varietate de indicatori, inclusiv:

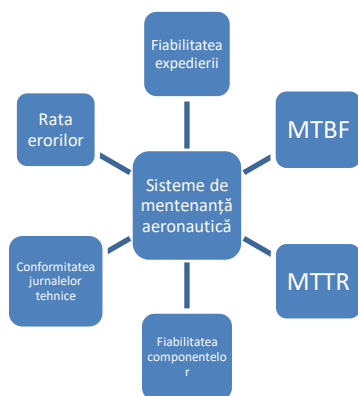


Figura 4. 2 Indicatori utilizați în evaluarea performanței mentenanței

1. Fiabilitatea expederii: acest indicator măsoară procentul de zboruri care pleacă conform programului și fără întârzieri legate de mentenanță.

2. Timpul mediu între defecțiuni (MTBF): MTBF este timpul mediu scurs între două defecțiuni ale unei anumite componente sau sistemului. Această măsurătoare ajută la identificarea tendințelor și la prioritizarea eforturilor de mentenanță.

3. Timpul mediu de reparare (MTTR): MTTR măsoară timpul mediu necesar pentru a repara o anumită componentă sau sistem odată ce aceasta a eșuat. Un MTTR scăzut este un indiciu al proceselor de mentenanță eficiente.

4. Fiabilitatea componentelor: Acest indicator măsoară fiabilitatea componentelor individuale, cum ar fi motoarele sau sistemele avionice, și este utilizat pentru a determina necesitatea înlocuirii sau revizuirii.

5. Conformitatea jurnalelor tehnice: Acest indicator măsoară acuratețea și caracterul complet al jurnalelor tehnice ale aeronavei, care sunt utilizate pentru a urmări activitățile de mentenanță și reparații.

6. Rata erorilor de mentenanță: Acest indicator măsoară numărul de erori de mentenanță care apar, cum ar fi reparații sau instalări incorecte, și este utilizat pentru a identifica zonele de îmbunătățire a proceselor de mentenanță.

Sistemul de indicatori utilizat pentru evaluarea mentenanței în sistemele moderne de aviație oferă o imagine cuprinzătoare asupra performanței mentenanței și ajută la identificarea domeniilor de îmbunătățire. Urmărind aceste valori, organizațiile aeronautice pot asigura siguranța și fiabilitatea aeronavelor și își pot îmbunătăți procesele generale de mentenanță.

❖ **Scorul de performanță a mentenanței (SPM)**

Scorul de performanță a mentenanței (SPM) poate fi exprimat matematic după cum urmează:

$$SPM = (W1 \times F1 + W2 \times F2 + \dots + Wn \times Fn) / (W1 + W2 + \dots + Wn)$$

Unde:

- SPM este Scorul de performanță a mentenanței.
- W1, W2, ..., Wn sunt ponderile atribuite fiecărui factor în calculul SPM.
- F1, F2, ..., Fn sunt valorile fiecărui factor, cum ar fi fiabilitatea expedierii, timpul mediu între defecțiuni (MTBF), timpul mediu de reparare (MTTR), fiabilitatea componentelor, conformitatea cu jurnalul tehnic și rata erorilor de mentenanță.

Greutățile trebuie atribuite pe baza impactului relativ pe care fiecare factor îl are asupra performanței generale de mentenanță. De exemplu, fiabilitatea expedierii ar putea primi o pondere mai mare decât fiabilitatea componentelor, deoarece are un impact direct asupra operațiunilor de zbor și satisfacției clienților.

Pentru a calcula SPM, trebuie colectate și analizate date privind diferiții factori, cum ar fi înregistrările de zbor și mentenanță. SPM poate fi calculat apoi prin însumarea produselor fiecărui factor și a ponderii acestuia și împărțind la suma ponderilor.

❖ **Scorul de digitalizare a proceselor de mentenanță (SDM)**

Un potențial indicator care ar putea fi revoluționar în evaluarea performanței mentenanței în sistemele moderne de aviație este Scorul de Digitalizare al Mentenanței. SDM ar măsura gradul în care o companie aeriană utilizează tehnologia digitală și analiza datelor în procesele sale de mentenanță.

SDM poate fi calculat luând în considerare factori precum:

1. Utilizarea platformelor digitale de mentenanță: măsura în care o companie aeriană utilizează platforme digitale de mentenanță, cum ar fi sistemele computerizate de gestionare a mentenanței și jurnalele tehnice electronice, pentru a gestiona și urmări activitățile de mentenanță.

2. Integrarea senzorilor și a analizei datelor: măsura în care o companie aeriană integrează senzori și analiza datelor în procesele sale de mentenanță pentru a îmbunătăți fiabilitatea și siguranța.

3. Utilizarea mentenanței predictive: măsura în care o companie aeriană utilizează tehnici de mentenanță predictivă, cum ar fi algoritmi de învățare automată și analize predictive, pentru a anticipa și a preveni problemele de mentenanță înainte ca acestea să apară.

4. Adoptarea instrumentelor și tehnologiilor digitale: măsura în care o companie aeriană adoptă instrumente și tehnologii digitale, cum ar fi realitatea virtuală și augmentată, pentru a îmbunătăți eficiența și eficacitatea proceselor sale de mentenanță.

Luând în considerare acești factori, SDM ar oferi o evaluare cuprinzătoare a utilizării unei companii aeriene a tehnologiei digitale și a analizei datelor în procesele sale de mentenanță și ar evidenția domeniile de îmbunătățire și inovare.

❖ Utilizarea AR/ VR în sistemele de mentenanță aeronautică

Realitatea augmentată (AR) și realitatea virtuală (VR) pot fi utilizate într-o varietate de situații în mentenanța a aviației pentru a îmbunătăți eficiența și acuratețea. Unele scenarii potențiale includ:

1. Instruire pentru tehnicieni: AR și VR pot fi folosite pentru a oferi experiențe de instruire captivante pentru tehnicienii de mentenanță. Tehnicienii pot exersa efectuarea de proceduri complexe de mentenanță într-un mediu virtual, reducând nevoia de instruire practică pe aeronavele reale.

2. Inspecții de mentenanță: AR poate fi folosit pentru a oferi tehnicienilor informații și îndrumări în timp real în timpul inspecțiilor de mentenanță. De exemplu, tehnicienii pot folosi căști AR pentru a accesa manuale de mentenanță, liste de piese și alte informații critice în timpul efectuării inspecțiilor.

3. Înlocuirea componentelor: În acest scenariu, un tehnician de mentenanță are sarcina de a înlocui o componentă a unei aeronave. Folosind un set cu cască VR, tehnicianul este capabil să simuleze procesul de înlocuire a componentelor într-un mediu virtual, permițându-i să-și exerseze și să își ajusteze procedurile înainte de a efectua lucrul pe aeronava reală. Acest lucru ajută la reducerea riscului de eroare umană și la creșterea vitezei și acurateții procesului de înlocuire a componentelor. Odată ce înlocuirea componentelor este efectuată pe aeronava reală, tehnicianul de mentenanță folosește un set cu cască AR pentru a accesa informații și îndrumări în timp real în timpul procedurii. Setul cu cască AR afișează instrucțiuni pas cu pas, desene tehnice și liste de piese, permițând tehnicianului să finalizeze înlocuirea componentelor mai eficient și mai precis.

4. Depanare: AR și VR pot fi folosite pentru a sprijini tehnicienii în timpul procedurilor de depanare. De exemplu, AR poate oferi tehnicienilor ajutoare vizuale și îndrumări pas cu pas, în timp ce VR poate simula defecțiuni complexe ale sistemului și oferă tehnicienilor experiență în rezolvarea problemei.

5. Colaborare: VR poate fi folosită pentru a sprijini colaborarea de la distanță între tehnicieni, ingineri și alte părți interesate. De exemplu, VR poate oferi un mediu virtual pentru colaborare în timp real în timpul planificării mentenanței și a revizuirilor de proiectare, permițând echipelor să lucreze împreună din locații diferite.



Figura 4. 3: Utilizarea AR/ VR în sistemele de mentenanță

În fiecare dintre aceste scenarii, AR și VR pot îmbunătăți eficiența și acuratețea mentenanței aviației, reducând în același timp riscul de eroare umană și crescând viteza procedurilor de mentenanță.

❖ Utilizarea AR și VR în mentenanța predictivă.

În acest scenariu, companiile aeriene folosesc AR și VR pentru a-și susține programul de mentenanță predictivă prin vizualizarea și analizarea datelor senzorilor de la sistemele aeronavei în timp real. Folosind AR, companiile aeriene pot suprapune datele senzorilor pe imaginile din lumea reală ale componentelor aeronavei, permițând tehnicienilor de mentenanță să identifice rapid și să răspundă la potențialele probleme de mentenanță.

Se poate folosi VR pentru a crea simulări virtuale ale sistemelor și componentelor aeronavei, permițându-le să efectueze analize de mentenanță predictivă într-un mediu sigur și controlat

În figura 4.4 este prezentat un exemplu de program care utilizează AR și VR în mentenanța aviației.

Acesta este doar un exemplu de bază al modului în care AR și VR pot fi utilizate în mentenanța aviației.

Implementarea efectivă poate varia în funcție de cerințele și constrângerile specifice fiecărei companii aeriene și de scenariul de mentenanță.

5. PERFORMANȚA UMANĂ ÎN SISTEMELE MODERNE DE AVIAȚIE

În capitolul 5 se prezintă:

❖ Criterii de diagnostic

❖ Elaborarea criteriilor de diagnosticare a stresului în mediul aeronautic

În diagnosticarea stresului în mediul aeronautic se au în vedere următoarele criterii:

1. Sondaje auto-raportate: Sondajele auto-raportate pot oferi informații valoroase despre nivelul de stres al unui individ și sursele de stres cu care se confruntă. Aceasta poate include întrebări despre volumul de muncă, satisfacția în muncă și simptomele fizice și emoționale ale stresului.

2. Evaluări de performanță: Evaluările de performanță pot oferi perspective asupra modului în care stresul afectează performanța la locul de muncă și productivitatea generală a unei persoane. Acestea pot include date despre absenteism, cifra de afaceri și erori sau incidente la locul de muncă.

3. Observații comportamentale: Observațiile comportamentale pot oferi perspective asupra simptomelor fizice și emoționale ale stresului. Acestea pot include modificări ale comportamentului, cum ar fi iritabilitate crescută sau scăderea motivației, precum și modificări ale aspectului fizic, cum ar fi pierderea în greutate sau modificări ale tiparelor de somn.

4. Măsurile biomedicale: Măsurile biomedicale, cum ar fi ritmul cardiac și nivelurile de cortizol, pot oferi măsuri obiective ale stresului și impactului acestuia asupra bunăstării fizice și emoționale a unui individ.

5. Interviuri și focus grupuri: Interviurile și focus grupurile pot oferi informații aprofundate despre sursele de stres și impactul acestuia asupra indivizilor la locul de muncă. Aceasta poate include informații despre cultura organizațională, comunicare și sisteme de suport.

Folosind o combinație a acestor criterii, organizațiile pot aduna informații cuprinzătoare despre nivelul de stres și impactul acestuia asupra personalului din mediul aeronautic. Aceste informații pot fi apoi utilizate pentru a dezvolta și implementa intervenții eficiente pentru a sprijini indivizii și pentru a îmbunătăți bunăstarea generală și performanța forței de muncă.

❖ Metode inovatoare de evaluare a stresului în mediul aeronautic

Există mai multe metode inovatoare de evaluare a stresului în medii aeronautice, inclusiv:

a. **Tehnologie purtabilă:** Tehnologia purtabilă poate fi utilizată pentru a monitoriza indicatorii de stres fiziologic, cum ar fi ritmul cardiac și tiparele de somn. Prin utilizarea tehnologiei purtabile, organizațiile pot obține informații în timp real asupra nivelurilor de stres ale unei persoane, câștigând timp pentru a lua măsuri proactive pentru a gestiona stresul și a îmbunătăți performanța.

b. **Sondaje cu auto-raportare:** Sondajele cu auto-raportare sunt o metodă de a culege informații despre experiența subiectivă de stres a unui individ. Aceste studii pot oferi o imagine mai completă a nivelurilor de stres din mediul aeronautic, permițând organizațiilor să înțeleagă impactul stresului asupra personalului lor.

c. **Măsurile psihofiziologice:** Măsurile psihofiziologice, cum ar fi electroencefalografia (EEG) și conductanța pielii, pot fi utilizate pentru a evalua răspunsurile fiziologice la stres. Aceste măsuri oferă

indicatori obiectivi ai nivelurilor de stres, permițând organizațiilor să înțeleagă mai bine impactul stresului asupra personalului lor.

d. **Simulări de realitate virtuală:** simulările de realitate virtuală pot fi folosite pentru a recrea situații de mare stres într-un mediu controlat. Aceste simulări permit indivizilor să practice tehnici de management al stresului și să dezvolte rezistență, îmbunătățindu-și capacitatea de a gestiona stresul în situații reale.

e. **Antrenament pentru reziliență:** Antrenamentul pentru reziliență este o metodă de dezvoltare a abilităților și cunoștințelor necesare pentru a gestiona eficient stresul și a menține performanța în medii cu stres ridicat. Acest tip de antrenament poate fi benefic în reducerea impactului stresului asupra performanței și îmbunătățirea bunăstării generale.

f. **Biomarkeri:** Biomarkerii, cum ar fi nivelurile de cortizol, pot fi utilizați pentru a evalua răspunsurile fiziologice la stres. Aceste măsuri oferă indicatori obiectivi ai nivelurilor de stres, permițând organizațiilor să înțeleagă mai bine impactul stresului asupra personalului lor.

g. **Evaluare cognitivă:** Evaluările cognitive, cum ar fi testele funcției cognitive și testele timpului de reacție, pot fi utilizate pentru a evalua efectele stresului asupra performanței cognitive. Prin utilizarea evaluărilor cognitive, organizațiile pot obține o mai bună înțelegere a impactului stresului asupra funcției cognitive și pot identifica zonele de îmbunătățire.

h. **Mindfulness și tehnici de relaxare:** Mindfulness și tehnici de relaxare, cum ar fi meditația și respirația profundă, pot fi folosite pentru a ajuta persoanele să gestioneze stresul în timp real. Aceste tehnici pot reduce impactul stresului asupra performanței și pot îmbunătăți starea generală de bine.

i. **Inteligența artificială și învățarea automată:** inteligența artificială și algoritmi de învățare automată pot fi utilizați pentru a analiza cantități mari de date, oferind perspective asupra factorilor care contribuie la stres în mediile aeronautice. Prin utilizarea acestor tehnologii, organizațiile pot identifica zone de îmbunătățire și pot lua măsuri proactive pentru a gestiona stresul.

j. **Managementul colaborativ al stresului:** Programele colaborative de management al stresului pot fi folosite pentru a promova o cultură de susținere, rezistentă la stres. Aceste programe permit indivizilor să lucreze împreună pentru a identifica și gestiona stresul în mediul aeronautic, îmbunătățind starea generală de bine și performanța.

Aceste metode pot fi utilizate în combinație sau ca soluții specializate, în funcție de nevoile organizației și de cerințele specifice operațiunilor aeronautice ale acestora. Prin încorporarea acestor soluții inovatoare în procesul lor de evaluare, organizațiile pot obține o mai bună înțelegere a nivelurilor de stres din mediul lor aeronautic și pot lua măsuri pentru a îmbunătăți bunăstarea și performanța personalului lor.

Aceste metode pot oferi organizațiilor informații valoroase despre nivelul de stres al personalului lor, permițându-le să ia măsuri proactive pentru a îmbunătăți performanța personalului lor în medii aeronautice cu stres ridicat.

❖ **Metode inovatoare de evaluare a performanței umane în sarcinile de mentenanță. Utilizarea tehnologiei realitate augmentată (AR).**

Tehnologia AR poate oferi feedback și suport în timp real tehnicienilor de mentenanță în timpul unei sarcini. De exemplu:

1. Ajutoare vizuale AR: AR poate oferi ajutoare vizuale, cum ar fi instrucțiuni pas cu pas sau evidențierea componentelor importante, pentru a ajuta tehnicianul să finalizeze sarcina mai eficient și mai precis.
2. Mentorship virtual: AR poate oferi mentorat virtual, permițând experților să observe de la distanță și să ofere îndrumări tehnicienilor în timp real.
3. Urmărirea performanței în timp real: AR poate urmări și măsura mișcările și acțiunile tehnicianului în timpul sarcinii, oferind date obiective despre performanța acestora.
4. Verificări de siguranță: AR poate efectua verificări de siguranță în timpul sarcinii și poate alerta tehnicianul cu privire la potențiale pericole în timp real.
5. Îmbunătățirea continuă: AR poate oferi informații despre performanța tehnicianului în timp, permițând îmbunătățire continuă și oportunități de formare.

6. Evaluarea abilităților: AR poate evalua cunoștințele și competența tehnicianului în diferite proceduri de mentenanță, identificând domenii de îmbunătățire și ajutând la crearea unor programe de instruire personalizate.

7. Colaborare: AR poate facilita colaborarea între mai mulți tehnicieni care lucrează la o singură sarcină, permițând comunicarea în timp real și rezolvarea problemelor.

8. Analiza datelor: Datele de performanță colectate prin tehnologia AR pot fi analizate pentru a identifica modele, tendințe și îmbunătățiri potențiale ale proceselor și procedurilor de mentenanță.

9. Mentenanță predictivă: AR poate fi folosită pentru a sprijini mentenanța predictivă, utilizând datele colectate în timpul sarcinilor de mentenanță pentru a anticipa defecțiunile viitoare și a le aborda în mod proactiv.

10. Eficiență crescută: Utilizarea tehnologiei AR poate crește eficiența sarcinilor de mentenanță, reducând timpul de nefuncționare și îmbunătățind productivitatea generală.

11. Instruire îmbunătățită: tehnologia AR poate fi folosită ca un instrument eficient de instruire pentru tehnicienii de mentenanță, permițându-le să-și exerseze și să-și perfecționeze abilitățile într-un mediu virtual înainte de a îndeplini sarcini în lumea reală.

12. Moral îmbunătățit: Utilizarea tehnologiei AR poate oferi o experiență mai captivantă și mai plină de satisfacții pentru tehnicienii de mentenanță, îmbunătățindu-le motivația și moralul general.

13. Feedback în timp real: tehnologia AR poate oferi tehnicienilor feedback în timp real asupra performanței lor, permițându-le să facă ajustări imediate și să-și îmbunătățească performanța în timp real.

14. Costuri de mentenanță reduse: Utilizarea tehnologiei AR poate ajuta la reducerea costurilor de mentenanță prin minimizarea erorilor, creșterea eficienței și reducerea timpului de nefuncționare.

15. Management mai bun al mentenanței: tehnologia AR poate oferi informații valoroase asupra performanței și productivității tehnicienilor de mentenanță, permițând o gestionare mai bună a operațiunilor de mentenanță.

Această metodă nu numai că oferă o evaluare mai precisă a performanței umane, ci și sprijină tehnicianul în îndeplinirea sarcinii mai sigur, mai eficient și mai eficient.

❖ **Soluții inovatoare pentru evaluarea performanței umane în sarcinile de mentenanță**

Pe lângă aceste tehnologii portabile, există și alte **soluții inovatoare** care pot fi utilizate pentru a evalua performanța umană în sarcinile de mentenanță, cum ar fi:

- **Simulări de realitate virtuală și augmentată:** Acestea pot fi utilizate pentru a oferi o simulare realistă a sarcinilor de mentenanță, permițând tehnicienilor să-și exerseze și să-și îmbunătățească abilitățile într-un mediu sigur și controlat.

- **Analiza predictivă:** Analiza predictivă activă poate fi utilizată pentru a analiza datele de performanță colectate din tehnologia portabilă sau din alte surse, oferind perspective asupra domeniilor de îmbunătățire și identificând modele care pot ajuta la prezicerea performanței viitoare.

- **Inteligența artificială și învățarea automată:** Aceste tehnologii pot fi utilizate pentru a analiza datele de performanță și pentru a oferi recomandări de îmbunătățire, ajutând la îmbunătățirea performanței și siguranței tehnicienilor de mentenanță.

- **Soluții bazate pe cloud:** soluțiile bazate pe cloud pot oferi acces în timp real la date și perspective de performanță, permițând o mai bună colaborare și comunicare între tehnicieni și management.

Aceste metode inovatoare pot fi utilizate în combinație sau ca soluții de sine stătătoare, în funcție de nevoile organizației și de cerințele specifice ale operațiunilor de mentenanță. Prin încorporarea acestor soluții inovatoare în procesul lor de evaluare, organizațiile pot monitoriza și îmbunătăți continuu performanța și siguranța tehnicienilor lor de mentenanță, ceea ce duce la rezultate îmbunătățite și la creșterea valorii generale.

❖ Propuneri de antrenament pentru creșterea rezilienței

Se propun următorii pași în dezvoltarea unui program de antrenament pentru creșterea rezilienței:

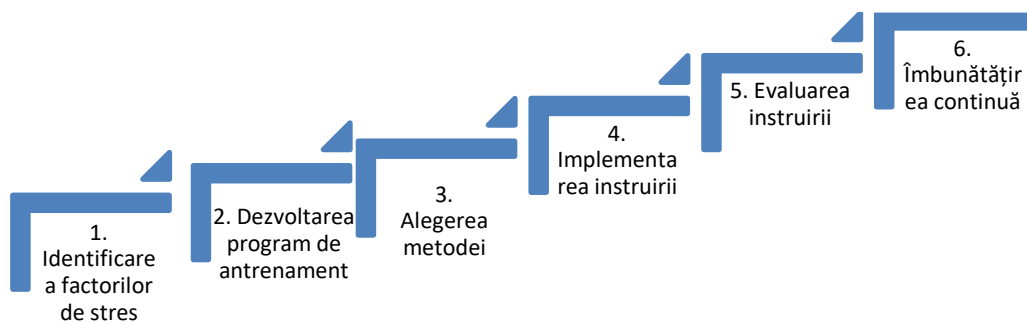


Figura 5. 1 Pași în dezvoltarea unui program de antrenament pentru creșterea rezilienței

1. Identificarea factorilor de stres: Primul pas în dezvoltarea unui program de antrenament pentru reziliență este identificarea factorilor de stres care predomină în mediul aeronautic. Aceste informații pot fi adunate prin sondaje de auto-raportare, focus grupuri sau interviuri cu personalul.

2. Dezvoltarea unui program de antrenament: Odată ce factorii de stres au fost identificați, următorul pas este dezvoltarea conținutului de antrenament care să abordeze acești factori de stres și să învețe persoanele cum să gestioneze eficient stresul. Acest conținut ar trebui să includă o combinație de formare bazată pe cunoștințe și abilități, cum ar fi tehnici de gestionare a stresului și terapia cognitiv comportamentală.

3. Alegerea metodei: Următorul pas este să alegeți o metodă de livrare pentru instruire. Aceasta ar putea include formare condusă de instructori, e-learning sau blended learning. Metoda de livrare trebuie aleasă în funcție de nevoile organizației și ale personalului instruit.

4. Implementarea instruirii: Odată ce conținutul instruirii a fost dezvoltat și metoda de livrare a fost aleasă, următorul pas este implementarea instruirii. Acest lucru ar trebui făcut într-o manieră de susținere și incluzivă, permițând indivizilor să învețe și să practice tehnici de management al stresului într-un mediu sigur și de susținere.

5. Evaluarea instruirii: După implementarea instruirii, este important să se evalueze eficacitatea acestuia. Acest lucru se poate face prin sondaje de auto-raportare, focus grupuri sau alte metode de colectare a feedback-ului. Acest feedback poate fi apoi folosit pentru a perfecționa instruirea și pentru a se asigura că răspunde nevoilor organizației și ale personalului care este instruit.

6. Îmbunătățirea continuă: Pasul final este îmbunătățirea continuă a programului de formare. Acest lucru ar trebui făcut pe baza feedback-ului personalului și a rezultatelor evaluărilor, asigurându-se că instruirea rămâne relevantă și eficientă în abordarea factorilor de stres din mediul aeronautic.

Urmând acești pași, organizațiile pot dezvolta un program cuprinzător și eficient de formare a rezilienței care să-și ajute personalul să reducă stresul și să mențină performanța în medii aeronautice cu stres ridicat.

6. PERFORMANȚA TEHNICĂ ÎN SISTEMELE MODERNE DE MENTENANȚĂ DIN AVIAȚIA MODERNĂ

În acest capitol se prezintă:

❖ Sisteme actuale de mentenanță aeronautică

Mentenanța aeronavei se referă la inspecția, repararea și revizuirea componentelor și sistemelor aeronavei pentru a asigura funcționarea lor sigură și eficientă. Este un aspect esențial al industriei aviației, deoarece ajută la asigurarea fiabilității și a performanței aeronavelor și la reducerea riscului de defecțiuni sau timp neplanificat.

❖ Tipuri de mentenanță utilizate în FAR

În funcție de condiția tehnică a aeronavelor, perioada și timpul efectuării lucrărilor de reparație și mentenanță, mentenanța poate fi clasificată ca fiind:

- preventivă,
- corectivă,

- complexă.

❖ **Codificarea mentenanței în sistemele moderne de aviație**

Codificarea mentenanței este un sistem utilizat pentru a clasifica și gestiona informațiile, procedurile și sarcinile de mentenanță a aeronavelor. Aceasta oferă o abordare standardizată pentru organizarea, stocarea și preluarea informațiilor de mentenanță și ajută la asigurarea faptului că activitățile de mentenanță sunt efectuate într-un mod consecvent și eficient.

❖ **Codificare inovatoare de mentenanță**

Codificarea inovatoare de mentenanță se referă la dezvoltarea și implementarea unor abordări noi și îmbunătățite pentru organizarea, stocarea și recuperarea informațiilor, procedurilor și sarcinilor de mentenanță a aeronavelor. Aceste abordări inovatoare urmăresc să sporească eficiența, acuratețea și rentabilitatea activităților de mentenanță a aeronavelor.

Se propun următoarele abordări în codificarea sistemelor de mentenanță moderne:

1. Carduri digitale de sarcini de mentenanță: Cardurile digitale de sarcini de mentenanță sunt versiuni electronice ale cardurilor tradiționale de mentenanță pe hârtie, care permit accesul, actualizările și distribuirea mai ușor a informațiilor de mentenanță.

2. Mentenanță predictivă: Mentenanța predictivă este o abordare care utilizează analize avansate și analize de date pentru a identifica potențiale probleme de mentenanță înainte ca acestea să apară, permițând luarea de acțiuni de mentenanță proactive și preventive.

3. Tehnologie de realitate augmentată (AR) și realitate virtuală (VR): tehnologia AR și VR poate fi utilizată pentru a oferi experiențe de instruire interactive și captivante pentru tehnicienii de mentenanță, permițând simulări practice, în lumea reală, ale sarcinilor de mentenanță.

4. Aplicații mobile de mentenanță: Aplicațiile mobile de mentenanță oferă acces la informații și proceduri de mentenanță de pe dispozitivele mobile, permițând tehnicienilor de mentenanță să acceseze și să efectueze sarcini de mentenanță de oriunde și în orice moment.

5. Tehnologia Blockchain: Tehnologia Blockchain poate fi utilizată pentru a stoca și gestiona în siguranță informațiile și datele de mentenanță, asigurând acuratețea și integritatea acestor informații.

6. Inteligența artificială (AI) și învățarea automată: AI și învățarea automată pot fi utilizate pentru a analiza cantități mari de date de mentenanță, pentru a identifica modele și tendințe și pentru a face predicții despre nevoile viitoare de mentenanță. Acest lucru poate ajuta la optimizarea programelor de mentenanță, la reducerea costurilor de mentenanță și la îmbunătățirea siguranței și fiabilității aeronavelor.

7. Sisteme de management al mentenanței bazate pe cloud: Sistemele de management al mentenanței bazate pe cloud oferă un depozit centralizat pentru informații și proceduri de mentenanță, permițând acces și actualizări în timp real de oriunde din lume.

8. Tehnologia Internet of Things (IoT): tehnologia IoT poate fi utilizată pentru a colecta date în timp real de la sistemele și componentele aeronavei, oferind informații valoroase asupra sănătății și performanței acestor sisteme. Aceste informații pot fi utilizate pentru a sprijini mentenanța predictivă și pentru a îmbunătăți eficiența generală a activităților de mentenanță.

9. Monitorizare și diagnosticare de la distanță: Sistemele de monitorizare și diagnosticare de la distanță permit organizațiilor de mentenanță să monitorizeze de la distanță performanța și starea de sănătate a sistemelor și componentelor aeronavei, oferind avertizare timpurie asupra problemelor potențiale și permițând tehnicienilor de mentenanță să ia măsuri proactive pentru a rezolva aceste probleme.

10. Platforme de mentenanță colaborative: Platformele de mentenanță colaborative oferă un mediu de colaborare pentru organizațiile de mentenanță, furnizorii și autoritățile de reglementare pentru a lucra împreună și a împărtăși informații și resurse, ajutând la îmbunătățirea eficienței și eficacității activităților de mentenanță.

11. Tehnologia Digital Twin: Tehnologia Digital Twin creează o replică virtuală a unei aeronave și a sistemelor sale, permițând organizațiilor de mentenanță să simuleze și să testeze procedurile de mentenanță și să evalueze impactul acestor proceduri asupra aeronavei. performanța lui.

12. Planificarea automată a mentenanței: sistemele automate de planificare a mentenanței folosesc algoritmi și învățare automată pentru a genera programe de mentenanță optimizate, reducând timpul și efortul necesar pentru planificarea și executarea activităților de mentenanță.

13. Big Data Analytics: Big Data Analytics poate fi utilizată pentru a colecta și analiza cantități mari de date din mai multe surse, oferind informații valoroase asupra performanței de mentenanță, tendințe și domenii de îmbunătățire.

14. Analiza predictivă de mentenanță: Analiza predictivă de mentenanță utilizează algoritmi de învățare automată pentru a analiza cantități mari de date de mentenanță, făcând predicții cu privire la problemele potențiale de mentenanță și ajutând la prevenirea timpilor neplanificați și a costurilor de mentenanță.

15. Mentenanță autonomă: Sistemele de mentenanță autonome utilizează inteligența artificială și învățarea automată pentru a efectua sarcini de mentenanță de rutină cu intervenție umană minimă, îmbunătățind eficiența și rentabilitatea activităților de mentenanță.

❖ **Aplicarea instrumentelor statistice inovative în mentenanța predictivă din aviație**

În mentenanța predictivă, scopul este adesea de a prezice timpul până la eșec (TTF) al unei anumite componente. Acest lucru poate fi modelat folosind o tehnică statistică numită analiză de supraviețuire, care modelează probabilitatea ca o componentă să eșueze în funcție de timp.

Un model comun utilizat în analiza supraviețuirii este distribuția Weibull, care modelează TTF ca funcție de distribuție cumulată:

$$F(t) = 1 - \exp(- (t / \beta)^\alpha),$$

unde $F(t)$ este funcția de distribuție cumulativă, t este timpul, α este parametrul de formă și β este parametrul de scară.

Această relație matematică poate fi utilizată pentru a estima probabilitatea de eșec pentru o anumită componentă, având în vedere datele TTF ale acesteia. Aceste informații pot fi apoi utilizate pentru a face predicții despre probabilitatea defecțiunii pentru acea componentă în viitor și pentru a planifica activitățile de mentenanță în consecință.

Este important de menționat că acesta este doar un exemplu de relație matematică care poate fi utilizată în contextul mentenanței predictive, iar relația specifică va varia în funcție de datele și sistemul analizat.

Un alt exemplu în mentenanța predictivă este utilizarea modelelor de regresie. Modelele de regresie sunt utilizate pentru a modela relația dintre o variabilă dependentă (cum ar fi TTF) și una sau mai multe variabile independente (cum ar fi datele operaționale, datele de mediu și datele de mentenanță).

De exemplu, un model de regresie liniară poate fi utilizat pentru a modela relația dintre TTF și datele operaționale, cum ar fi orele de zbor, altitudinea și temperatura. Ecuația pentru un model de regresie liniară simplă este dată de:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon,$$

unde Y este variabila dependentă (TTF), X_1, X_2, \dots, X_k sunt variabilele independente (date operaționale), β_0 este intersecția, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ sunt coeficienții care reprezintă efectul fiecărui independent variabilă pe variabila dependentă, iar ϵ este termenul de eroare.

Prin potrivirea datelor unui model de regresie, se pot estima coeficienții și se poate caracteriza relația dintre variabilele independente și variabila dependentă. Aceste informații pot fi folosite pentru a face predicții despre TTF-ul unei componente pe baza datelor operaționale ale acesteia, permițând organizațiilor de mentenanță să planifice activitățile de mentenanță mai eficient.

❖ **Noi metode de evaluare a performanței tehnice în sistemele aeronautice moderne**

Există mai multe metode noi de evaluare a performanței tehnice în sistemele aeronautice moderne, unele dintre cele mai frecvent utilizate includ:

1. Tehnologia digitală geamănă: Aceasta presupune crearea unei replici virtuale a sistemului aeronautic și utilizarea acesteia pentru a simula și evalua performanța acestuia.

2. Analiza datelor mari: Prin colectarea și analizarea unor cantități mari de date din sistemul aeronautic, este posibil să se identifice tendințele și modelele de performanță.

3. Inteligență artificială și învățare automată: algoritmi IA și AL pot fi utilizați pentru a analiza și evalua performanța, detecta anomalii și face predicții despre performanța viitoare.
4. Ingineria sistemelor bazate pe modele: Această abordare utilizează modele matematice și simulări pentru a evalua performanța sistemului aeronautic și pentru a identifica domeniile de îmbunătățire.
5. Cloud computing: Cloud computing permite stocarea și analiza unor cantități mari de date din mai multe surse, făcând posibilă evaluarea performanței în timp real.
6. Mentenanță bazată pe condiție (MBC): Această abordare utilizează monitorizarea în timp real și analiza datelor pentru a determina când este necesară mentenanța, mai degrabă decât să se bazeze pe un program stabilit. Acest lucru poate ajuta la reducerea timpului de nefuncționare și la îmbunătățirea performanței generale a sistemului aeronautic.
7. Design interfață om-mașină (HMI): design bun HMI ajută la asigurarea faptului că sistemul aeronautic este ușor de utilizat și de înțeles, ceea ce poate îmbunătăți performanța prin reducerea riscului de eroare umană.
8. Simulare de realitate virtuală (VR) și realitate augmentată (AR): simularea VR și AR poate fi utilizată pentru a instrui piloți și ingineri, permițându-le să experimenteze și să evalueze diferite scenarii într-un mediu controlat.
9. Rețele de senzori fără fir: Senzorii fără fir pot fi utilizați pentru a colecta date din diferite părți ale sistemului aeronautic și a le transmite fără fir la o stație centrală pentru analiză.
10. Monitorizarea în timp real a performanței: Prin monitorizarea performanței sistemului aeronautic în timp real, este posibilă detectarea rapidă a problemelor și luarea de măsuri corective, îmbunătățind performanța generală a sistemului.
11. Mentenanță predictivă: Mentenanța predictivă utilizează date și analize pentru a prognoza când va fi necesară mentenanța, permițând echipelor de mentenanță să abordeze în mod proactiv problemele înainte ca acestea să ducă la defecțiuni ale sistemului sau timpuri neplanificate.
12. Proiectare bazată pe simulare: Proiectarea bazată pe simulare permite inginerilor să testeze și să evalueze performanța sistemelor aeronautice înainte de a fi construite, reducând riscul defectelor de proiectare și sporind eficiența procesului de dezvoltare.
13. Optimizarea proiectării multidisciplinare (MDO): MDO este un proces de inginerie asistată de computer care integrează mai multe discipline, inclusiv aerodinamica, analiza structurală și ingineria sistemelor, pentru a optimiza proiectarea sistemelor aeronautice.
14. Analiza datelor testelor de zbor: Analiza datelor testelor de zbor oferă o mulțime de informații despre performanța sistemelor aeronautice în timpul condițiilor reale de zbor, permițând inginerilor să identifice zone de îmbunătățire și să facă modificări pentru a crește performanța.
15. Inginerie colaborativă: Ingineria colaborativă implică echipe interfuncționale care lucrează împreună pentru a evalua performanța sistemelor aeronautice, bazându-se pe expertiza mai multor discipline pentru a identifica și rezolva probleme.
16. Internet of Things (IoT) și Edge Computing: integrarea dispozitivelor IoT și edge computing în sistemele aeronautice permite monitorizarea în timp real și analiza datelor, permițând mentenanța proactivă și reducând riscul defecțiunilor sistemului.
17. Securitate cibernetică: odată cu utilizarea tot mai mare a tehnologiei în sistemele aeronautice, este esențial să se asigure că aceste sisteme sunt sigure și protejate împotriva atacurilor cibernetice. Evaluările și evaluările securității cibernetice reprezintă o parte importantă a evaluării performanței tehnice a sistemelor aeronautice moderne.
18. Sisteme autonome: Dezvoltarea sistemelor autonome revoluționează industria aviației, iar evaluările performanței acestora sunt esențiale pentru a asigura funcționarea lor sigură și eficientă. Aceasta include evaluări ale performanței senzorilor, algoritmilor și sistemelor de control utilizate în sistemele autonome.
19. Aviația ecologică: pe măsură ce industria aviației se concentrează pe reducerea impactului său asupra mediului, evaluările performanței tehnologiilor aviatice sustenabile, cum ar fi avioanele electrice și hibride, devin din ce în ce mai importante.

20. Ingineria factorilor umani: Ingineria factorilor umani evaluează interacțiunea dintre sistemele aeronautice și operatorii acestora, pentru a se asigura că sistemele sunt proiectate pentru a fi ușor de utilizat, sigure și eficiente.

21. Analiza de mentenanță predictivă: Analizele de mentenanță predictivă utilizează algoritmi de învățare automată și de date pentru a prognoza starea de sănătate a sistemelor aeronautice și pentru a anticipa când este necesară mentenanța. Acest lucru poate ajuta la reducerea timpului de nefuncționare și la îmbunătățirea performanței generale a sistemului.

22. Monitorizarea performanței mentenanței: Monitorizarea performanței mentenanței implică urmărirea performanței operațiunilor de mentenanță, inclusiv acuratețea predicțiilor de mentenanță, eficiența procedurilor de mentenanță și eficacitatea tehnicilor de mentenanță. Aceste date pot fi folosite pentru a îmbunătăți procesul general de mentenanță și pentru a crește performanța sistemelor aeronautice.

23. Analiza cauzei fundamentale: Analiza cauzei fundamentale este un proces utilizat pentru a identifica cauzele care stau la baza problemelor cu sistemele aeronautice, astfel încât echipele de mentenanță să poată lua măsuri corective pentru a preveni apariția unor probleme similare în viitor.

24. Managementul pieselor de schimb: Gestionarea eficientă a pieselor de schimb este esențială pentru a se asigura că sistemele aeronautice sunt întreținute și reparate rapid și eficient. Aceasta include urmărirea stocului de piese de schimb, gestionarea achiziției de piese de schimb și asigurarea faptului că piesele de schimb sunt disponibile cu ușurință atunci când este necesar.

25. Planificarea resurselor de mentenanță: Planificarea resurselor de mentenanță implică prognozarea cerințelor de mentenanță ale sistemelor aeronautice, inclusiv personalul, echipamentele și materialele necesare pentru efectuarea mentenanței, pentru a se asigura că echipele de mentenanță sunt pregătite și echipate pentru a-și îndeplini munca.

Aceste metode demonstrează importanța utilizării tehnologiei și analizei datelor în evaluarea performanței tehnice în sistemele aeronautice moderne. Acestea oferă o înțelegere mai cuprinzătoare a performanței sistemului și ajută la identificarea zonelor de îmbunătățire, ceea ce duce la creșterea siguranței, eficienței și fiabilității în industria aviației. Aceste noi metode conduc la dezvoltarea sistemelor aeronautice de ultimă generație, oferind evaluări mai precise și mai cuprinzătoare ale performanței și permițând îmbunătățiri ale siguranței, eficienței și fiabilității.

Aceste noi metode și abordări demonstrează evoluția continuă a industriei aeronautice, deoarece tehnologia și analiza datelor continuă să joace un rol cheie în îmbunătățirea performanței și siguranței sistemelor aeronautice.

❖ Nivelul de siguranță aeriană în aviația militară română

Din punctul de vedere al mijloacelor tehnice, aeronavele sunt mijloacele de baza și cele care, prin disponibilitatea și funcționalitatea lor, afectează în măsură cea mai mare nivelul de siguranță aeriană.

Un alt element care caracterizează aeronavele este gradul de disponibilitate și calitatea acestei disponibilități, evidențiată prin numărul de defecțiuni apărute în timp.

Determinarea stării actuale a SA din FAR s-a realizat prin analiza statistică a numărului de defecțiuni în perioadele menționate, pe tipuri de aeronave, la sol și în zbor, în corelație cu Coeficientul Pearson. În urma rezultatelor s-au tras concluzii pentru îmbunătățirea situației.

❖ Studiu de caz: Analiza unei defecțiuni produse de condițiile de mediu asupra sistemului Pitot static

Mentenanța bazată pe condiție (MBC)- propuneri pentru adoptarea unei strategii de mentenanță optimă

MBC a devenit o abordare din ce în ce mai importantă în domeniul ingineriei de mentenanță și fiabilitate. Acesta își propune să optimizeze activitățile de mentenanță prin monitorizarea stării reale a echipamentelor sau sistemelor, mai degrabă decât să se bazeze doar pe intervale de mentenanță predeterminate. Cercetarea și dezvoltarea tehnicilor MBC au progresat semnificativ, cu diverse studii și progrese în ultimii ani.

Un domeniu notabil de cercetare în MBC este dezvoltarea tehnologiilor senzorilor și a metodelor de analiză a datelor. Senzorii joacă un rol crucial în captarea datelor în timp real de la echipamente sau sisteme, permițând monitorizarea stării și diagnosticarea. Progresele în tehnologia senzorilor, cum ar fi

senzorii fără fir, au făcut mai ușoară colectarea datelor din locații îndepărtate sau greu accesibile. În plus, cercetarea se concentrează pe dezvoltarea de algoritmi avansați și tehnici de învățare automată pentru a analiza volume mari de date și a extrage informații semnificative cu privire la starea sistemelor monitorizate.

Mai multe studii au explorat aplicarea MBC în diferite industrii, inclusiv aviație, producție și transport. În aviație, cercetarea s-a concentrat pe integrarea diferitelor date ale senzorilor, cum ar fi vibrațiile, temperatura și presiunea, pentru a evalua starea de sănătate și performanța componentelor aeronavei, inclusiv a sistemului pitot-static. Analizând tendințele și modelele de date, cercetătorii urmăresc să prezică și să prevină potențialele defecțiuni, să optimizeze programele de mentenanță și să reducă timpul de nefuncționare.

În ultimii ani, a existat un interes din ce în ce mai mare pentru integrarea MBC cu alte tehnologii emergente, cum ar fi Internetul obiectelor (IoT) și analiza datelor mari. IoT permite conectivitatea diferitelor dispozitive și senzori, permițând monitorizarea în timp real a stării echipamentelor și transferul fără probleme a datelor pentru analiză. Această integrare deschide noi posibilități pentru MBC, deoarece permite o evaluare mai cuprinzătoare și mai precisă a sănătății echipamentelor, facilitează mentenanța predictivă și permite luarea în timp util a deciziilor.

Rolul MBC în detectarea problemelor în sistemul pitot-static este crucial din mai multe motive:

a. Detectare timpurie: Mentenanța bazată pe condiții permite detectarea problemelor potențiale într-un stadiu incipient. Prin monitorizarea continuă a stării sistemului și analiza datelor, problemele pot fi identificate înainte ca acestea să devină defecțiuni mai semnificative. Detectarea timpurie permite acțiuni corective în timp util, minimizând riscul defecțiunilor sistemului în timpul zborului.

b. Eficiență a costurilor: Mentenanța bazată pe condiții optimizează eforturile de mentenanță concentrându-se pe componente sau sisteme care necesită atenție în funcție de starea lor reală. Această abordare elimină sarcinile de mentenanță inutile și reduce costurile asociate, de exemplu ca înlocuire a pieselor și ore de muncă.

c. Siguranță sporită: prin detectarea și abordarea proactivă a problemelor din sistemul pitot-static, MBC contribuie la îmbunătățirea siguranței. Ajută la asigurarea unor citiri precise de viteză și altitudine, care sunt esențiale pentru controlul adecvat al aeronavei, conștientizarea situației și evitarea pericolelor potențiale.

d. Fiabilitatea sistemului: Monitorizarea și mentenanța regulată bazate pe starea sistemului pitot-static sporesc fiabilitatea generală a acestuia. Identificarea și remedierea problemelor înainte ca acestea să conducă la defecțiuni ale sistemului sau citiri inexacte ajută la menținerea performanței și integrității sistemului.

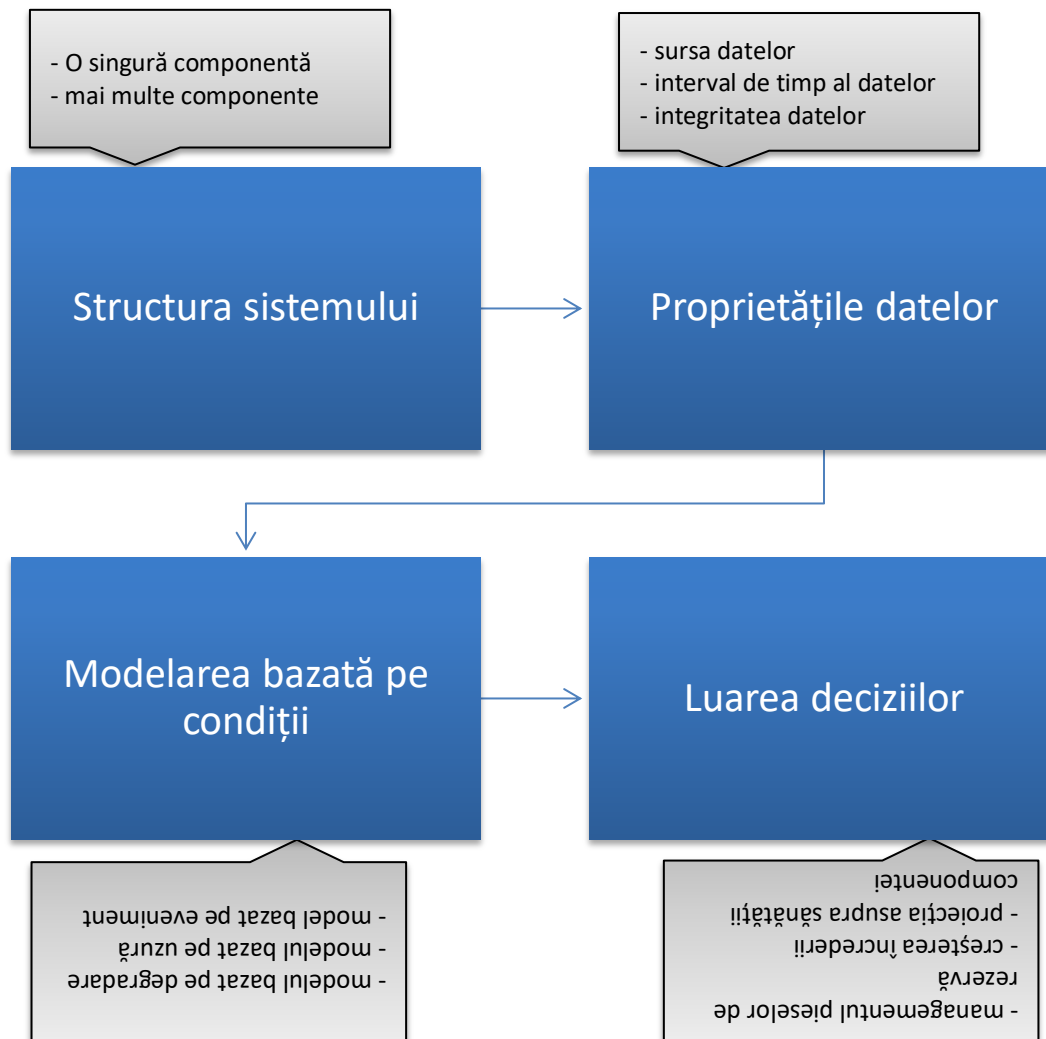


Figura 6. 1 Schema propusă a MBC

În concluzie, cercetarea privind mentenanța bazată pe condiție (MBC) este dinamică și în evoluție, condusă de progresele în tehnologiile senzorilor, analiza datelor și nevoia de strategii de mentenanță mai eficiente.

➤ **Aspecte operaționale în analiza sistemului Pitot-static**

Un sistem de presiune „pitot-static” se prezintă ca fiind un complet de instrumente de la bordul aeronavelor care utilizează presiunea pentru a oferi informații despre deplasarea aeronavei în spațiu, sub formă de viteză, altitudine, viteză verticală. Sistemul este format, din unul sau mai multe tuburi Pitot, prize de presiune statică, conducte de distribuție a presiunii și instrumente indicatoare. Instrumentele cuplate la sursele de presiune sunt vitezometrul, altimetrul, variometrul, centralele aerodinamice, înregistratoarele de date de zbor, alticoderele, T-CAS, controlerile de presurizare a cabinei și diverse comutatoare de viteză. Informațiile furnizate de aceste sisteme au impact direct asupra siguranței zborului deoarece sunt considerate elemente de bază în pilotajul aeronavelor. Au fost asociate mai multe accidente de aviație cu erorile furnizate de acest sistem complex.

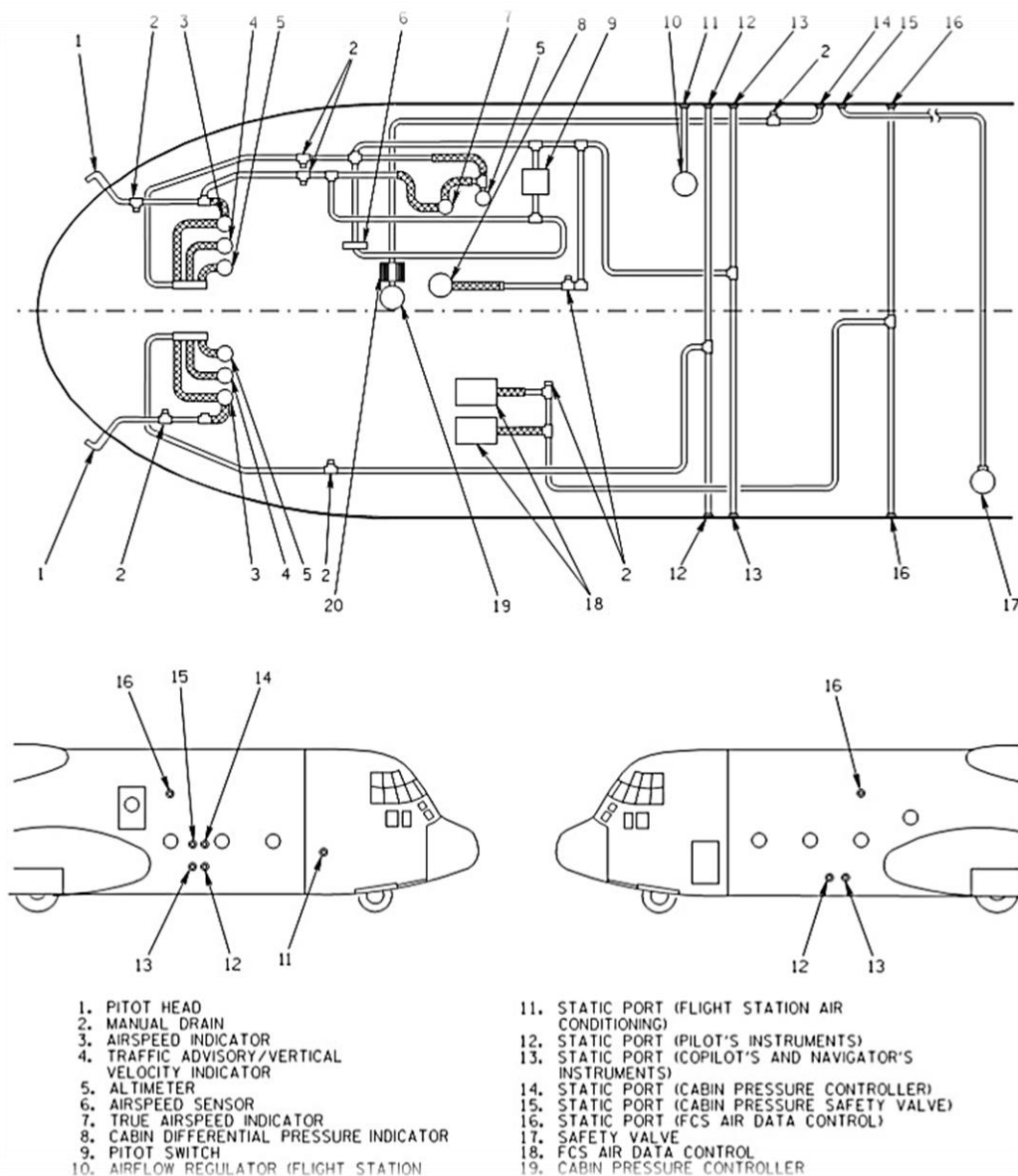


Figura 6. 2 Sistem complex „pitot-static” pe aeronavă militară de transport(Preluat din ROAF FM C130 B/H)

• **Identificarea scurgerilor în sistemul static Pitot. Mentenanță recomandată pentru sistemul Pitot-static:**

Identificarea scurgerilor în sistemul pitot-static este crucială pentru a asigura funcționarea corectă a acestuia și citirile precise. Se prezintă o abordare generală pentru identificarea scurgerilor și testarea sistemului, în următorii pași:

• **Inspecție vizuală:** se efectuează o inspecție vizuală amănunțită a tuburilor Pitot, a porturilor statice, a tuburilor și a conectorilor. Se caută semne de deteriorare, coroziune, fittinguri slăbite sau orice scurgeri vizibile, cum ar fi pete de lichid sau picături. Se verifică dacă toate componentele sunt bine atașate și în stare bună.

• **Test de presurizare a sistemului:** O modalitate de a verifica scurgerile este prin presurizarea sistemului Pitot-static. Acest lucru se poate face folosind echipamente specializate, cum ar fi o pompă manuală sau o sursă de aer, împreună cu manometre. Se începe prin a închide orice supape care se conectează la alte sisteme, cum ar fi sursa statică alternativă. Se crește treptat presiunea în sistem și se

monitorizează manometrele pentru orice căderi bruște, care pot indica o scurgere. Se acordă o atenție deosebită citirilor de presiune pentru a se asigura că rămân stabile..

- **Verificare funcțională:** se efectuează o verificare funcțională a sistemului pitot-static testând instrumentele asociate. Se verifică indicatorul de viteză, altimetrul și indicatorul de viteză verticală pentru a se asigura că oferă citiri precise și consecvente. Se verifică citirile cu alte surse sau instrumente de încredere pentru a verifica acuratețea acestora.

- **Verificarea presiunii barometrice:** se compară în mod regulat citirile altimetrului cu o sursă de presiune barometrică cunoscută și precisă. Acest lucru se poate face prin referire la o stație meteo locală sau folosind un instrument de presiune barometrică calibrat. Orice discrepanțe semnificative ar trebui investigate în continuare, deoarece pot indica o problemă în cadrul sistemului pitot-static.

Mentenanță recomandată pentru sistemul Pitot-static:

- **Inspecții regulate:** Efectuați inspecții vizuale de rutină ale tuburilor Pitot, porturilor statice, tuburilor și conectorilor pentru a se asigura că nu sunt deteriorate, obstrucționate sau au scurgeri. Inspecțiile trebuie efectuate în conformitate cu recomandările producătorului sau cerințele de reglementare.

- **Curățare:** se curăță periodic tuburile Pitot și porturile statice pentru a îndepărta orice resturi, murdărie sau insecte care le pot împiedica funcționalitatea. Se asigură că metodele și soluțiile de curățare utilizate sunt compatibile cu componentele specifice și urmează instrucțiunile producătorului.

- **Calibrare:** se calibrează indicatorul de viteză și altimetrul la intervale regulate pentru a asigura citiri precise. Calibrarea trebuie efectuată de către tehnicieni calificați folosind echipamente specializate și respectând specificațiile producătorului.

- **Mentenanța sistemului de încălzire Pitot:** Dacă aeronava este echipată cu un sistem de încălzire Pitot, se asigură inspectarea și testarea în mod regulat pentru a asigura funcționalitatea corespunzătoare. Aceasta include verificarea elementelor de încălzire, a comutatoarelor de control și a cablajului asociat.

- **Păstrarea înregistrărilor:** se mențin înregistrări detaliate ale inspecțiilor, activităților de mentenanță, reparații și orice discrepanțe legate de sistemul pitot-static. Această documentație ajută la urmărirea istoricului sistemului, facilitează depanarea și asigură conformitatea cu cerințele de reglementare.

Este important să consultați documentația specifică a producătorului de aeronave, manualele de mentenanță și ghidurile de reglementare pentru proceduri detaliate și recomandări privind mentenanța sistemului Pitot-static pentru un anumit tip de aeronavă.

- **Echipamentele specializate pentru a testa sistemul Pitot-static**

Echipamentele specializate joacă un rol vital în testarea și diagnosticarea problemelor din sistemul pitot-static. Se enumeră câteva exemple de echipamente utilizate în mod obișnuit pentru testare:

Set de testare Pitot-static: Un set de testare Pitot-static este un dispozitiv specializat conceput pentru a simula presiunea aerului și pentru a măsura cu precizie răspunsul sistemului pitot-static. De obicei, include manometre, supape și conexiuni pentru a simula diferite condiții de zbor și pentru a evalua performanța sistemului. Seturile de testare pot fi manuale sau automate și le permit tehnicienilor să presurizeze sistemul și să verifice acuratețea indicațiilor de viteză, altitudine și viteză verticală.

AerSet de testare a datelor: Un set de testare a datelor aeriene este un instrument cuprinzător care poate simula diferiți parametri de zbor și poate testa întregul sistem pitot-static. Permite simularea variațiilor de viteză, altitudine, temperatură și presiune care apar în timpul zborului. Acest echipament este mai avansat și poate oferi informații detaliate despre performanța sistemului, inclusiv răspunsul dinamic și precizia calibrării.

Echipament de detectare a scurgerilor: Echipamentul de detectare a scurgerilor este utilizat pentru a identifica și localiza scurgerile în sistemul pitot-static. Poate include dispozitive precum detectoare de scurgeri cu ultrasunete, care pot detecta sunete de înaltă frecvență generate de aerul sau fluidul care iese din sistem. Un alt exemplu sunt generatoarele de fum care introduc fum în sistem și indică vizual zonele în care sunt prezente scurgeri.

- **Accidente produse de defecte ale sistemului Pitot-static**

Accidentele legate de sistemul pitot-static din aviație au evidențiat criticitatea menținerii preciziei și fiabilității acestui sistem. Au fost implementate progrese în tehnologie și precum și automatizarea cockpitului pentru a oferi piloților o mai bună cunoaștere a situației și instrumente pentru abordarea problemelor legate de sistemul pitot-static.

- **Aspecte teoretice în analiza conductei din sistemul Pitot-static.**

- **Analiza Griffith privind posibilitatea propagării unei fisuri**

Mecanica linear elastică a rupei se bazează pe ipotezele: materialul este ideal elastic, omogen și izotrop. Deasemenea este valabilă ipoteza mediului continuu, fiind admisă prezența fisurilor în volumul acestuia. Mecanismele care conduc la propagarea fisurilor sunt în general foarte complexe la scară atomică. Se poate stabili o relație între rezistența globală a propagării și parametrul care rezultă din încărcare.

- **Analiza Irwin privind starea de tensiune și deformație din vecinătatea unei fisuri**

În teoria bilanțului energetic enunțată de Griffith, Irwin a substituit o aproximare locală pe baza câmpului tensiunilor existent în jurul unei fisuri. Acesta a formulat problema de a calcula energia disponibilă și necesară pentru ca o fisură de semilungime a , să avanseze pe distanța infinit mică, da .

Irwin consideră la vârful fisurii o regiune suficient de mică în raport cu solidul respectiv dar suficient de mare în raport cu dimensiunile atomice, în acord cu teoria elasticității liniare, figura 6.24 Originea sistemului de coordonate se află la vârful fisurii, punctul M, în care se determină tensiunile, de coordonate polare r și θ , fiind centrul elementului infinitezimal, cu $r \ll a$.

Fisura se consideră a fi plană cu extremitățile ascuțite.

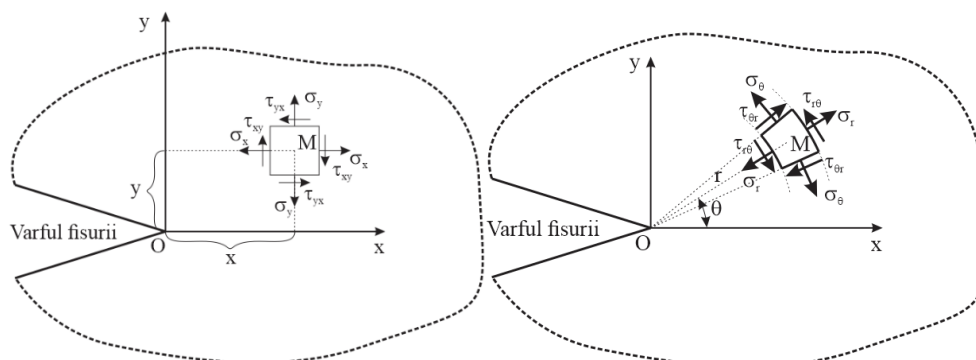


Figura 6. 3: Elementul infinitezimal în coordonate carteziene și polare

Pentru materialele fragile este dificilă inițierea unei fisuri și controlul propagării sale. Una din metodele mai des întâlnite constă în realizarea unei creștături foarte fine cu ajutorul frezelor diamantate. Grosimile pot fi variabile: de la câteva sutimi de mm la câteva sutimi de μm . Lățimea creștăturii trebuie să țină seama de parametrii microstructurii materialului și nu trebuie să conducă la valori supraestimate ale rezistenței la fisurare.

În cazul materialelor vitroase sau a celor compozite care conțin o fază ductilă, trebuie practică o fisură ascuțită pentru a evita o colmatare a vârfului acesteia, care să se reflecte asupra rezultatului măsurătorilor.

Acest tip de fisură se poate obține prin mai multe metode:

- 1- fisurarea prin metoda penei: o pană metalică este introdusă într-o creștătură, astfel încât să se producă o fisură în prelungirea creștăturii.
2. - fisurarea prin șoc termic: fisura este obținută prin deplasarea unui punct cald, pe un anumit traseu stabilit dinainte pe probă.

- 3 - fisurarea prin propagare controlată plecând de la o precrestare mecanică;
- 4 - fisurare plecând de la urmele lăsate prin încercarea de duritate (materiale cu fragilitate ridicată).

Un defect care se datorează condițiilor de mediu (condițiilor de zbor la înălțime mare), este cazul conductelor din Al 2024 T3, folosite pentru prizele de presiune. Din cauza formării dopurilor de gheață, în urma expunerii aeronavei lor unor temperaturi scăzute, se produce o distrugere locală a acestora prin fisurare.

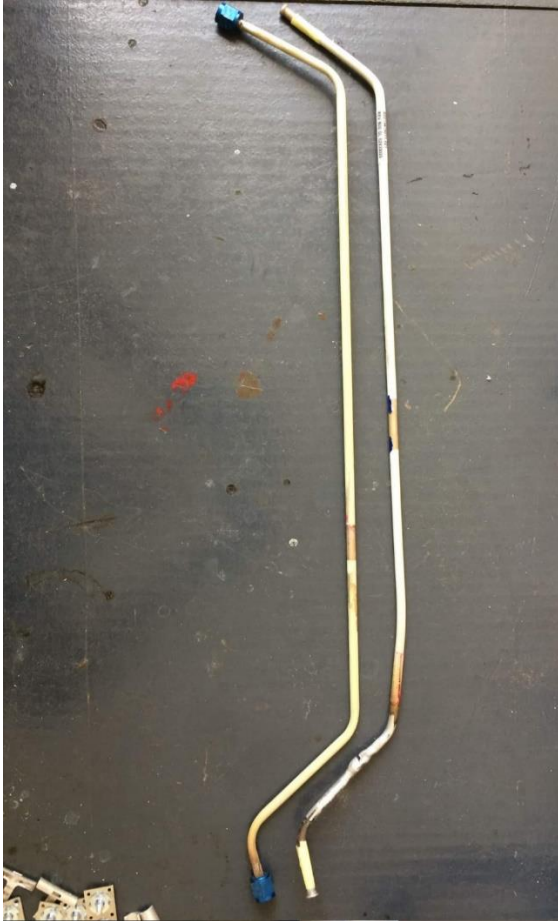


Figura 6. 4: Conducte ale prizelor de presiune

Fisurile care apar sunt paralele cu axa conductei (în lungul generatoarei cilindricului), În figurile 6.28 și 6.29 sunt prezentate defectele care apar în astfel de situații.

Defectele apar ocazional, nedepinzând de timpul de zbor al aeronavei, ci de condițiile în care zboară acesta. Spre exemplu, pentru conducta din figura 6.25, defectul a apărut după 8 ani de funcționare. Pentru această conductă, se pot aplica tehnologiile de sudare, pentru a îndepărta defectul.

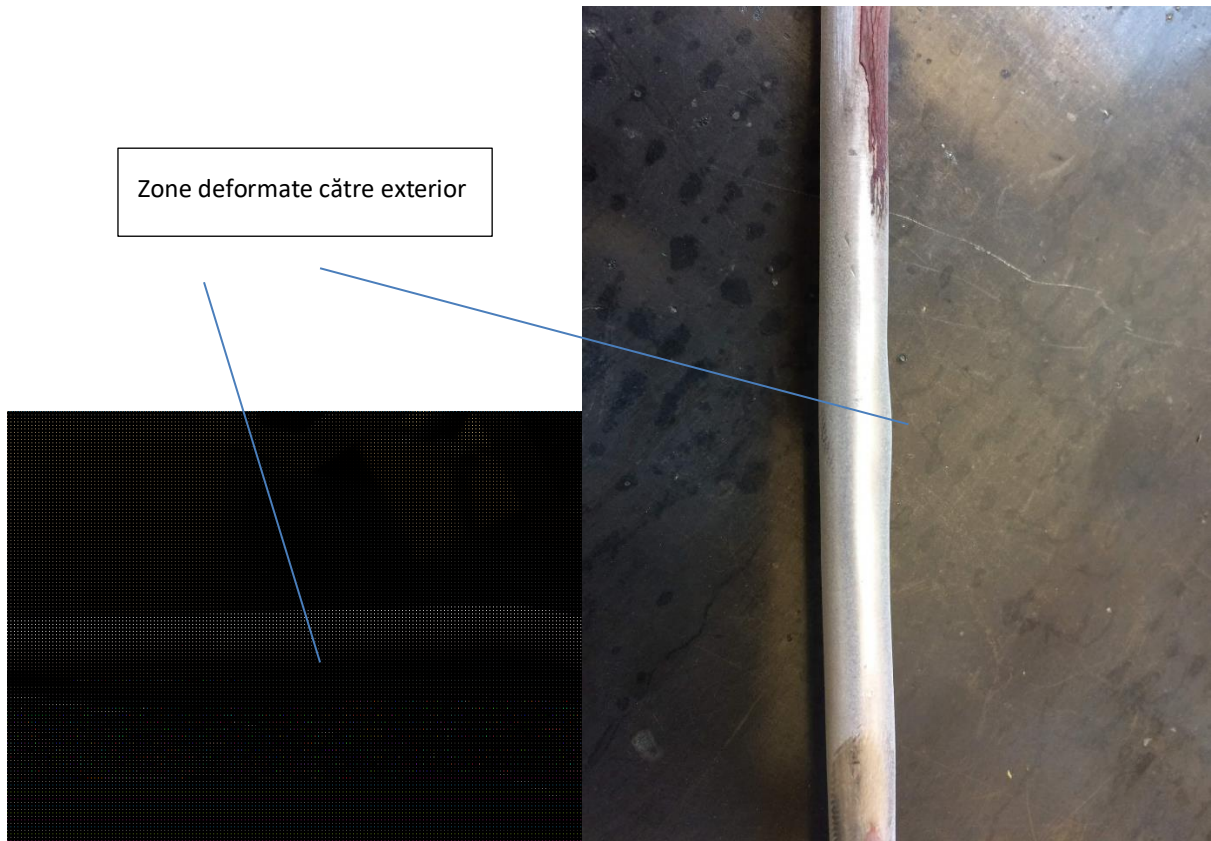


Figura 6. 5: Conducte ale prizelor de presiune deformate din interior către exterior



Figura 6. 6: Conductă fisurată

Pentru materiale de rezistență înaltă, la care ruperea este precedată de valori scăzute ale deformării plastice, asociată ruperii de tip fragil, se acceptă ipoteza comportării liniar-elastice în regiunea de la vârful fisurii de la care se amorsează și se dezvoltă procesul de rupere. Caracteristica de material este reprezentată de factorul de intensitate a tensiunii mecanicii K , mărime care este o măsură a creșterii tensiunii mecanice în prezența unei fisuri, față de tensiunea existentă în absența ei.

- **Modelul cu elemente finite**

Pentru geometrie, s-a considerat o parte dreaptă de conductă de lungime 50 mm, cu diametrul interior de 8 mm și cel exterior de 10 mm. Suprafața interioară și cea exterioară a fost împărțită în trei, suprafețele din capete de lungime 20 mm iar suprafețele centrale de lungime 10 mm.

Suprafața central interioară a fost încărcată cu presiune, pentru a simula acțiunea unui dop de gheață asupra peretelui conductei. Presiunea a fost inițial considerată de 5 MPa.

Compoziția chimică a aliajului Al 2024 T3 este următoarea (tabelul 6.11):

Tabel 6. 1 Compoziția chimică Al 2024 T3

Componenta	%	Componenta	%	Componenta	%
Al	90.7 - 94.7	Mg	1.2 - 1.8	Si	Max 0.5
Cr	Max 0.1	Mn	0.3 - 0.9	Ti	Max 0.15
Cu	3.8 - 4.9	Altele	Max 0.2	Zn	Max 0.25
Fe	Max 0.5				

Caracteristici generale și utilizări: mașinabilitate bună, posibilă finisarea suprafeței. Un material cu rezistență mare cu utilizări multiple.

Utilizări ale aliajului: garnituri și fittinguri pentru aeronave, angrenaje și arbori, șuruburi, piese de ceas, aplicații în tehnologia IT, cuplaje, aplicații în mașini electrice, corpuri de supape hidraulice, piese de rachete, muniții, piulițe, pistoane, angrenaje melcate, dispozitive de prindere, echipamente veterinare și ortopedice, structuri metalice.

În tabelul 6.12 sunt prezentate proprietățile aliajului.

Tabel 6. 2 Proprietățile Al 2024 T3 pentru temperatura de 20 grade C

Proprietăți fizice		
Densitatea	2,78	
Proprietăți mecanice		
Duritatea Brinell	120	La o încărcare de 500 g, cu bilă de diam. 10 mm
Tensiunea de rupere	483 MPa	
Tensiunea de curgere	345 MPa	
Alungirea la rupere	18%	
Modulul de elasticitate longitudinal	73.1 GPa	Medie între modulul determinat la întindere și compresiune (cel de compresiune cu 2% mai mare)
Coef. lui Poisson	0,33	
Rezistența de oboseală	138 MPa	Determinata pentru $5 \cdot 10^8$ cicli alternant simetric
Modulul de elasticitate transversal	28 GPa	
Tensiunea tangențială la rupere	283 MPa	
Proprietăți termice		
Căldura specifică	0,875 J/g*°C	
Conductibilitatea termică	121 W/m*K	

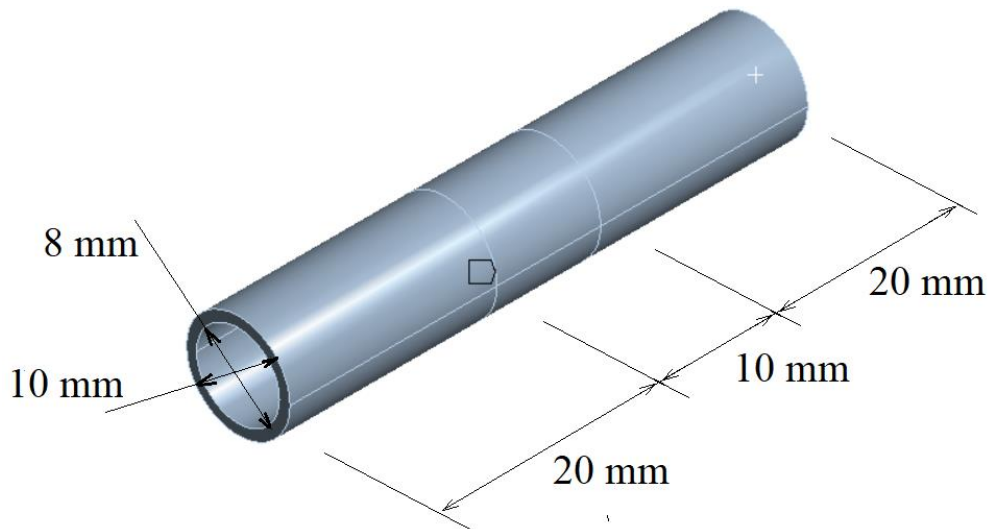


Figura 6. 7: Geometria considerată

Pentru a estima condițiile de propagare a fisurilor în cazul defectului prezentat, se consideră o fisură semieliptică, deschisă, pe suprafața exterioară a conductei. Fisura este longitudinală. În cazul aplicării unei presiuni interioare asupra unui tub cu pereți grosi, tensiunea principală maximă este pe direcție unghiulară (tangentă la cercul exterior al secțiunii transversale). În această situație modul de sollicitare este modul 1.

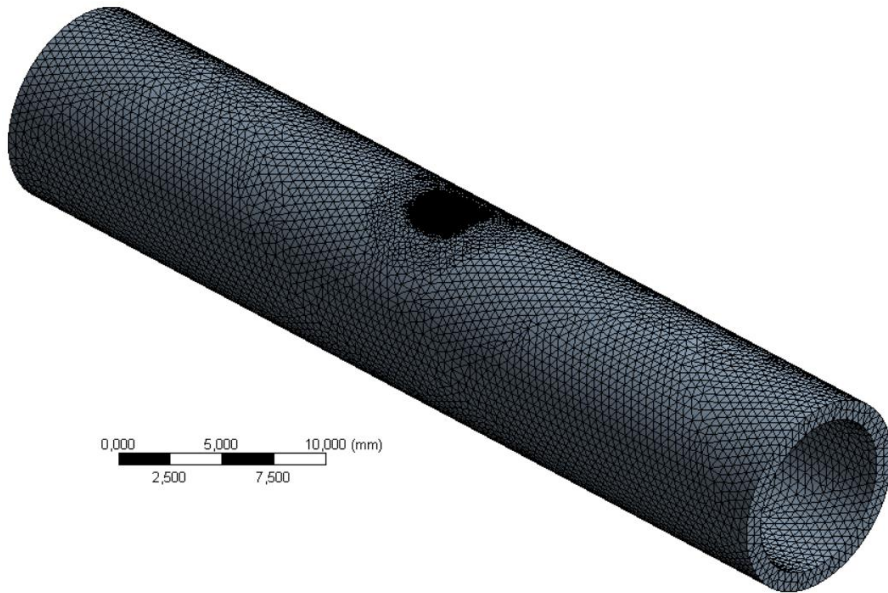


Figura 6. 8: Mesarea geometriei cu elemente finite tetraedrale

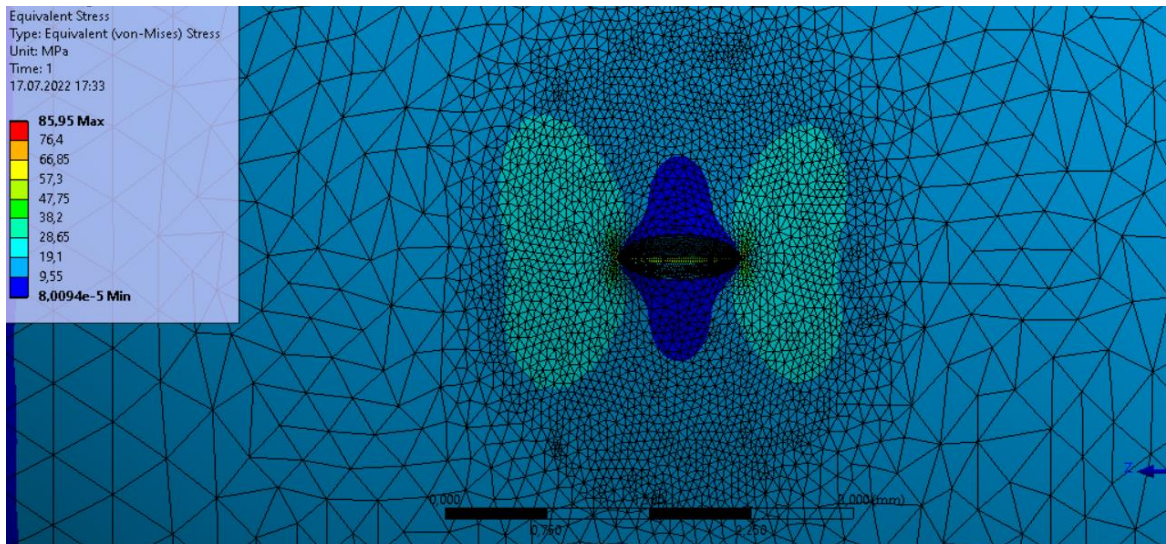


Figura 6. 9: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede de sus pe direcție radială a conductei

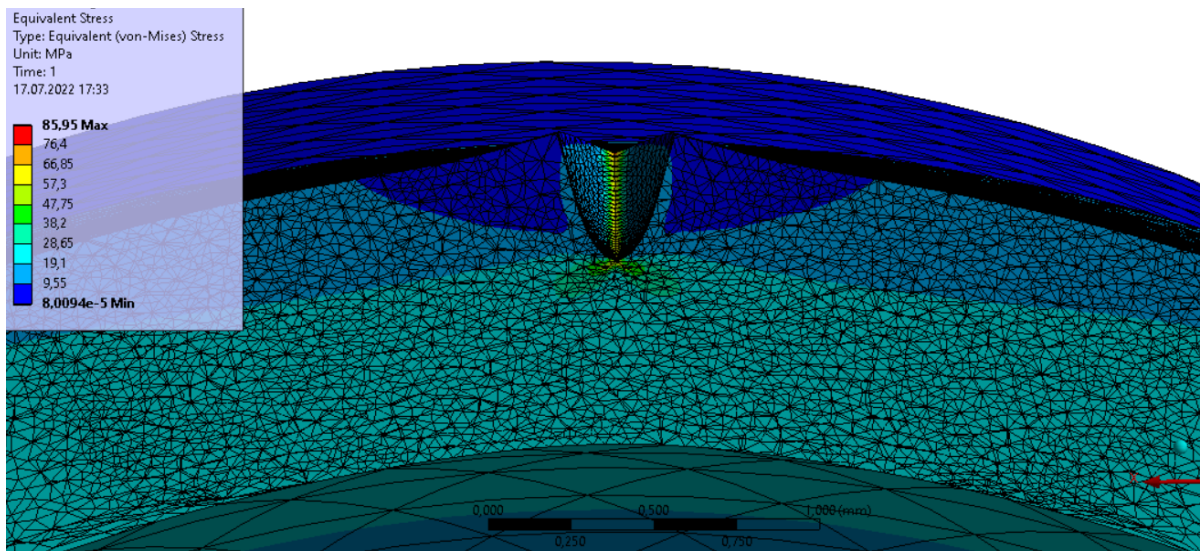


Figura 6. 10: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede în secțiune transversală

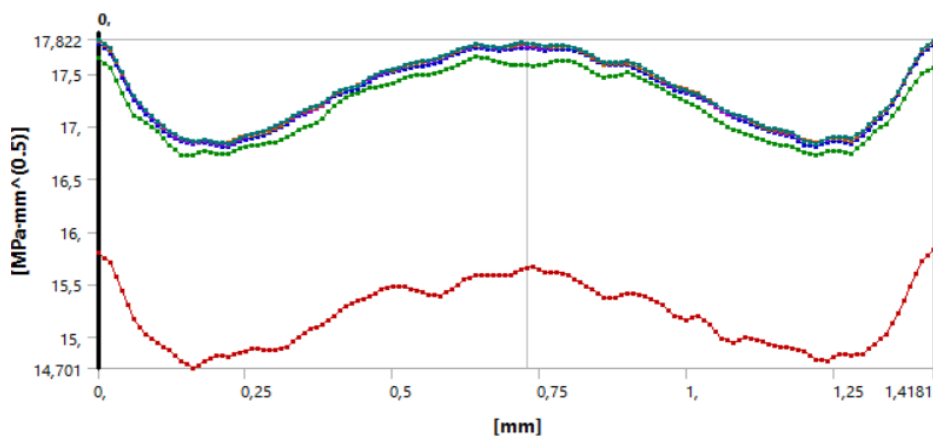


Figura 6. 11: Graficul factorului de intensitate al tensiunii pe varful fisurii, în funcție de lungimea ei

Se remarcă creșterea maximului tensiunilor odată cu creșterea adâncimii fisurii. Un comportament similar îl are factorul de intensitate al tensiunii. Creșterea tensiunii la vârful fisurii este de la 45,99 MPa corespunzătoare adâncimii de 0,1 mm până la 85,95 MPa corespunzătoare adâncimii de 0,4 mm (aproape o dublare a valorii tensiunii). Factorul de intensitate al tensiunii pe varful fisurii are o creștere de la 11,4 la 17,8 $\text{MPa}\sqrt{\text{mm}}$. De asemenea se observă o schimbare a formei distribuției *factorului de intensitate al tensiunii*, odată cu adâncimea crescând valoarea factorului și către suprafața laterală a conductei.

Putem concluziona că pentru adâncimi mici tendința de propagare a fisurii este spre creșterea adâncimii ei, pe parcurs ce crește adâncimea, apare și tendința de creștere a lungimii.

Dacă păstrăm constant dimensiunile fisurii, 1 mm lungime, 0,1 mm adâncime, la creșterea presiunii interioare se obțin rezultatele prezentate în figurile următoare.

Pentru presiunea interioară de 10 Mpa:

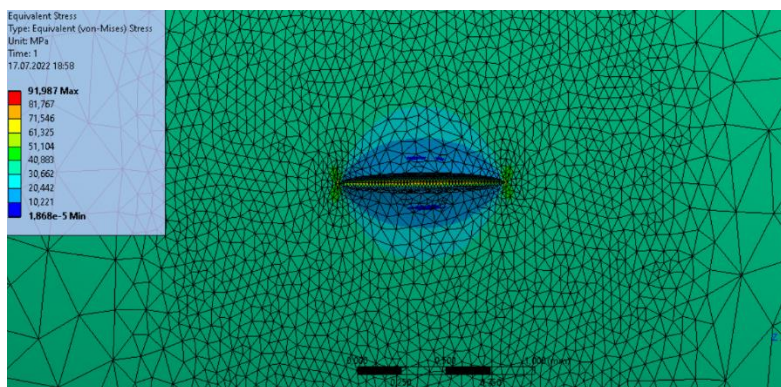


Figura 6. 12: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede de sus pe direcție radială a conductei

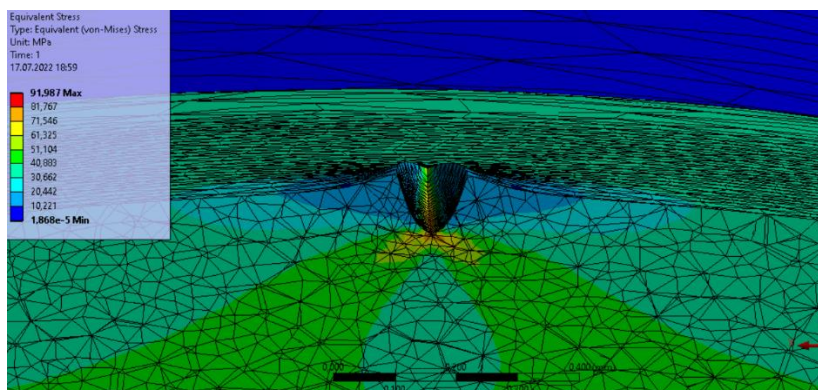


Figura 6. 13: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede în secțiune transversală

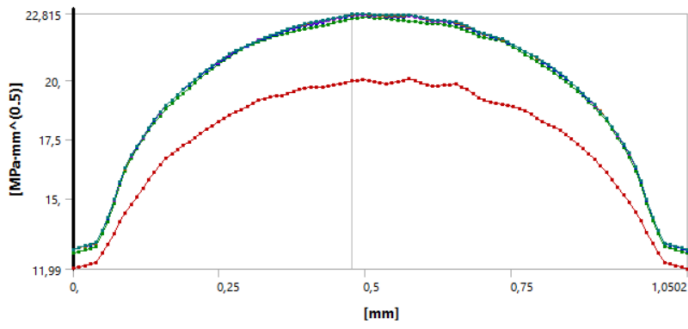


Figura 6. 14: Graficul factorului de intensitate al tensiunii pe varful fisurii, în funcție de lungimea ei

Pentru presiunea interioară de 20 Mpa:

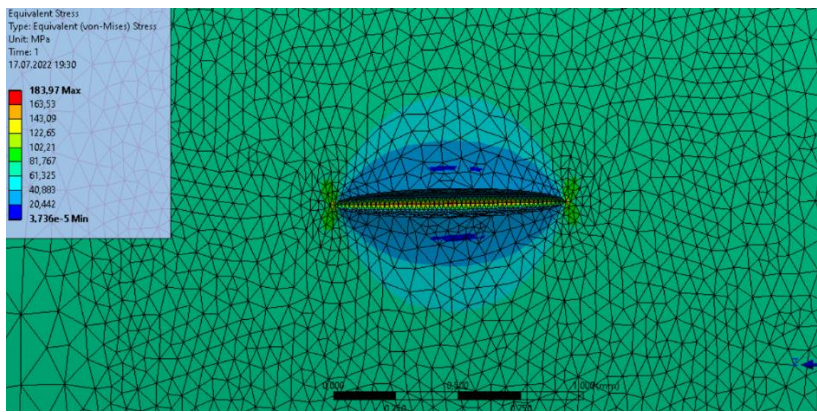


Figura 6. 15: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede de sus pe direcție radială a conductei

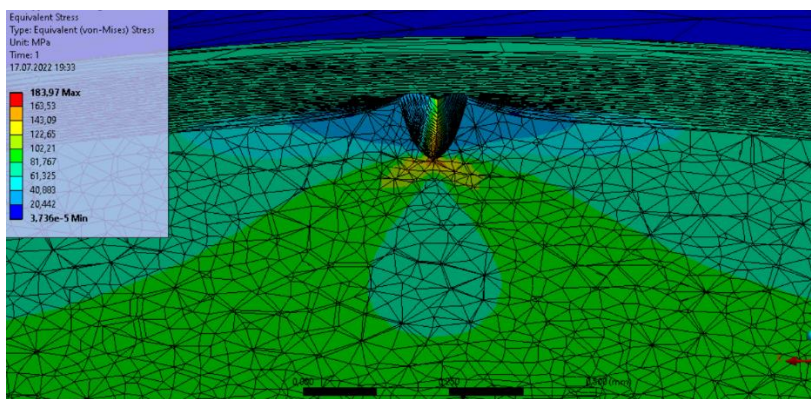


Figura 6. 16: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede în secțiune transversală

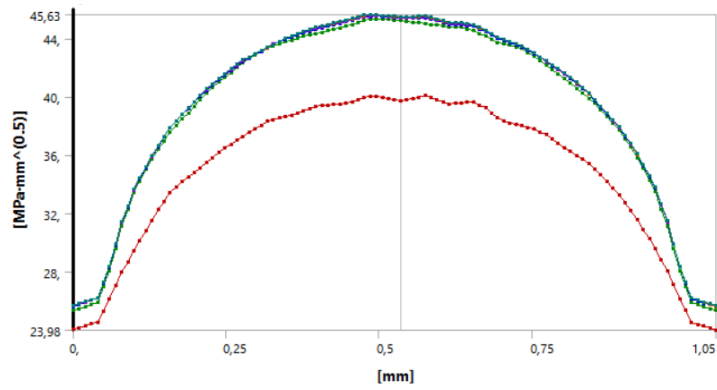


Figura 6. 17 Graficul factorului de intensitate al tensiunii pe varful fisurii, în funcție de lungimea ei

Pentru presiunea interioară de 40 Mpa:

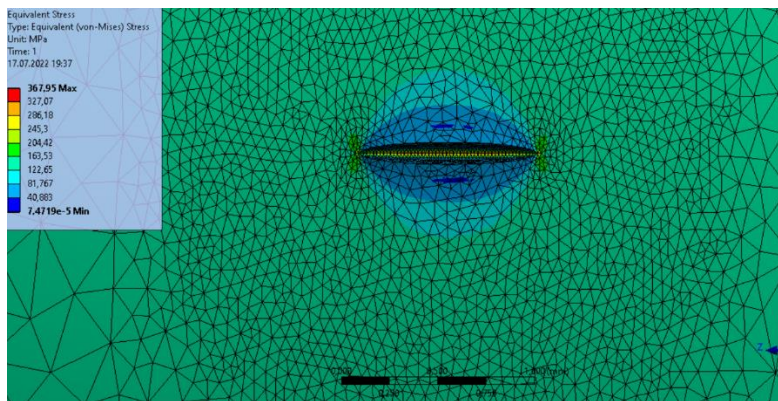


Figura 6. 18: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede de sus pe direcție radială a conductei

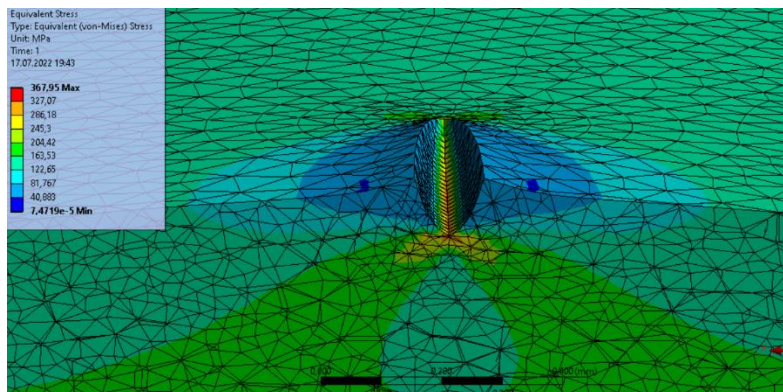


Figura 6. 19: Detaliu al fisurii, câmpul tensiunilor echivalente Von Mises, vede în secțiune transversală

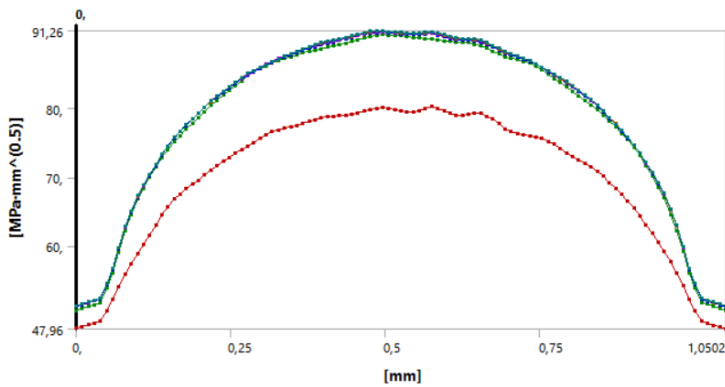


Figura 6. 20: Graficul factorului de intensitate al tensiunii pe varful fisurii, în funcție de lungimea ei

Se remarcă o creștere semnificativă a tensiunilor de la vârful fisurii odată cu creșterea presiunii interioare, de la valoarea 45,99 Mpa, corespunzătoare presiunii interioare de 5 Mpa, până la 367,95 Mpa corespunzătoare presiunii interioare de 40 Mpa. Factorul de intensitate a tensiunii la varful fisurii crește de la 11,41 la 91,26 $\text{MPa}\sqrt{\text{mm}}$, depinzând semnificativ de valoarea încărcării. Se remarcă că forma distribuției factorului de intensitate al tensiunii nu se schimbă pe lungimea fisurii.

Se identifică metodele inovative de evaluare a performanței tehnice. Aceste metode oferă o evaluare mai cuprinzătoare și mai precisă a performanței tehnice în sistemele aeronautice moderne și ajută la îmbunătățirea siguranței, eficienței și fiabilității acestor sisteme.

Prin analiza statistică a defecțiunilor aeronavelor din dotarea FAR pe o perioadă de 20 de ani, am concluzionat că numărul evenimentelor de zbor, cauzate de defecțiuni tehnice, a fost redus în a doua jumătate a perioadei. Acest fapt este datorat creării bazelor de date, având ca parametri de intrare durata de viața a componentelor care au cedat mai frecvent.

În ultima parte a capitoului am analizat un defect al unor conductelor din Al 2024 T3, folosite pentru prizele de presiune. Din cauza formării dopurilor de gheață, în urma expunerii aeronavei unor temperaturi scăzute, se produce o distrugere locală a acestora prin fisurare. Deformarea conductelor este cauzată de apariția dopurilor de gheață în interiorul conductei, care provoacă cedarea materialului.

Au fost analizate condițiile posibile care au dus la apariția cedării materialului și s-au făcut simulări în programul Ansys pentru a vedea propagarea fisurii la o anumită forță. Defectul poate fi reparat prin sudare.

7. MODELE MULTIDIMENSIONALE PENTRU DEZVOLTARE ȘI IMPLEMENTARE ÎN SISTEMELE MODERNE DE MENTENANȚĂ

În acest capitol se prezintă:

- ❖ Modele de management al siguranței
- ❖ Analiza accidentelor cu ajutorul teoriei sistemelor complexe
- ❖ Redefinirea cauzalității pornind de la TSC
- ❖ Modelul STAMP
- ❖ Analiza posibilităților de aplicare STAMP
- ❖ Aplicarea tehnicii chestionarului în vederea evaluării siguranței aeronautice

Obiectivul acestei tehnici este de a obține cele mai relevante puncte de vedere ale unui grup de oameni care activează în diferite poziții ale sistemului. Acest lucru este realizat prin intermediul unei serii de chestionare sau interviuri, la care trebuie să răspundă grupul de experți. Analiza răspunsurilor relevă starea sistemului, indicând problemele și permițând alegerea unor măsuri pentru remedierea acestora.

În tabelul 7.2 sunt prezentate afirmațiile din chestionarul adresat personalului navigant și tehnic din cadrul FAR, în vederea evaluării siguranței aeronautice.

Tabel 7. 1 Afirmațiile legate de evaluarea siguranței aeronautice

	Afirmație	Categorie
1	Antrenamentul și instruirea personalului este adecvată pentru executarea în condiții de siguranță aeronautică a zborului.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Mediacal
2	Sunt asigurate condiții pentru o cunoaștere adecvată a reglementărilor referitoare la siguranța aeronautică.	Management
3	Deciziile privind siguranța aeronautică sunt luate de persoanele cele mai bine pregătite.	Management
4	Procedurile și reglementările privind siguranța aeronautică sunt aplicate cu strictețe	Aplicare proceduri/regulamente
5	Personalul aeronautic are experiența și abilitatea adecvată pentru calificările obținute.	Starea personalului
6	Personalul utilizează și aplică principiile managementului operațional în activitatea zilnică.	Starea personalului
7	Există o comunicare eficientă între diversele categorii de personal aeronautic.	Management
8	Există comunicare eficientă pe linie ierarhică.	Management
9	Compartimentul psihologic se implică eficient în activitățile aeronautice.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Mediacal
10	Medicii și psihologii identifică și gestionează cu succes persoanele care își asumă un grad ridicat de risc	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Mediacal
11	Sunt folosite principiile de management al resurselor echipajului pentru îmbunătățirea performanței și siguranței misiunii.	Management
12	Încălcările regulamentelor de zbor sau a disciplinei sunt rare.	Aplicare proceduri/regulamente
13	Zborul de instrucție se desfășoară conform planificării.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Mediacal
14	Personalul se simte confortabil să raporteze probleme personale de sănătate	Starea personalului
15	Personalul se simte confortabil să raporteze încălcări ale siguranței, comportamente nesigure sau condiții periculoase.	Starea personalului
16	Factorii de decizie opresc activitățile nesigure când gradul de risc depășește norma de siguranță aeronautică.	Management
17	Structura de siguranță aeronautică se bucură de un grad ridicat de încredere.	Starea personalului
18	Normele de siguranță aeronautică prevăzute în reglementările actuale sunt eficiente.	Aplicare proceduri/regulamente
19	Cunosc persoane care omit intenționat lucrări sau execută superficial sarcinile pentru a-și îndeplini misiunea.	Starea personalului
20	Perioadele de odihnă sunt aplicate	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Medical
21	Personalul aeronautic lucrează eficient	Starea personalului
22	Moralul este ridicat	Starea personalului
23	Subunitatea are resurse materiale adecvate pentru îndeplinirea atribuțiilor și sarcinilor zilnice	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Medical
24	Subunitatea are personal suficient	Management

25	Este timp pentru pregătire, instruire și informare în privința zborurilor planificate, etc.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Medical
26	Se asigură numărul corespunzător de ore de zbor pentru menținerea/creșterea nivelului de pregătire.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Medical
27	Factorii de decizie pun presiune pe disponibilizarea aeronavelor în vederea atingerii obiectivelor/planurilor de zbor.	Management
28	Factorii de decizie sunt un bun exemplu în ceea ce privește respectarea reglementărilor și procedurilor.	Management
29	Factorii de decizie și tu care sunt persoanele predispuse la a-si asuma riscuri nejustificate în activitățile aeronautice.	Management
30	Cunosc cazuri de consum de alcool și droguri pe timpul executării activităților aeronautice.	Starea personalului
31	Am încredere în aeronava/echipamentul pe care-l exploatez în zbor	Starea personalului
32	Se cunosc procedurile în exploatarea aeronavelor.	Activități Zbor/Tehnic/ Instruire/Medical

Fiecare afirmație poate fi combătută, apreciată sau privită neutră. Pentru fiecare afirmație sunt posibile cinci clasificări, codificate cu numere de la unu la cinci, prezentate în tabelul 7.3.

8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII, DIRECȚII VIITOARE, DISEMINAREA REZULTATELOR CONCLUZII

Implicarea personală în activitățile de mentenanță a aeronavelor ca inginer militar de aviație, schimbul de experiență cu Compania Airbus, pe timpul stagiului realizat în Franța, cu Alenia Aeronautica (pe timpul desfășurării activității în cadrul secției de mentenanță pentru C27J Spartan) cât și cu Forțele Aeriene Portugheze (pe timpul programului de achiziționare a aeronavei F16), mi-au oferit posibilitatea de a-mi forma o viziune despre ceea ce înseamnă sistemele de mentenanță civile și militare și legătura strânsă dintre acestea și siguranța aeronautică. Teza îmi acordă posibilitatea de a-mi aduce aportul în găsirea unor soluții moderne, inovative, de dezvoltare a strategiilor sistemelor de mentenanță cu implicații asupra siguranței aeronautice.

Tema, **Strategii de dezvoltare a sistemelor de mentenanță aeronautică cu implicații asupra siguranței zborului**, este de o importanță deosebită pentru asigurarea funcționării aeronavelor în condiții de siguranță maximă. Industria aviației este strict reglementată pentru a conferi siguranța pasagerilor și a echipajelor, iar sistemele de mentenanță joacă un rol esențial în asigurarea faptului că aeronavele îndeplinesc standardele de siguranță cerute. Un sistem de mentenanță bine conceput poate ajuta la identificarea și rezolvarea potențialelor probleme de siguranță înainte ca acestea să devină critice. Dezvoltarea sistemelor de mentenanță aeronautică este ghidată de standardele din industrie, cum sunt cele stabilite de ICAO, EASA și FAA. Aceste standarde asigură că sistemele sunt proiectate pentru a îndeplini cerințele specifice privind siguranța și fiabilitatea zborului.

Un aspect cheie al dezvoltării sistemelor de mentenanță aeronautică este integrarea principiilor MSA. Aceasta presupune luarea în considerare a potențialelor implicații de siguranță ale fiecărui aspect al sistemului și încorporarea proceselor de management al riscurilor pentru a minimiza aceste riscuri.

Un factor important este utilizarea datelor în timp real și a analizelor avansate pentru a monitoriza performanța aeronavelor și a detecta problemele potențiale înainte ca acestea să devină critice. Acest lucru ajută la asigurarea faptului că acțiunile de mentenanță sunt întreprinse în timp util și eficient și că aeronavele rămân sigure și operaționale. Comunicarea și colaborarea eficientă între echipajele de mentenanță și de zbor sunt esențiale pentru a asigura acest lucru.

Încorporarea celor mai noi tehnologii și inovații în dezvoltarea sistemelor de mentenanță aeronautică poate îmbunătăți, de asemenea, eficacitatea generală a sistemului. Aceasta poate include încorporarea automatizării și a sistemelor bazate pe AI (Artificial Intelligence) pentru monitorizare în timp real, mentenanță predictivă și luare a deciziilor îmbunătățită.

Instruirea regulată și dezvoltarea profesională a personalului de mentenanță este, de asemenea, crucială pentru a se asigura că sistemul de mentenanță este implementat corect și că standardele de siguranță

sunt respectate. Aceasta include instruire privind noile tehnologii, proceduri de mentenanță și protocoale de siguranță.

Strategiile sistemelor de mentenanță aeronautică sunt vitale pentru menținerea siguranței aeronautice prin asigurarea navigabilității aeronavelor, implementarea mentenanței preventive, utilizarea monitorizării stării și respectarea standardelor de reglementare. Aceste strategii, atunci când sunt integrate în sistemele de management al siguranței, contribuie în mod semnificativ la cultura generală a siguranței în industria aviației. Prin prioritizarea implementării strategiilor eficiente de mentenanță, organizațiile aviatice pot atenua riscurile, pot preveni accidentele și pot proteja viața pasagerilor și a membrilor echipajului, menținând standardele înalte de siguranță aeronautică.

Domeniul strategiilor de mentenanță în sistemele aeronautice a evoluat semnificativ în ultimii ani, îmbrățișând abordări proactive, analiza datelor și tehnologii avansate. Integrarea monitorizării stării și a analizei predictive a permis o planificare mai eficientă a mentenanței, costuri reduse și siguranță sporită. Pe măsură ce industria continuă să avanseze, sunt așteptate noi inovații și perfecționări în strategiile de mentenanță, care să conducă la o eficiență operațională și fiabilitate tot mai crescute în sistemele aeronautice.

Contextul actual în care sunt situate strategiile de mentenanță este modelat de mai mulți factori care influențează industria aviației. Acești factori includ:

- **Progrese tehnologice:** industria aviației se confruntă cu progrese tehnologice rapide, cum ar fi utilizarea sporită a sistemelor digitale, a materialelor avansate și a automatizării. Aceste progrese au condus la sisteme de aeronave mai complexe, care necesită strategii de mentenanță sofisticate pentru a asigura funcționarea lor sigură și eficientă.

- **Mediu de reglementare:** autoritățile de reglementare, precum ICAO, FAA și EASA, actualizează și perfecționează continuu reglementările și cerințele de mentenanță. Respectarea acestor reglementări este esențială pentru menținerea standardelor de siguranță și pentru a determina adoptarea de noi strategii și tehnologii de mentenanță.

- **Accent asupra siguranței:** siguranța rămâne principala preocupare în industria aviației. Accentul pus pe siguranță conduce la dezvoltarea și implementarea unor strategii robuste de mentenanță care vizează prevenirea defecțiunilor, diminuarea riscurilor și asigurarea bunăstării pasagerilor și a echipajului. Sistemele de management al siguranței și inițiativele de îmbunătățire continuă joacă un rol vital în menținerea unui nivel ridicat de siguranță.

- **Optimizarea costurilor:** deși siguranța este esențială, există, de asemenea, un accent tot mai mare pe optimizarea costurilor de mentenanță fără a compromite siguranța și fiabilitatea. Strategiile de mentenanță care minimizează timpul de nefuncționare, reduc evenimentele de întreținere neprogramate și maximizează utilizarea resurselor sunt foarte apreciate în climatul economic actual.

- **Luarea deciziilor bazată pe date:** industria se bazează din ce în ce mai mult pe analiza datelor și pe tehnologiile digitale pentru a informa deciziile de întreținere. Monitorizarea în timp real, analiza predictivă și algoritmi de învățare automată sunt utilizați pentru a analiza cantități mari de date colectate din sistemele aeronavei, senzori și înregistrările de întreținere. Aceste informații bazate pe date ajută la optimizarea planificării întreținerii, la îmbunătățirea fiabilității și la îmbunătățirea siguranței.

- **Considerații privind sustenabilitatea:** industria aviației abordează în mod activ preocupările legate de sustenabilitatea mediului. Sunt dezvoltate strategii de întreținere pentru a optimiza eficiența combustibilului, a reduce emisiile și a sprijini adoptarea de practici durabile, cum ar fi reciclarea componentelor aeronavei și managementul ciclului de viață.

- **Colaborare în industrie:** Colaborarea între părțile interesate din industrie, inclusiv companiile aeriene, producătorii, furnizorii de întreținere și autoritățile de reglementare, este esențială în conturarea strategiilor de întreținere. Eforturile comune și schimbul de cunoștințe facilitează dezvoltarea și implementarea celor mai bune practici, standardizarea și armonizarea în industria aviației.

Ideile prezentate mai sus fac parte din imaginea care formează teza în cele opt capitole. Caracterul multidisciplinar al lucrării este redat prin metoda de abordare a obiectivelor propuse, bazat atât pe experiența din aviația militară cât și pe analiza critică a literaturii de specialitate. Dualitatea dintre domeniul aviatic civil – militar este prezentă în integralitatea tezei, oferind caracter de originalitate tezei.

Prin modalitatea de tratare a temei de cercetare, analiza critică a literaturii de specialitate, prin studiile și propunerile supuse analizei, se redă caracterul științific al lucrării.

Obiectivul principal al tezei se referă la aprofundarea concepției SM aeronautică cu evidențierea implicațiilor asupra siguranței zborului și reducerea numărului de evenimente, prin propunerea unor strategii inovative în MR și al MSC și oferirea unor instrumente inovative de îmbunătățire a SM.

În construirea arhitecturii obiectivului principal (Figura 1.4), am dezvoltat cadrul general care se sprijină pe mai multe obiective operaționale dezvoltate în cele opt capitole.

Astfel, în primul capitol, s-a realizat introducerea în problematica MSA și s-a stabilit locul pe care îl ocupă SM în cadrul acestuia (Figura 1.1). S-a creat imaginea de ansamblu a MSA, prin prezentarea stadiului actual de dezvoltare, a cadrului de reglementare, a provocărilor cu care se confruntă și s-au prezentat direcțiile viitoare posibile. În acest capitol s-a justificat alegerea titlului, s-a propus ipoteza de cercetare și s-au stabilit obiectivele tezei. Capitolul a conturat arhitectura tezei (Figura A1.1) și a prezentat metodele și metodologia cercetării. Obiectivele **OB1.1** și **OB1.2** ale acestei teze sunt atinse în acest capitol. **OB1.1: crearea unei imagini de ansamblu a MSA și evaluarea eficienței acestuia, pentru a stabili mai departe, locul pe care îl ocupă SM în cadrul acestuia;**

OB1.2: stabilirea provocărilor actuale și a direcțiilor viitoare pentru MSA.

În cel de-al doilea capitol, denumit **MSA în organizațiile aeronautice civile și militare**, am propus o abordare a MSA din ambele puncte de vedere, civil și militar, și am realizat o imagine cât mai cuprinzătoare. Am dezvoltat elementele critice, cum ar fi importanța standardizării, practici eficiente și eșecuri în MR, prin analiza critică a unor studii de caz relevante. S-au stabilit avantajele și limitele studiilor de caz, inclusiv provocările generalizării, analizei pe termen scurt, factorii contextuali și reprezentarea limitărilor. Continuând cu strategiile moderne de abordare a MR, s-au identificat provocările și limitările acestora, și a fost introdusă strategia MRPD, ca strategie inovativă în MR, îndeplinind, astfel obiectivele **OB2.1, OB2.2, OB2.3.**

OB2.1: Importanța și rolul standardizării în MSA

OB2.2: Identificarea practicilor eficiente și a eșecurilor în MR

OB2.3: Dezvoltarea strategiilor moderne în MR, identificarea provocărilor, lacunelor și limitărilor

Capitolul trei, **Strategii de schimbare și dezvoltare organizațională în MSA**, deschide afirmația că implementarea strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță nu se poate realiza fără cunoașterea strategiilor de schimbare în organizația aeronautică. Astfel, pe baza informațiilor din literatura de specialitate, au fost redate aspecte conceptuale ale procesului de schimbare în MSA, a fost propus un plan de implementare a schimbării. S-au identificat provocările implementării schimbării în sistemele moderne de aviație și s-a propus un plan de management al schimbării bazat pe studii de caz relevante în industria aeronautică, realizându-se astfel obiectivul **OB3.1**. S-au prezentat, ca soluție de ultimă generație pentru îmbunătățirea sistemelor de mentenanță, instrumentele de monitorizare la distanță și de analiză predictivă.

S-a realizat o analiză comparativă a strategiilor de dezvoltare ale unor giganți ai aviației, precum Boeing, Airbus, Lockheed Martin, s-au identificat zonele de îmbunătățire și s-a propus ca strategie de mentenanță inovativă mentenanța predictivă, fapt ce atinge obiectivul **OB3.2**.

OB3.1 Identificarea provocărilor implementării schimbării în sistemele moderne de aviație

OB3.2 dezvoltarea unei strategii de dezvoltare bazată pe studiul strategiilor moderne actuale.

Capitolul patru, **Modele de risc și siguranță în aeronautică**, se referă la indicatorii utilizați în evaluarea programelor de mentenanță. Pentru a evalua mentenanța în sistemele moderne de aviație, pentru a oferi o imagine cuprinzătoare asupra performanței mentenanței și pentru identificarea domeniilor de îmbunătățire, s-a introdus sistemul de indicatori. Indicatorii de performanță în materie de siguranță sunt deosebit de importanți în identificarea potențialelor pericole de siguranță și pentru atenuarea riscurilor. Indicatorii de proces pot ajuta la identificarea zonelor de ineficiență în procesul de mentenanță și pot oferi îndrumări pentru îmbunătățire. Indicatorii de performanță în materie de siguranță reprezintă un instrument important pentru evaluarea performanței în activitățile de mentenanță. Indicatorii de performanță reprezintă mărimi care cuantifică obiectivele și care reflectă performanța strategică a unei organizații.

Plecând de la studiul acestora, s-au dezvoltat SPM și SDM, ca indicatori inovativi în evaluarea sistemelor de mentenanță. Astfel, este îndeplinit obiectivul **OB4**, de a **identifica și dezvolta noi indicatori în evaluarea performanței SM**. S-au prezentat scenariile posibile în care se pot utiliza AR și VR în sistemele de mentenanță pentru îmbunătățirea eficienței și acurateței, precum și în mentenanța predictivă.

Capitolul cinci, **Performanța umană în sistemele moderne de mentenanță aeronautică**, prezintă stresul ca element de analiză a performanței factorului uman în mediul aeronautic, criteriile de diagnostic. S-au prezentat elemente inovative de evaluare a stresului în mediul aeronautic. S-au evidențiat elementele de analiză și clasificare a factorului uman, a erorilor umane în cazul particularizat al piloților. Au fost propuse metode moderne de evaluare în detectarea și prevenirea erorilor umane. Continuând obiectivul capitolului patru, au fost stabiliți indicatorii utilizați în evaluarea performanței umane precum și metode inovative de evaluare a performanței umane prin utilizarea tehnologiei AR, au fost prezentate soluții inovative pentru evaluarea performanței în sarcinile de mentenanță. Obiectivul capitolului **OB5**, de **stabilire a indicatorilor pentru evaluarea performanței umane** a fost atins. Identificarea factorilor de influență, detectarea și prevenirea erorilor. Utilizarea tehnologiei în SM oferă oportunitatea unică de a evalua performanța umană într-un mod atât obiectiv, cât și de sprijin. Prin valorificarea capabilităților AR, organizațiile pot îmbunătăți continuu performanțele tehnicienilor lor de mentenanță și sporesc siguranța generală, eficiența și eficacitatea operațiunilor lor de mentenanță.

Capitolul șase, **Performanța tehnică în sistemele moderne de mentenanță din aviația modernă**, este capitolul definitoriu pentru obiectivul principal al tezei. Au fost prezentate concis sistemele actuale de mentenanță aeronautică, tipologia mentenanței utilizată în FAR, precum și relația acestora cu siguranța zborului. S-a evidențiat sistemul de codificare a mentenanței ca element esențial în îmbunătățirea eficienței și coerenței proceselor de mentenanță și la sprijinirea eforturilor de conformitate cu reglementările și asigurarea calității și s-a propus un sistem inovativ de codificare a mentenanței. Au fost analizate instrumentele statistice utilizate în estimarea corelației între serii de evenimente, punctând obiectiv instrumentele inovative utilizate în relația dintre evenimente în SM aeronautică și modul de aplicare al acestora în mentenanța predictivă. Utilizând instrumentele statistice, s-a determinat starea actuală a siguranței aeriene din FAR din 2001 până în 2020, bazată pe analiza defecțiunilor apărute în perioada menționată, fapt ce constituie obiectivul **OB6.1**. Elementul definitoriu tratat în acest capitol este dezvoltat în studiul de caz ce analizează o defecțiune a sistemului Pitot-static, ca sistem critic în operarea aeronavelor cu implicații directe asupra siguranței aeronautice și se propune MBC ca strategie optimă de abordare a mentenanței, relevând obiectivul **OB6.2**.

Modele multidimensionale pentru dezvoltare și implementare în sistemele moderne de mentenanță, este capitolul care încheie teza și vine în completarea celorlalte capitole prin aprofundarea modelelor teoretice de siguranță pentru dezvoltarea și implementarea în SM, de identificare a pericolelor și de interpretare a datelor pentru realizarea unei mentenanțe performante, prin analiza funcției de fiabilitate și prin metoda analizei statistice. S-a aplicat tehnica chestionarului în stabilirea nivelului SA din FAR OB7.1. Definitiv pentru acest capitol este prezentarea sistemului de mentenanță propus și aprobat pentru aeronavele F 16 din dotarea FAR. Așa cum am menționat în lucrare, am participat activ la programul de înzestrare din FAR, contribuind la adoptarea unui sistem de mentenanță performant, adaptat condițiilor din FAR.

CONTRIBUȚII PERSONALE

C2.1 Analiza studiilor de caz relevante în stabilirea importanței standardizării în MSA și determinarea limitelor metodei de studiu.

Utilizarea colectării și analizei datelor de siguranță este esențială pentru identificarea riscurilor de siguranță și dezvoltarea măsurilor eficiente de siguranță.

Studiile de caz analizate oferă perspective valoroase asupra impactului și beneficiilor standardizării în siguranța aviației. Exemple precum programul european SAFA și programul IATA IOSA ilustrează modul în care practicile standardizate contribuie la îmbunătățirea rezultatelor în materie de siguranță. Cu toate acestea, este important să recunoaștem limitele studiilor de caz, provocările generalizării, analiza pe termen scurt, factorii contextuali și reprezentarea limitărilor. Înțelegerea eficienței și limitelor standardizării necesită o perspectivă mai largă care să ia în considerare mai multe cazuri, analiza pe termen lung și complexitățile industriei aviației.

C2.2 Analiza critică a unor catastrofe aviatice din România și din mediul internațional și formularea unor recomandări

Studiile de caz din România oferă perspective asupra diferențelor în practicile de management al siguranței dintre organizațiile de aviație civilă și cea militară din țară. Studiile de caz ale aviației civile au evidențiat necesitatea îmbunătățirii formării, luării deciziilor și culturii organizaționale, în timp ce studiile de caz ale aviației militare au subliniat importanța practicilor de mentenanță și a aderării la protocoalele de siguranță. Aceste cazuri subliniază importanța practicilor eficiente de management al siguranței atât în sectorul aviației civile, cât și în cel militar și necesitatea îmbunătățirii continue a standardelor și procedurilor de siguranță. Pentru a îmbunătăți managementul siguranței atât în organizațiile de aviație civilă, cât și în cea militară, este esențial să se acorde prioritate unei culturi puternice a siguranței și practicilor eficiente de management al siguranței. Aceasta include angajamentul față de formarea și educația continuă, implementarea proceselor formale de management al riscului și un accent pe comunicare și colaborare în cadrul organizațiilor.

C2.3 Implementarea MRPD

Abordarea MRPD este o abordare proactivă și adaptativă a managementului riscului, care utilizează date și analize în timp real pentru a identifica riscurile potențiale și pentru a lua măsuri preventive înainte ca acestea să devină probleme critice.

Abordarea MRPD se bazează pe patru componente cheie: colectarea datelor, analiza datelor, luarea deciziilor și comunicarea riscurilor. Prin colectarea de date în timp real despre o gamă largă de factori care ar putea afecta siguranța și securitatea industriei aviației, abordarea MRPD poate identifica rapid riscurile potențiale și poate lua măsuri proactive pentru a le atenua.

C2.4 Analiza statistică a accidentelor din FAR

Se realizează o analiză extensivă a accidentelor pe perioade cu impact major în dezvoltarea FAR. Având acces la informații din domeniul aeronautic militar, prin natura meseriei și a funcțiilor deținute de-a lungul timpului, am prezentat ceea ce înseamnă riscul și securitatea în aviația militară și am punctat cu exactitate, prin analiza statistică, trăsături ale accidentelor din domeniu, pe perioade critice, până în 2022.

C3.1 Crearea unui plan MSC bazat pe studii de caz relevante din industria aeronautică

Pe baza studiilor de caz prezentate și a recomandărilor, se propune un plan de implementare a modificărilor în sistemele de mentenanță a aviației în cinci pași. Urmând principiile prezentate și învățând din experiențele altor organizații, se pot gestiona eficient schimbările în SM pentru siguranța și eficiența operațiunilor lor. Pe lângă principii, este esențial ca organizațiile să identifice în mod proactiv potențialele probleme care pot apărea în timpul procesului de schimbare și să ia măsuri pentru a atenua aceste riscuri. Acest lucru necesită o înțelegere aprofundată a SM existent, inclusiv a punctelor forte și a punctelor slabe ale acestuia.

C3.2 Prezentarea instrumentelor de monitorizare la distanță și de analiză predictivă ca soluții de ultimă generație în îmbunătățirea SM, stabilirea domeniilor de îmbunătățire a SM prin analiza comparativă a companiilor Boeing, Airbus, Lockheed Martin

Sistemele de monitorizare la distanță sunt utilizate de obicei pentru a monitoriza echipamentele și sistemele dintr-o locație la distanță. Instrumentele de analiză predictivă folosesc algoritmi avansați și tehnici de analiză a datelor pentru a identifica modele și tendințe în datele de mentenanță. Prin analiza datelor istorice de mentenanță, instrumentele de analiză predictivă pot identifica probleme potențiale și pot prezice când este probabil să fie necesară mentenanța.

În urma analizei comparative s-a stabilit se recomandă dezvoltarea unei abordări mai colaborative a mentenanței, investiția în automatizare și robotică, concentrarea pe îmbunătățirea integrării datelor și sistemelor de mentenanță

C4.1 Dezvoltarea indicatorilor SPM și SDM

În baza analizei indicatorilor prezentați au fost dezvoltați SPM și SDM. SPM oferă o evaluare cuprinzătoare a performanței de mentenanță și este un instrument valoros pentru companiile aeriene în îmbunătățirea fiabilității și siguranței aeronavelor. Este important de menționat că SPM ar trebui să fie revizuit și actualizat în mod regulat pentru a se asigura că reflectă cu acuratețe performanța de mentenanță și să încorporeze noi factori care pot apărea pe măsură ce tehnologia avansează și industria aviației evoluează.

SDM ar măsura gradul în care o companie aeriană utilizează tehnologia digitală și analiza datelor în procesele sale de mentenanță.

C4.2 Propunerea unor scenarii de utilizare AR/VR

Folosind VR pentru a simula procedurile de mentenanță, companiile aeriene pot minimiza nevoia de machete și prototipuri fizice costisitoare. Folosind AR pentru a susține inspecțiile de mentenanță, companiile aeriene pot reduce timpul și resursele necesare pentru a localiza și accesa informațiile tehnice, permițând tehnicienilor să-și termine munca mai rapid și mai eficient.

Oferind tehnicienilor informații și îndrumări în timp real, AR și VR pot reduce riscul de eroare umană în timpul inspecțiilor și procedurilor de mentenanță. În plus, permițând tehnicienilor să-și exerseze și să își ajusteze procedurile într-un mediu virtual, AR și VR pot îmbunătăți calitatea generală și acuratețea lucrărilor de mentenanță.

C5.1 Utilizarea AR/VR în evaluarea performanței umane

Tehnologia AR, **utilizarea tehnologiei portabile**, precum **ceasurile inteligente** sau **ochelarii inteligenți** pot oferi tehnicianului monitorizare și suport în timp real precum și feedback în timpul unei sarcini.

C5.2 Soluții inovatoare pentru evaluarea performanței umane în sarcinile de mentenanță

Simulări de realitate virtuală și augmentată, analiza predictivă, inteligența artificială și învățarea automată, soluții bazate pe cloud sunt soluțiile prezentate. Prin încorporarea acestor soluții inovatoare în procesul lor de evaluare, organizațiile pot monitoriza și îmbunătăți continuu performanța și siguranța tehnicienilor lor de mentenanță.

C5.3 Propunerea unui program de antrenament pentru creșterea rezilienței

Se propune un program în șase pași pentru creșterea rezilienței. Urmând acești pași, organizațiile pot dezvolta un program cuprinzător și eficient de formare a rezilienței care să-și ajute personalul să reducă stresul și să mențină performanța în medii aeronautice cu stres ridicat.

C6.1 Propunerea unui sistem inovativ de codificare a mentenanței

Codificarea inovatoare a mentenanței este un factor cheie al schimbării în industria aviației, permițând organizațiilor de mentenanță să ofere clienților lor servicii de mentenanță sigure, eficiente și rentabile. Prin adoptarea inovației și adaptarea la noile tehnologii și abordări, organizațiile de mentenanță pot rămâne în fruntea curbei și pot oferi clienților lor servicii de mentenanță de cea mai înaltă calitate.

C6.2 Identificarea și aplicarea instrumentelor inovative utilizate în relația dintre evenimente în SM din aeronautică în mentenanța predictivă

Am redat câteva exemple de relații matematice care pot fi utilizate în contextul mentenanței predictive, iar relația specifică va depinde de datele și sistemul analizat. Utilizarea relațiilor matematice permite organizațiilor de mentenanță să obțină o perspectivă mai profundă asupra relației dintre evenimente și să ia decizii mai informate cu privire la activitățile de mentenanță.

C6.3 Determinarea stării actuale a siguranței aeriene din FAR din 2001 până în 2021

Determinarea stării actuale a SA din FAR s-a realizat prin analiza statistică a numărului de defecțiuni în perioadele menționate, pe tipuri de aeronave, la sol și în zbor, în corelație cu Coeficientul Pearson. În urma rezultatelor s-au tras concluzii pentru îmbunătățirea situației.

C6.4 Analiza defecțiunii conductei sistemului Pitot-static

Au fost analizate aspecte operaționale ale sistemului Pitot – static, plecând de la descrierea și înțelegerea funcționării sistemului, identificarea scurgerilor din sistem și a fost propusă mentenanța recomandată. Au fost identificate echipamentele specializate pentru testarea sistemului. Pentru a stabili criticitatea sistemului în SA, am prezentat câteva cazuri relevante de accidente cauzate de defectarea sistemului. Aspectele teoretice au fost prezentate folosind studii relevante din literatura de specialitate. Simulările și determinările fisurilor care au apărut în conducta de distribuție a presiunii statice au fost realizate prin utilizarea softului Ansys, prin metoda elementelor finite. Au fost formulate recomandări de reparație dar și propuneri pentru strategii de mentenanță, propunerea MBC ca strategie optimă de abordare a mentenanței.

C7.1 Aplicarea tehnicii chestionarului în vederea evaluării SA

Continuând cu metodele de interpretare a datelor din capitolul șapte, am dezvoltat și aplicat chestionarul din acest capitol, pentru a evalua SA din FAR, interpretarea și rezultatele acestuia fiind descrise pe larg în acest capitol.

DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

În ciuda volumului semnificativ de cercetări efectuate privind managementul siguranței în industria aviației, există încă mai multe domenii care necesită investigații suplimentare. Unele dintre potențialele direcții viitoare de cercetare în acest domeniu includ:

1. Factori umani: este nevoie de mai multe cercetări privind factorii umani care contribuie la accidente în industria aviației. Acest lucru ar putea implica investigarea impactului oboselii, stresului și al altor factori asupra performanței pilotului și elaborarea de strategii pentru a atenua aceste riscuri.
2. Tehnologii emergente: Pe măsură ce noile tehnologii, cum ar fi avioanele autonome și dronele, devin din ce în ce mai răspândite în industria aviației, este nevoie să se investigheze implicațiile asupra siguranței acestor tehnologii și să se elaboreze strategii adecvate de management al siguranței.
3. Cultura siguranței: Sunt necesare cercetări suplimentare cu privire la impactul culturii siguranței asupra managementului siguranței în industria aviației. Aceasta ar putea implica investigarea relației dintre cultura siguranței și performanța în materie de siguranță și identificarea strategiilor de promovare a unei culturi pozitive a siguranței.
4. Managementul colaborativ al siguranței: este nevoie de mai multe cercetări privind eficacitatea abordărilor de management colaborativ al siguranței, cum ar fi sistemele de management al siguranței și parteneriatele de siguranță, în îmbunătățirea siguranței în industria aviației.

Implementarea MRPD

Direcțiile viitoare de cercetare includ dezvoltarea unui cadru cuprinzător pentru integrarea strategiei propuse în practicile existente de management al riscului. Cadrul ar trebui să includă linii directoare pentru colectarea datelor, analiza și strategiile de atenuare a riscurilor. Cadrul ar trebui să ia în considerare, de asemenea, implicațiile legale și etice ale utilizării algoritmilor de învățare automată în practicile de gestionare a riscurilor.

Cercetările viitoare ar trebui să se concentreze pe implementarea și evaluarea strategiei propuse de management al riscului pentru a determina eficiența acesteia în creșterea siguranței și reducerea riscului de accidente în industria aeronautică.

Cercetările viitoare în acest domeniu ar putea explora eficiența diferitelor strategii de management al schimbărilor în managementul siguranței aeronautice și impactul diferitelor tehnologii și procese asupra rezultatelor în materie de siguranță. În plus, cercetarea ar putea explora impactul diferitelor structuri și culturi organizaționale asupra implementării schimbării în managementul siguranței aeronautice.

Plan MSC

În primul rând, cercetările viitoare ar trebui să urmărească evaluarea eficienței planului MSC propus în medii reale. Aceasta ar putea implica realizarea de studii de caz sau anchete pentru a evalua implementarea planului propus în diferite organizații și contexte.

În al doilea rând, cercetările viitoare ar trebui să exploreze factorii care contribuie la managementul de succes al schimbării în managementul siguranței aeronautice. Aceasta va implica identificarea factorilor care facilitează sau împiedică managementul de succes al schimbării și dezvoltarea de strategii pentru a aborda acești factori. Înțelegând factorii care contribuie la managementul de succes al schimbărilor, organizațiile pot dezvolta planuri mai eficiente de management al schimbării și pot obține rezultate mai bune în materie de siguranță.

În al treilea rând, cercetările viitoare ar trebui să exploreze rolul tehnologiei în facilitarea managementului schimbării în managementul siguranței aeronautice. Acest lucru va necesita identificarea tehnologiilor care pot sprijini managementul schimbării, dezvoltarea metodelor de integrare a tehnologiei în planurile de management al schimbării și evaluarea eficienței strategiilor de management al schimbării bazate pe tehnologie. Folosind tehnologia pentru a sprijini managementul schimbării, organizațiile pot realiza procese de management al schimbării mai eficiente și mai eficiente.

Recomandările pentru cercetări viitoare ar putea include explorarea integrării tehnologiilor emergente, cum ar fi inteligența artificială și învățarea automată, în SM. În plus, cercetările viitoare ar putea investiga impactul strategiilor de mentenanță colaborativă, în care companiile aeriene și producătorii lucrează împreună pentru a optimiza programele de mentenanță și pentru a îmbunătăți performanța generală a aeronavei. În cele din urmă, cercetarea ar putea explora beneficiile potențiale ale

strategiilor de mentenanță axate pe durabilitate, în care activitățile de mentenanță sunt concepute pentru a maximiza durata de viață și sustenabilitatea componentelor

O altă recomandare pentru cercetări viitoare ar putea fi implementarea unui standard comun de mentenanță în industria aerospațială. În prezent, fiecare companie are propriul sistem și standard de mentenanță unic, ceea ce poate duce la inconsecvențe și ineficiențe atunci când companiile aeriene operează o flotă mixtă. Un standard comun de mentenanță ar putea îmbunătăți siguranța și eficiența, ar putea reduce costurile și ar îmbunătăți performanța generală a industriei aerospațiale.

Cercetarea ar putea investiga impactul strategiilor de dezvoltare a sistemelor de mentenanță asupra durabilității industriei aerospațiale. Pe măsură ce industria continuă să crească și să evolueze, va fi important să se dezvolte sisteme de mentenanță care să fie durabile din punct de vedere ecologic și să minimizeze impactul asupra planetei. Acest lucru ar putea implica explorarea de noi materiale și tehnologii, proiectarea aeronavelor pentru durabilitate și dezvoltarea de noi strategii de mentenanță care acordă prioritate durabilității.

O altă direcție de cercetare ar putea explora utilizarea analiticii avansate și a algoritmilor de învățare automată pentru a optimiza programele de mentenanță și pentru a reduce costurile de mentenanță. Folosind informații bazate pe date pentru a informa deciziile de mentenanță, companiile pot îmbunătăți eficiența și pot reduce riscul de timp neprogramat.

Un alt domeniu de cercetare s-ar putea concentra pe dezvoltarea de noi tehnologii pentru operațiunile de mentenanță. De exemplu, cercetătorii ar putea explora utilizarea dronelor și a altor vehicule fără pilot pentru a efectua sarcini de mentenanță în zonele greu accesibile ale aeronavei. Acest lucru ar putea ajuta la reducerea riscului de rănire a oamenilor și la îmbunătățirea eficienței operațiunilor de mentenanță.

Există mai multe domenii care ar putea beneficia de studii suplimentare legate de mentenanța predictivă. De exemplu, cercetătorii ar putea explora utilizarea inteligenței artificiale și a algoritmilor de învățare automată pentru a îmbunătăți acuratețea modelelor de mentenanță predictivă. În plus, cercetătorii ar putea investiga impactul întreținerii predictive asupra costurilor de mentenanță, fiabilității aeronavei și siguranței generale.

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

Pe timpul școlii doctorale am publicat următoarele articole care evidențiază interesul pentru tema de cercetare aleasă:

- [1] **DUMITRU, Iulia Mădălina**; BOȘCOIANU, Mircea. Human Factors contribution to aviation safety. International Scientific Committee, AFASES 2015,49 , ISSN 2247-3173
- [2] **DUMITRU, Mădălina**; STOICULETE, Adrian. Risk management in reducing the occurrence of aviation events. Scientific research&Education in the Air Force-AFASES, 2021-DOI 10.19062.2247-3173, 2021
- [3] **DUMITRU, Mădălina**; Mentenanța în aviație. Concepte și tendințe moderne, STEM EDU lab Journal 4(6)/2021 ISSN 2734-5211
- [4] **DUMITRU, Mădălina**. Risk management an example of enforcing it to provide flight safety and operational capabilities. Scientific research&Education in the Air Force-AFASES, 2022-DOI 10.19062.2247-3173
- [5] PĂCURARIU, Roxana-Lavinia; BACALI, Laura; SZILAGYI, Andrea; BÎRGOVAN, Andreea-Loredana; MOLDOVAN, Alina; DRUȚĂ, Roxana-Maria; **DUMITRU, Iulia Mădălina** „The circular consumer behavior through industry 4.0 technologies in a post-pandemic reality ”- în revista de Management și Inginerie economică intitulată „ Proceeding of the Review of Management and Economic Engineering 8th International Management Conference”, Editura Todesco Publishing House, 2022
http://conference.rmee.org/wp-content/uploads/2022/10/RMEE2022_Proceedings.pdf
- [6] **DUMITRU, Iulia Mădălina**; **ANDREI, Irina Carmen** „Structural Analysis of Crack Damaged Aircraft Part and Consequent Influences on Adaptive Maintenance Planning”- „20TH

International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics”, 2022 – în curs de publicare

- [7] **DUMITRU, Iulia Mădălina**; BUCUR, Florina; STEFAN, Amado „On the Analysis method for pressure tubes failure produced by environmental conditions”-„Proceedings of Fourth International Conference on Material and Structural Mechanics(MSM)”, May24-26, 2023- în curs de publicare

<https://msm2022.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings.pdf>

ANEXA1 Arhitectura tezei - Relațiile între capitole, obiective și contribuții

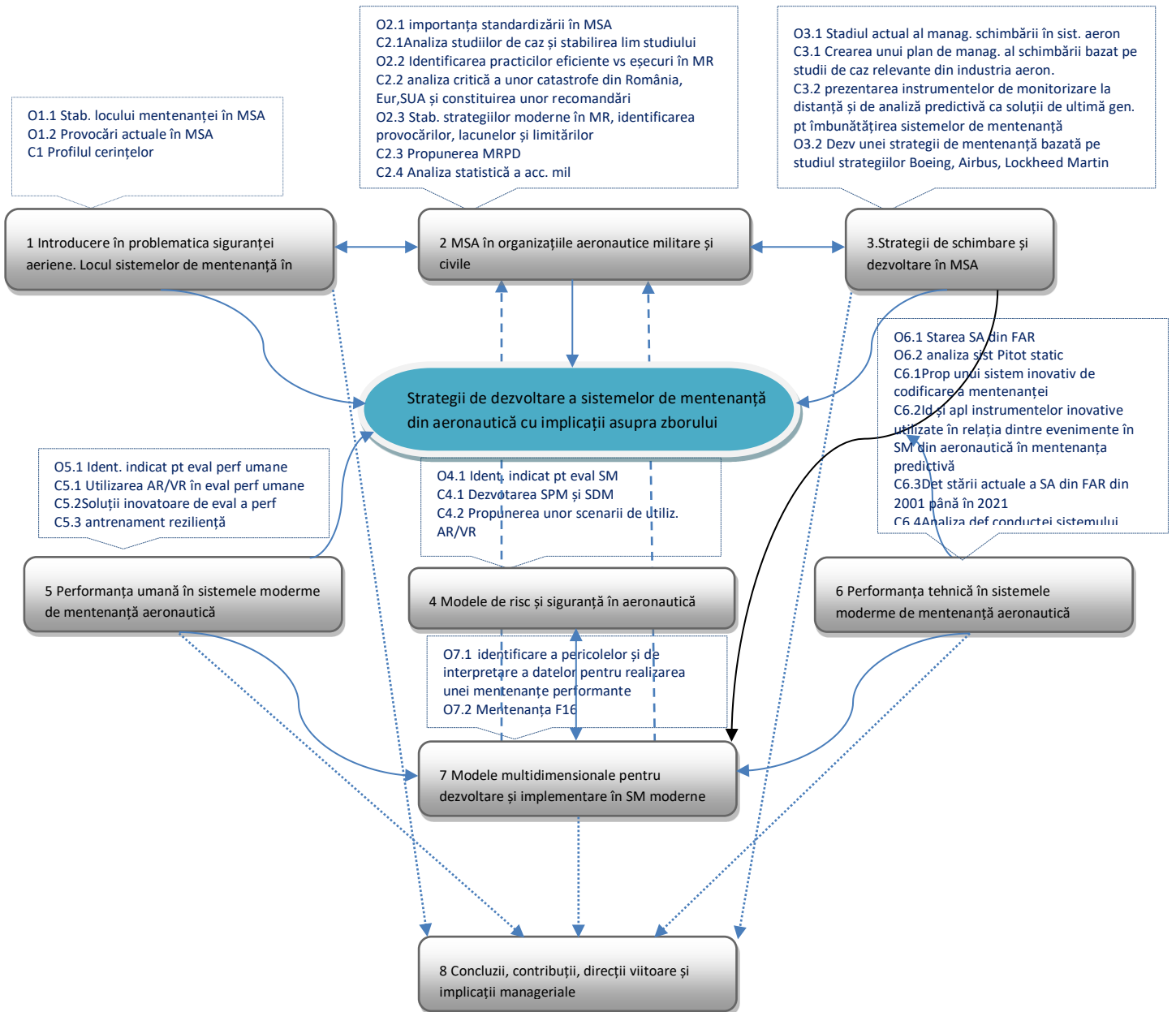


Figura A 1. 1 Arhitectura tezei – relații între capitole, obiective, contribuții

ANEXA 2 Implementarea unui nou plan de management al siguranței ca răspuns la cerințele de reglementare în schimbare și la riscurile emergente din industria aeronautică

Etape de implementare	Soluții propuse
1. <i>Stabilirea unei echipe dedicate de management al schimbării:</i>	<ul style="list-style-type: none">• identificarea unui sponsor de proiect care are autoritatea de a lua decizii și de a aloca resurse.• Stabilirea unei echipe de proiect cu reprezentanți din toate departamentele relevante și grupurile de părți interesate.• oferirea unui cadru de instruire și de sprijin echipei de proiect cu privire la principiile și tehnicile de management al schimbării.
2. <i>Elaborarea unui plan de comunicare:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Identificarea organizațiilor care vor fi afectate de schimbare și determinarea nevoilor lor de comunicare.• Elaborarea unui plan de comunicare care conturează mesajele cheie, canalele de comunicare și momentul comunicării.• Implicarea organizațiilor pe parcursul procesului de management al schimbării pentru a aborda orice preocupări sau rezistență la schimbare.
3. <i>Evaluarea riscurilor:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Identificarea și evaluarea riscurilor asociate cu implementarea noului sistem de management al siguranței și adoptarea de noi tehnologii și procese.• Dezvoltarea strategiilor de atenuare a riscurilor pentru a aborda riscurile identificate.
4. <i>Dezvoltarea și implementarea unui plan de instruire:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Dezvoltarea unui plan de instruire care să ofere tuturor organizațiilor cunoștințele și abilitățile necesare pentru a opera în noul sistem de management al siguranței și pentru a utiliza tehnologii și procese noi.• Instruirea tuturor organizațiilor în timp util și monitorizarea eficacității programului de formare.
5. <i>Stabilirea de metrici și măsuri:</i>	<ul style="list-style-type: none">• Dezvoltarea unor metrici și măsuri pentru a evalua succesul planului de management al schimbării.• Monitorizarea și evaluarea, în mod regulat, a eficacității noului sistem de management al siguranței și adoptarea de noi tehnologii și procese.• Utilizarea feedback-ului pentru a îmbunătăți continuu sistemul de management al siguranței.

Figura A 1. 2Plan de management al schimbării în organizațiile aeronautice

ANEXA 3 Caracteristici tehnice F16


Caracteristici tehnice F16	
Echipaj	1 pentru F-16A si 2 pentru F-16B
Lungime	49 ft 5 in (15.06 m)
Anvergura	32 ft 8 in (9.96 m)
Înălțime	16 ft (4.88 m)
Suprafața aripii	300 ft ² (27.87 m ²)
Greutate gol	18,900 lb (8,570 kg)
Greutate plin	26,500 lb (12,000 kg)
Greutatea maximă la decolare	42,300 lb (19,200 kg)
Cantitatea de combustil internă	7,000 pounds (3,200 kg)
Motorul	Pratt & Whitney F100-PW-220/220E
Viteza maxima	915 mph, 1,470 km/h
Suprasarcina maximă	9g
<p>▪ Stores configuration</p> 	
<p>Armament:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tun de 20mm ➤ Rachete: <ul style="list-style-type: none"> • Aer-aer: • Aer-sol : ➤ Bombe ➤ Razboi electronic 	

Figura A 1. 3 Caracteristici F16 Roaf