



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de INGINERIE TEHNOLOGICĂ ŞI MANAGEMENT INDUSTRIAL

Liviu GĂINĂ

MANAGEMENTUL RISCULUI ÎN MENTENANŢA SISTEMELOR DE RADIOLOCAŢIE

RISK MANAGEMENT IN THE MAINTENANCE OF RADIOLOCATION SYSTEMS

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător ştiinţific:

Prof.univ.dr.ing.dr.ec. Mircea BOŞCOIANU

BRAŞOV, 2022

D-lui (D-nei)

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. din.....

Prof.dr.ing. Gheorghe OANCEA	Președinte, Universitatea Transilvania din Brașov
Prof.dr.ing.dr.ec. Mircea BOȘCOIANU	Conducător științific, Universitatea Transilvania din Brașov
Prof.dr.ing. Ghiță BÂRSAN	Referent oficial, Academia Forțelor Terestre Nicolae Bălcescu Sibiu
Prof.dr.ing. Adrian PÎSLĂ	Referent oficial, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca
Prof.dr.ing. Ionel CIOCA	Referent oficial, Universitatea Lucian Blaga Sibiu

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat: 29.09.2022, 15:00; VP-01



CUPRINS

LISTA ABREVIERILOR.....	11
LISTA FIGURILOR	14
LISTA TABELELOR.....	16
REZUMAT	17
ABSTRACT	22
1. INTRODUCERE	27
1.1 Justificarea modului de abordare a temei în contextul actual.....	27
1.2 Delimitarea tematicii și domeniilor proiectului de cercetare	27
1.3 Importanța și actualitatea temei	28
1.4 Contextul științific actual	29
1.5 Justificarea alegerii titlului tezei și formularea obiectivelor propuse în raport cu stadiul actual și nevoia de cercetare	30
1.6 Metodologia cercetării și dezvoltarea arhitecturii tezei	32
2 ANALIZA MEDIULUI OPERAȚIONAL ȘI A STADIULUI ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE.....	33
2.1 Produsele chestionarului aplicat personalului de specialitate din mediul operațional	33
2.2 Analiza datele din surse deschise.....	34
2.3 Analiza stadiului actual al cercetării în literatura de specialitate	34
2.4 Evaluarea stadiului actual al cercetării	34
2.4.1 Faza de planificare	34
2.4.2 Întrebări de cercetare.....	34
2.4.3 Faza de exploatare a criteriilor de selecție.....	34
2.5 Rezultate și aplicații.....	34
2.6 Analize și discuții. Contribuții posibile	34
2.7 Concluzii parțiale	34
3 ARHITECTURA SISTEMELOR DE RADIOLOCAȚIE ȘI METODE/MODELE UTILIZATE ÎN MENTENANȚA ACESTORA	37
3.1 Obiective și descrierea paradigmei	37
3.2 Sub-sistemele din arhitecturile de supraveghere aeriană.....	37
3.3 Integrare sistem, instalare, evoluție, dezafectare.....	Error! Bookmark not defined.

3.4	Analiza relațiilor OPS (Organizații-Persoane-Sistem), a factorilor umani și a proceselor organizaționale tipice sistemelor de radiolocație	37
3.5	Metode și modele utilizate în mentenanța sistemelor de radiolocație moderne	37
3.5.1	Metode convenționale utilizate în analiza mentenanței echipamentelor industriale	37
3.5.2	Metode de executare a lucrărilor de mentenanță.....	37
3.6	Metode inovative de mentenanță a sistemelor moderne de radiolocație.....	38
3.7	Mentanța în contextul schimbării tehnologice Industry 4.0.....	38
3.7.1	Obiectivele și descrierea paradigmei Industry 4.0.....	38
3.7.2	Evoluția managementului mentenanței.....	39
3.7.3	Identificarea și evidențierea necesității de a cerceta subiectului	39
3.7.4	Evoluția arhitecturii sistemelor de supraveghere aeriană	40
3.7.5	Contribuții la mentenanța sistemelor industriale, revoluțiile industriale și apariția Industry 4.0.....	40
3.7.6	Implementarea și efectele Industry 4.0 asupra logisticii și mentenanței radarelor moderne	41
3.7.7	Vulnerabilitatea sistemelor de radiolocație și securitatea acestora în fața schimbărilor tehnologice Industry 4.0	41
3.7.8	Discuții și direcții viitoare	41
3.8	Metode de identificare a nevoii de intervenție (vibrații, termoviziune – FLIR, BITE (Built-in Test Equipment)	42
3.9	Contribuții personale.....	42
3.10	Concluzii parțiale.....	43
4	ANALIZA RISCULUI SI PROCESUL DE MANAGEMENT AL RISCULUI ÎN SISTEMELE DE RADIOLOCAȚIE.....	45
4.1	Prezentare generală a problematicii managementului riscului	45
4.2	Definirea conceptelor fundamentale	45
4.2.1	Tipul de scenariu de amenințare, evenimente periculoase	45
4.2.2	Riscul, o componentă esențială în orice proces.....	46
4.2.3	Clasificarea riscurilor specifice.....	46
4.2.4	Managementul și analiza riscurilor.....	46
4.2.5	Schema de management al riscurilor (abordarea în 5 etape).....	46
4.3	Procesul de analiză și management al riscurilor	47
4.4	Riscurile de accidentare specifice sistemelor de radiolocație sunt:	49
4.5	Concluzii parțiale.....	51

5	Managementul performanței sistemelor socio-tehnice complexe (SSTC) Aplicații în cazul sistemelor de radiolocație	53
5.1	Obiectivele și descrierea problemei	53
5.2	Viziunea tezei din perspectiva paradigmei sistemelor socio-tehnice complexe	53
5.3	Tipologia și caracteristicile SSTC.....	54
5.4	Analiza proprietăților emergente specifice domeniului de interes	54
5.5	Elemente de ingineria fiabilității în SSTC cu aplicabilitate în mentenanța sistemelor de radiolocație.....	54
5.5.1	Ingineria fiabilității și impactul asupra managementului performanței SSTC....	54
5.5.2	Aspecte critice de fiabilitate și proprietăți de interdicție.....	55
5.5.3	Procesul ingineriei SSTC în sistemele de radiolocație.....	55
5.5.4	Abordări inter și multi disciplinare specifice aplicațiilor din mentenanța sistemelor de radiolocație	55
5.6	Probleme de performanță umană în mentenanța sistemelor de radiolocație.....	55
5.6.1	Erori de comisiune versus erori de omisiune	55
5.6.2	Incidența erorilor de omisiune.	56
5.7	Contribuții personale	56
5.8	Concluzii parțiale	56
6	Metode holistice aplicabile și implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de radiolocație	59
6.1	Metode holistice aplicabile în managementul riscului	59
	Matricea BCG cu aplicabilitate în mentenanța sistemelor de radiolocație.....	59
6.2	AHP ca metodă de ierarhizarea criteriilor de eficientizare.....	60
6.3	Analiza multicriterială utilizată în selectarea platformei de învățare/instruire la distanță în contextul pandemiei CoViD- 19	60
6.3.1	Mediul și Factori implicați în învățarea la distanță.....	61
6.3.2	Studiu de caz – selecția platformei de învățământ/instruire la distanță utilizând analiza multicriterială	62
6.3.3	Dezvoltarea, implementarea și mentenanța platformelor de învățare la distanță	64
6.3.4	Concluzii studiu de caz și discuții	67
6.4	Analiza impactului mediilor turbulente si de criza asupra operării și mentenanței sistemelor de radiolocație	67
6.5	Implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană	68

6.5.1	Provocări ale digitalizării la nivelul UE – implicații pentru factorul uman	68
6.5.2	Rolul capitalul uman din perspectiva digitalizării.....	70
6.5.3	Soluții de integrare a tehnologiei digitale în mentenanța sistemelor specializate 71	
6.5.4	Implementarea digitalizării în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană 72	
6.5.5	Identificarea obstacolelor în implementarea IA.....	72
6.5.6	Analiză SWOT asupra relației socio-tehnice privind digitalizarea în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană.....	73
6.5.7	Concluzii parțiale.....	74
7	Studii de caz cu impact în managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație	77
7.1	SC1 – Situația defectării rulmentului de rotire la un radar de descoperire distanțe mari	78
7.1.1	Descrierea situației.....	78
7.1.2	Anchetarea defectiunii	78
7.1.3	Rezultatele măsurărilor	79
7.1.4	Soluția propusă	79
7.1.5	Concluzii și contribuție/propunere personală.....	79
7.2	SC2: Antena smulsă de pe platformă electronică.....	79
7.2.1	Descrierea situației.....	79
7.2.2	Anchetarea defectiunii	80
7.2.3	Rezultatele anchetei	80
7.2.4	Soluția propusă	80
7.2.5	Concluzii contribuție/propunere personală.....	81
7.3	SC3: Radare meteorologice, provocări în condiții extreme.....	81
7.3.1	Rețelele radar ale serviciilor meteorologice europene.....	81
7.3.2	Principalele constatări ale sondajului	81
7.3.3	Mentenanța și monitorizarea echipamentelor radar.....	81
7.3.4	Este nevoie de mai mult decât de un radar pentru a produce date radar.....	82
7.3.5	Radar norvegian lovit de fulger	82
7.3.6	Discuții și concluzii parțiale.....	82
7.4	Aplicație de monitorizare a vibrațiilor pe Stand experimental 2D – integrarea metodei predictive la nivelul elementelor de rotire pentru managementul optim al riscurilor inerente	82

7.5	Aplicație de monitorizare a efectelor manevrelor de zbor asupra echipamentelor de radiolocație dispuse pe vectori aerieni 3D.....	82
7.6	Propuneri privind utilizarea tehnologiei inovative – ochelari AR- în mentenanța la distanță a sistemelor de radiolocație.....	92
7.7	Analiza utilizării flexibilității ca instrument de creștere a capabilității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație.....	92
7.7.1	Obiectivul analizei.....	93
7.7.2	Ipotezele de lucru.....	93
7.7.3	Metodologia și instrumentele folosite.....	94
7.8	Soluții de bune practici în realizarea mentenanței: utilizarea BodyCam, baze de date în cloud guvernamental cu achiziții video a operațiunilor de mentenanță categorisite pe echipamente componente și sisteme de Radiolocație.....	103
7.8.1	Proiectul IMRMSRdlc. (Îmbunătățirea Managementului Riscului în Mentenanța Sistemelor de Radiolocație).....	104
7.9	Provocări și direcții viitoare: Pariu cu viitorul - Inteligența Artificială în managementul riscului în mentenanța sistemele de radiolocație.....	108
7.10	Concluzii parțiale.....	108
8	CONCLUZII, CONTRIBUȚII, DIRECȚII VIITOARE, IMPLICAȚII MANAGERIALE.....	109
8.1	Concluzii.....	109
8.2	Contribuții.....	111
8.3	Metodologia cercetării și dezvoltarea arhitecturii tezei.....	113
8.3.1	Implicații manageriale și contribuții.....	Error! Bookmark not defined.
8.3.2	Implicarea multidisciplinară în proiecte.....	114
8.3.3	Contribuții personale în proiectele implicate.....	116
8.4	CARACTERUL DE ORIGINALITATE.....	116
8.5	DIRECȚII viitoare de cercetare (pe limita cercetării).....	116
8.6	DISEMINAREA REZULTATELOR.....	117
	REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....	119
	ANEXE.....	131
	Anexa 1: Arhitectura tezei: Relațiile între obiective și contribuții.....	131
	Anexa 2: Chestionarul asupra situației reale în teritoriu privind managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație.....	Error! Bookmark not defined.
	Anexa 3: Anunțuri de licitație publică privind realizarea unei operațiuni de mentenanță a unui echipament de radiolocație.....	Error! Bookmark not defined.

Anexa 4: Exemplu de cerințe privind mentenanța predictivă pentru un sistem radar identificată la nivelul Ministerului Apărării din Statele Unite ale Americii **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 5: Exemplu de capabilități ale unui sistem informatic logistic **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 6: Baza de date Excel cu sisteme de radiolocație dezvoltate și date în exploatare la nivel mondial **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 7: Caracteristici ale unui sistem radar cu rază lungă de acțiune **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 8: Stand experimental pentru măsurarea vibrațiilor 132

Anexa 9: Capturi ecran Software IFM VES004 v2.30.08 pe timpul executării măsurării vibrațiilor pe standul experimental 134

Anexa 10: Achiziția și interpretarea datelor în cadrul Vectorului aerian 3D Planor IS28B2
141

Anexa 11: Radare meteo WMO – stare de operativitate **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 12: Curriculum Vitae **Error! Bookmark not defined.**

Anexa 13: Declarația de autenticitate **Error! Bookmark not defined.**

LISTA ABREVIERILOR

AR	(Augmented Reality) -Realitate Augmentată
ATM	(Air Traffic Management) – Managementul Traficului Aerian
BBN	(Bayesian Belief Network) – Rețea Bayesiană de Convingeri
BITE	(Built-in Test Equipment) – Echipament de Testare Incorporat
CAST	Analiză cauzală folosind STAMP
CBR	Raționament bazat pe cazuri
CFA	(Contributory Factor Analysis) – Analiza Factorilor Contributivi
CI	(Competitive Intelligence) - Informații concurențiale
CIMO	(Context, Intervention, Mechanisms and Outcome) Context, Intervenție, Mecanisme și Rezultat
COTS	(Commercial Off-The-Shelf) – Disponibil în comerț/de serie
CREAM	(Cognitive Reliability and Error Analysis) - Fiabilitatea cognitivă și analiza erorilor
CT	(Cognitive Tools) – Instrumente de Cunoaștere
CVPC	(Body Worn Video Camera) - Cameră Video Purtată pe Corp
EIF	(Error Influencing Factors) – Factori care influențează eroarea
ETA	(Event Tree Analysis) – Analiza Arborelui Evenimentelor
FAA	(Federal Aviation Administration) – Administrația Federală a Aviației
FAHP	(Fuzzy Analytic Hierarchical Procces) – Proces de analiză ierarhică Fuzzy
FLIR	Forward Looking Infra Red
FMEA	Analiza Modurilor de defectare și a efectelor
FMECA	(Failure Mode, Effects & Criticality Analysis) Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității - AMDEC
FRAM	Metodă de analiză a rezonanței funcționale
FTA	(Fault Tree Analysis) – Analiza Arborelui de Defecțiuni
HAZOP	(Hazard and Operability Analysis) - Analiza pericolelor și operabilității
HEP	(Human Error Probability) – Probabilitatea eroarii umane
HCR	(Human Cognitive Reliability) - Fiabilitatea cognitivă umană
HEART	Evaluarea erorilor umane și tehnica de reducere
HFACS	(Human Factors Analysis and Classification System) - Analiza factorilor umani și a Sistemelor de clasificare
HRA	(Human Reliability Analysis) – Analiza Fiabilității Umane
IA	Inteligența Artificială
INDICATE	(Identifying Needed Defences In the Civil Aviation Transport Environment) - Identificarea apărărilor necesare în mediul de transport al aviației civile
IoT	(Internet of Things) – Internetul Lucrurilor
KBS	(Knowledge Based System) - Sistem bazat pe cunoștințe
LDA	(Latent Dirichlet Allocation) – Alocarea Latentă a lui Dirichlet
MA	Machine Aiding

MBF	Mentenanță Bazată pe Fiabilitate
MCD A	(Multiple Criteria Decision Analysis) - Analiza deciziei cu criterii multiple
MCD M	(Multiple Criteria Decision Making) - Luarea Deciziilor pe Criterii Multiple
MCH	Metoda Monte Carlo Hibridă
MCI	(Military Critical Items) - Produse Militare Critice
MEDA	(Maintenance Error Decision Aid) - Ajutor de decizie privind erorile de mentenanță
MP	Machine Proposal
MTTR	(Mean Time to Recovery) - timpul mediu de recuperare sau timpul mediu de restaurare
NLP	(Neuro Linguistic Programming) – Programare Neuro Lingvistică
OMM	Organizația Mondială de Meteorologie
PEM	(Psychological Error Mechanism) - Mecanismul erorilor psihologice
PI	(Prioritization Index) – Indicele de prioritzare
PCA	(Principal Component Analysis) - Analiza Componentelor Principale
PRA	(Probability of Risk Assessment) – Probabilitatea Evaluării Riscului
QRA	(Quantitative Risk Analyses) - Analize cantitative de risc
RIF	(Risk Influencing Factor) – Factorul de influență a Riscului
ROG	(Real Option Game) – Jocuri de Opțiuni Reale
SAM	(System-Action-Management) – Managementul Acțiunilor Sistemului
SAPOE	(Seafarers Assessed Proportion of Effect) - Proporția de efect evaluată a navigatorilor
SADT	(Structured analysis and design technique) - Analiză structurată și tehnică de proiectare
SCM	(Swiss Cheese Model) - Modelul elvețian al brânzei
SEAP	Sistem Electronic de Achiziții Publice
SHELL	Software, Hardware, Mediu, Liveware
SIC	(Safety Information Cognition) – Cunoașterea Informațiilor de Siguranță
SICAM	SIC - based Accident - causing Model
SICHFA	SIC - based Human Factor Analysis
SIF	(Safety Information Flow) - Fluxul de informații de siguranță
SLIM	(Success Likelihood Index) - Metodologia indicelui de probabilitate de succes
SLR	(Sistematic Literature Review) - Analiza Sistematică a Literaturii
SMM	Safety Management Manual
SMS	(Safety Management System) – Sistem de Management al Siguranței
SRM	(Safety Risk Management) – Managementul Riscurilor de Siguranță
STAMP	Accident teoretic de sisteme Model și proces
THERP	Tehnică pentru rata de eroare umană predicție
TIC	Tehnologia Informațiilor și Comunicațiilor
VR	(Virtual Reality) – Realitate Virtuală
VUCA	Volatilitate, Incertitudine, Complexitate, Ambiguitate

LISTA FIGURILOR

Figura 1.1: Delimitarea temei de cercetare în domeniul aviație.....	27
Figura 1.2: Convergența domeniilor interdisciplinare actuale.....	28
Figura 1.3: Convergența ideilor și itemilor către tema de cercetare aleasă.....	30
Figura 1.4: Schema elementară a obiectivelor propuse.....	31
Figura 2.1: Distribuția respondenților pe categorii de personal	33
Figura 2.2: Mentenanța sistemelor de radiolocație în perioada garanției.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 2.3: Etapele protocolului de cercetare.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 2.4: Criteriile de includere, respectiv de excludere.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 2.5: Criterii de includere pentru toate căutările de șiruri de cuvinte cheie.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 2.6: Densitatea cuvintelor cheie VOSviewer.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 2.7: Evoluția metodelor reactive, pro-active, interactive și predictive din studiile selectate	Error! Bookmark not defined.
Figura 2.8: Managementul riscului - domeniile de studiu ale factorului uman.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 3.1: Sistem de radiolocație cu distanță mare de descoperire, TPS-79.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 3.2: Arhitectura rețelei sistemelor de radiolocație.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 3.3: Vulnerabilitatea sistemului prin prisma defecțiunilor.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 3.4: Activități asociate proceselor de mentenanță.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 3.5: Tipuri de sisteme de mentenanță	Error! Bookmark not defined.
Figura 3.6: Elemente care contribuie la disponibilitatea și siguranța în funcționare.....	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 3.7: Diagrama simplificată Monte Carlo	Error! Bookmark not defined.
Figura 3.8: Tendința de interes privind evoluția managementului mentenanței.....	39
Figura 3.9: Legături între elementele de interes.....	40
Figura 3.10: Evoluția capacităților de calcul	Error! Bookmark not defined.
Figura 3.11: Imagine a unui circuit electronic captată cu tehnologia FLIR	42
Figura 3.12: Un sistem UAS, model MQ-1C Gray Eagle echipat cu senzor FLIR, de generația a 3-a.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.1: Schema etapelor procesului de management al riscurilor.....	47
Figura 5.1: Frecvența de reapariție a incidentelor de mentenanță a aeronavelor (n = 86).....	Error! Bookmark not defined.
Figura 5.2: Analiză Boeing: Primele șapte cauze ale opririi motoarelor în zbor	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 5.3: Incidența erorilor de omisiune	56

Figura 6.1: Cele 4 elemente ale matricei BCG.....	59
Figura 6.2: Etapele procesului decizional strategic.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 6.3: Indicele economiei și societății digitale 2021	69
Figura 6.4: Întreprinderile care angajează specialiști TIC (% din întreprinderi), 2014-2020 ...	70
Figura 6.5: Evoluția procentuală a absolvenților de studii TIC	71
Figura 6.6: Indicele economiei și societății digitale (DESI) 2021, Integrarea tehnologiei digitale.	71
Figura 6.7: Obstacole identificate în implementarea IA; sursă: sondaj Ipsos	73
Figura 6.8: Stadiul implementării IA la nivelul firmelor din EU27	73
Figura 7.1: Zona tehnică a sistemului de rotire inspectată vizual de tehnician.....	78
Figura 7.2: Radarul Andøya cu radomul spart din cauza loviturilor de fulger Error! Bookmark not defined.	
Figura 7.3: Radarul Andøya cu noile sale dispozitive de protecție împotriva trăsnetului. Error! Bookmark not defined.	
Figura 7.4 Planorul IS28B2, YR-3600	83
Figura 7.5 Schema de achiziție a datelor în condiții 3D.....	83
Figura 7.6 Modulului GY-521 cu senzor giroscopic si accelerometru 3 axe cu chip MPU-6050, ADXL345 (a) kit montaj, (b) schema de conexiuni	84
Figura 7.7 Modul GPS NEO-6M	84
Figura 7.8 Adaptor card memorie SD (a) kit montaj, (b) schemă conexiuni	85
- Figura 7.9 Decolarea planorului la automosor	86
Figura 7.10: Diagrama de analiză asupra echipamentului pentru stabilirea graficului de mentenanță.....	86
Figura 7.11 Traiectul aeronavei pentru testarea senzorilor in condiții 3D.....	87
Figura 7.12: Variația valorii fluxurilor anuale exprimată în raport cu diferiți indici ai actualizării	96
Figura 7.13 Conul incertitudinii si vizualizarea efectului volatilității	97
Figura 7.14: Fereastră de dialog din softul DerivaGem pentru introducerea datelor de intrare	98
Figura 7.15: Arborele binomial pentru opțiunea de expansiune.....	98
Figura 7.16: Linii de izovolatilitate pentru opțiunea de expansiune exprimată în funcție de diverse valori ale ratelor fără risc	100
Figura 7.17 CVPC Motorola din dotarea MAI	103

LISTA TABELELOR

Tabel 2.1 Grupuri de reviste din articolele selectate	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2: Metode și instrumente	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3: Subiecte comune/intersectări în problematica dezbătută în lucrările de specialitate	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.4: Tabel cu metode și tehnici și domeniile de aplicare ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1: Atributele complementare ale proceselor de analiză și	48
Tabel 4.2: Variantă de management al riscurilor la un sistem de radiolocație	50
Tabel 6.1 Factorii implicați identificați și Soluții propuse	61
Tabel 6.2: Criterii analizate	64
Tabel 6.3 Matricea scorului, nivelul de ordonare și coeficienții de ponderare	65
Tabel 6.4(a) Note platformele (b)Punctajele inițiale	66
Tabel 6.5 (a) Note platformele (b) Punctajele finale (atunci când costurile nu sunt luate în considerare	67
Tabel 6.6: Situația României în privința digitalizării	69
Tabel 6.7 Analiza SWOT a relației socio-tehnice privind digitalizarea proceselor de mentenanță	74
Tabel 7.1: Centralizator răspunsuri la chestionar	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7.2 Corespondența între gradul de complexitate al operațiunii și nivelul de calificare al personalului destinat mentenanței.....	105

REZUMAT

Teza de doctorat, **Managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație**, a constituit o provocare în a identifica, interpreta și asocia riscurile inerente și de a căuta soluții viabile pentru diminuarea și limitarea cauzelor de producere precum și a efectelor acestora, reprezentate de vătămări corporale, pierderi de vieți omenești și/sau pierderi materiale. Scopul esențial al sistemelor de radiolocație îl reprezintă supravegherea permanentă, 24/7, a spațiului aerian din zona de responsabilitate. Aceste zone de responsabilitate se suprapun astfel că se poate analiza această arhitectură complexă ca un sistem de sisteme. Disponibilitatea operativă reprezintă principalul deziderat, iar lipsa acestuia provoacă breșe în zona de responsabilitate, care se identifică ca vulnerabilitate a sistemului de supraveghere aeriană. Așadar, odată identificate aceste posibile curențe, s-a analizat și s-a tratat în paginile tezei, aspecte care acoperă întreg palierul de situații, de la nivelul de bază reprezentat de sistemul de radiolocație, până la nivelul superior reprezentat de factorul decident responsabil de arhitectura sistemului de sisteme, de proiectarea, achiziția, implementarea, exploatarea și dezafectarea sistemelor. Contribuțiile personale s-au transpus în propuneri de îmbunătățire a gestionării riscurilor astfel încât mediul de lucru să devină mai sigur, componenta de stres să scadă, cu obiectiv final menținerea cu resurse minime a stării de operativitate a sistemelor de radiolocație avute în exploatare.

Tema abordată a pornit de la importanța și actualitate domeniului respectiv a interesului decidenților din domeniul de specialitate pentru rezolvarea unor probleme practice specifice schimbării tehnologice și formularea deciziilor manageriale strategice și tactice asociate. Acest set de cercetări a fost tratat în domeniul supus atenției prin parcurgerea etapelor din arhitectura tezei, eficiența utilizării a metodelor și metodologiei de cercetare armonizate în raport cu obiectivele cercetării. Având în vedere numărul relativ redus de referințe bibliografice și date disponibile, focalizarea de asemenea pe elemente de originalitate și caracter inovativ în tratarea problemelor de mentenanță și a aspectelor de înțelegere aprofundată a riscurilor multiple (tehnologic, de schimbare, de implementare de management de proiect, riscuri de ordin macroeconomic etc) la nivelul sistemelor de radiolocație moderne.

În primul capitol, constituit ca **introducere** a tezei, s-a justificat modul de abordare a temei în contextul actual, a realizat delimitarea tematicii și a domeniilor proiectului de cercetare, a expus importanța și actualitatea temei și a prezentat contextul științific actual, obiectivele acestui prim capitol fiind identificarea în teritoriu a nevoii tratării adecvate a riscurilor potențiale utilizând chestionare și analizând cerințe instituționale ale diverselor ministere/departamente de apărare ale unor țări membre NATO), precum și stabilirea metodologiei cercetării și proiectarea arhitecturii tezei, în raport cu situația actuală concretă din România. Obiectivele propuse au fost realizate integral, fiind materializate prin concepția studiilor de caz, centralizarea răspunsurilor, analizarea și interpretarea lor precum și prin constituirea unor scheme concise și elocvente, bazate pe unele metode inovative din literatura regentă a managementului strategic și managementului de proiect (utilizarea paradigmei opțiunilor reale a reprezentat un demers îndrăzneț, care poate conferii decidenților un instrument cu impact major în flexibilizarea proiectelor specifice și adaptarea dinamică la evoluția mediului extern mai ales în condiții de incertitudine și volatilitate ridicată.

În al doilea capitol intitulat **Analiza mediului operațional și a stadiului actual al cercetării în literatura de specialitate** obiectivul a fost înțelegerea profundă a stadiului actual al cunoașterii în domeniu, a gap-urilor și suprapunerilor din contribuțiile unor autori relevanți. Folosind metoda chestionarului aplicată unui eșantion relevant de specialiști din domeniu s-au identificat problemele tehnico manageriale din teritoriu și a rezultat o primă clasificare a problemelor și riscurilor în funcție de percepția respondenților. În acest capitol s-au evidențiat elemente privind managementul mentenanței sistemelor din domeniul radiolocație identificate în sursele deschise. Utilizând instrumentele Web of Science și Scopus au fost realizată filtrarea și selectarea documentelor relevante pentru domeniul de interes, categorisite pe autori, tehnici și metode, domenii de aplicabilitate. Obiectivul principal a fost reprezentat de parcurgerea și clasificarea metodelor și tehnicilor folosite în managementul riscului în mentenanța de radiolocație, un demers realizat cu succes și justificat pe baza identificării itemilor de interes și a corelațiilor relevante dintre temele comune tratate de autorii dedicați domeniului.

Arhitectura unui sistem de supraveghere aeriană și metode/modele utilizate în mentenanța sistemelor de radiolocație, constituie titlul celui de-al treilea capitol. Obiectivul se referă la evidențierea evoluției relațiilor om-mașină (de la proiectarea cerințelor sistemului, alegerea, achiziția, instruirea, operarea, mentenanța și scoaterea din circuit cu respectarea normativelor de mediu și valorificarea sa) și a modului de adaptare a factorului uman ca element cheie în managementul riscului în mentenanță. Evidențierea rolului resursei umane în arhitectura sistemelor de radiolocație a fost realizată în contextul schimbării tehnologice și a mediului extern turbulent și puternic impactat de crizele multiple de după 2020. Tot în acest capitol doctorandul prezintă instrumente, metode/modele utilizate în mentenanța sistemelor de radiolocație, convenționale și inovative. Interesul în cadrul acestui capitol este reprezentat de filtrarea și înțelegerea aprofundată a metodelor capabile să identifice nevoia de intervenție și să realizeze predicția de disponibilitate a unui element (antena, rotor ECU) aflat în continuă mișcare prin monitorizarea vibrațiilor, termoviziune – FLIR ori BiTE (Built-in Test Equipment). S-au identificat pentru acest domeniu metode, instrumente și componente IT cu capacități de măsurare, analiză, interpretare și predicție, precum și teme de cercetare cu impact în minimizarea perioadei de indisponibilitate operativă și implicit de reducere a riscurilor cauzatoare de daune personalului și echipamentelor de radiolocație. Totodată s-a propus un concept inovativ de implementare în 13 pași care integrează metodele prezentate având drept obiectiv realizarea unui management optim al mentenanței și al riscurilor inerente.

În capitolul patru intitulat **Analiza riscului și procesul de management al riscului în sistemele de radiolocație**, se evidențiază aspecte specifice unor elemente conceptuale - riscul, tipurile de scenarii, modalitatea de clasificare a riscurilor specifice, managementul și analiza riscurilor. Unul din obiectivele acestui capitol este de a contura elementele specifice ale temei de cercetare și este materializat prin procesul de analiză și gestiune activă a riscului în domeniul suspus atenției. Obiectivul a fost îndeplinit, prin evidențierea unor clasificări privind evenimentele de risc specific domeniului radiolocație în condițiile schimbărilor tehnologice disruptive. S-au evidențiat factorii cauzali preponderenți și s-a propus o direcție de cercetare focalizată pe minimizarea riscurilor aferente și a incidentelor potențiale. De asemenea au fost prezentate riscurile specifice sistemelor de

radiolocație în contextul schimbării tehnologice într-un mediu turbulent. S-a prezentat o variantă de fișă a riscurilor cu evidențierea nivelului de risc prin legenda culorilor .

În cel de-al cincilea capitol intitulat **Managementul performanței sistemelor socio-tehnice complexe (SSTC). Comportamentul factorul uman în cadrul sistemelor de radiolocație**, obiectivul principal propus se referă la integrarea ingineriei fiabilității în mentenanța sistemelor de radiolocație și definirea particularităților specifice demersului de cercetare. Un al doilea obiectiv se referă la identificarea ecartului dintre reglementări și realitatea din teritoriu, în contextul schimbării tehnologice și al particularităților legate de factorul uman. Din cercetările realizate au fost formulate concluzii privind limitele reglementării elementelor de management al riscului legate de armonizarea incompletă cu practica în domeniu. Erorile umane (erori de comitere și erori de omisiune), au fost completate și prin erorile la nivelul sistemului decizional care deși dispune de instrumente tot mai sofisticate nu reușește întotdeauna să surprindă soluțiile de adaptare prin flexibilitate.

Capitolul șase intitulată **Metode holistice aplicabile și implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de radiolocație** prezintă câteva metode de interes cu aplicabilitate în domeniul cercetării. Matricea BCG oferă beneficiarului un cadru de evaluare a succesului fiecărui produs pentru a-l ajuta să determine în care ar trebui să investească mai mult și de unde să se retragă. Din cercetarea efectuată a rezultat că AHP oferă un cadru rațional pentru o decizie necesară, prin cuantificarea criteriilor și a opțiunilor alternative și pentru raportarea acestor elemente la obiectivul general. Aplicația ce a utilizat analiza multicriterială cu scopul selectării platformei de învățare/instruire în contextul crizei pandemice, constituie un ghid elocvent și va sprijinii demersul celor interesați în luarea unor decizii în domeniul lor de activitate. În secțiunea dedicată analizei impactului mediilor turbulente și de criză asupra operării și mentenanței sistemelor de radiolocație evidențiază necesitatea unui management de calitate, care prin deciziile luate reușește să mențină viabil sistemul pe care-l conduc. În capitol se identifică și implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în domeniul de interes, reprezentate de dificultățile în recrutarea personalului cu pregătire adecvată și de greutatea cu care factorul uman răspunde expansiunii tehnologice.

Capitolul șapte intitulat **Studii de caz, aplicații practice și jocuri de opțiuni reale cu impact în managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație**, se constituie ca un element definitoriu al tezei, în care se realizează o serie de studii cu impact asupra domeniului cercetat. Un obiectiv esențial al tezei, tratat în acest capitol, este orientat pe studiile de caz privind identificarea evenimentelor produse, a cauzelor și factorilor ce au determinat producerea lor și a măsurilor de intervenție necesare (cedarea rulmentului de rotire, ruperea piedestalului sub influența vântului puternic sau în rafale, radom distrus de fulger).

Două aplicații practice au fost realizate privind monitorizarea vibrațiilor ca metodă predictivă pentru managementul optimizat al riscurilor inerente (un studiu 2D în condiții de laborator pe bancul experimental având ca suport radarului didactic SkyRadar, a completului produs de IFM Germania format din senzor de accelerație VSA004, unitate de achiziție și prelucrare date VSE002, lampă de semnalizare, precum și o unitate laptop unde a fost instalat softul de interpretare a datelor și stabilirea limitelor de avarie și defecțiune majoră; al doilea studiu 3D în condiții reale de zbor ce utilizează pentru monitorizare vibrațiilor un montaj Arduino UNO, alimentat de la o sursă de alimentare de 12V, ce are atașați o serie de senzori: GPS cu antenă, senzor 6DOF, barometru, RTC

Real Time Clock) și un logger (înregistrator) dotat cu o memorie (SD card). În capitol se regăsește o propunere de utilizarea AR în mentenanța la distanță.

Rezultatele din analiza utilizării flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație, sunt spectaculoase. Ele evidențiază faptul că decidenții actuali pot fructifica proceduri analitice mai avansate pentru a lua decizii strategice de investiții în arhitecturile de sisteme de radiolocație. Prin integrarea paradigmei opțiunilor reale se evidențiază un mod inedit de evaluare și înțelegere a modului de formulare a deciziei strategice. Aplicarea metodei opțiunilor reale a evidențiat soluții strategice de creștere a valorii unui proiect gestionând în același timp riscurile; în cadrul studiului au fost considerate opțiunile de expansiune și respectiv cele de abandon.

Modelarea riscului factorului uman pentru anticiparea și predicție evoluției factorilor de risc implicați în mentenanța de radiolocație este propusă a se realiza prin integrarea BodyCam ori ochelari de realitate augmentată (AR) în procesul de executare a lucrărilor de mentenanță. Astfel se poate realiza instructajul asistat al personalului mai slab calificat, precum și înregistrarea activității de executare a mentenanței pentru constituirea într-o bază de date (BigData) ce poate fi încărcată într-un cloud guvernamental de unde într-o primă fază poate fii auditată tehnic de către echipe de specialiști iar pe viitor poate constitui elemente de analiză pentru un model de Inteligență Artificială (AI). Această ultimă soluție propusă este la acest moment ideatică și reprezintă **un pariu cu viitorul**. La acest moment IA este în măsură a se raporta doar la baze de date tip text și incipient voce. Evoluția ei însă este spectaculoasă. Se estimează că într-un viitor nu foarte îndepărtat, în baza unei analogii cu modelul prelevării de celule STEM, înregistrările video a operațiunilor de radiolocație să reprezinte baza de date, colectată deja, necesară dezvoltării unui motor de Inteligență Artificială dedicată mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit managementului riscurilor acestora. Constituirea unui registru digital în care fiecare element implicat în mentenanță este categorisit pentru realizarea analizei fiabilității umane. Prin urmărirea executării operațiunilor de mentenanță și prin evaluări periodice a nivelului de pregătire, se clasifică categoriile de personal pe grad de pregătire (de expertiză/competență, evaluată prin teste de diferite complexități asemeni STANAG 6001 lingvistic), echipamentele pe grade de complexitate și a riscurilor pe probabilitate de apariție și de impactul potențial. Toate aceste conduc către creșterea responsabilități personalului implicat în executarea mentenanței de radiolocație prin scăderea erorilor de comitere și de omisiune.

În capitolul de **concluzii** se evidențiază contribuțiile aduse prin tema de cercetare focalizată pe dezvoltarea și integrarea de modele de management al riscului adaptate mentenanței de radiolocație, contribuțiile personale și participările din cadrul proiectelor doctorandul s-a implicat precum și direcțiile viitoare de cercetare rezultate din limitele cercetărilor efectuate.

Din punct de vedere a contribuțiilor aplicative se remarcă soluțiile de gestiune a problemelor specifice din mentenanță și modul de analiză a vibrațiilor la nivelul platformei electronice a radarului, a rulmentului de rotire și a echipamentelor de radiolocație montate la bordul vectorilor aerieni. Rezultatele obținute în urma realizării măsurătorilor pe bancul experimental de probe, respectiv al simulărilor realizate sunt scalabile și pot fi implementate pornind de la un program pilot urmând în a

doua fază un proces de integrare la nivelul tuturor sistemelor de radiolocație la nivel național și al alianței NATO.

De asemenea, s-a propus un mod inedit de utilizare a instrumentelor hardware și software ce concură la AR, atât pentru instruirea personalului, îmbogățirea experienței, creșterea încrederii în sine și în performanțele tehnicii cu efecte majore în managementul riscului. Mărirea bazei de date cu înregistrări ale operațiunilor de mentenanță și utilizarea flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație sprijină crearea tabloului complet, cât mai real și mai ales actual al fenomenelor ce constituie elemente declanșatoare a defecțiunilor și accidentelor, în baza cărora decidenții pot impune reglementare specifică și măsuri de urmat pentru optimizarea proceselor și diminuarea riscurilor. Modul de prezentare al informațiilor este succint, colocvial și deopotrivă permisiv și elevat, reușind în egală măsură să clarifice concepte din domeniile Inginerie și Management cu aplicații în domeniul supus atenției.

ABSTRACT

The PhD thesis, **Risk Management in the Maintenance of Radiolocation Systems**, was a challenge to identify, interpret and associate the inherent risks and to seek viable solutions to mitigate and limit the causes of occurrence as well as their effects, represented by personal injury, loss of life and/or property loss. The essential purpose of radiolocation systems is the 24/7 surveillance of the airspace in the area of responsibility. These areas of responsibility overlap so that this complex architecture can be analysed as a system of systems. Operational availability is the main desideratum, the lack of which causes breaches in the area of responsibility, which is identified as a vulnerability of the air surveillance system. Therefore, once these possible shortcomings have been identified, aspects covering the whole range of situations from the basic level represented by the radiolocation system to the higher level represented by the decision maker responsible for the system of systems architecture, system design, acquisition, operation and decommissioning have been analysed and addressed in the pages of the thesis. The personal contributions have been translated into proposals to improve risk management so that the working environment becomes safer, the stress component decreases, with the ultimate goal of maintaining the operational status of the radiolocation systems in service with minimum resources.

The topic addressed was based on the importance and topicality of the field and the interest of decision-makers in solving practical problems specific to technological change and formulating associated strategic and tactical managerial decisions. This set of research has been addressed in the subject area by going through the stages of the thesis architecture, the efficient use of research methods and methodologies harmonised with the research objectives. Given the relatively small number of bibliographic references and data available, the focus was also on elements of originality and innovativeness in dealing with maintenance issues and aspects of in-depth understanding of multiple risks (technological, change, project management implementation, macroeconomic risks, etc.) in modern radiolocation systems.

In the first chapter, which is the **introduction** of the thesis, the approach of the topic in the current context was justified, the delimitation of the topic and the fields of the research project was carried out, the importance and topicality of the topic was exposed and the current scientific context was presented, the objectives of this first chapter being the identification of the need for adequate treatment of potential risks in the territory using questionnaires and analyzing institutional requirements of various ministries/departments of defence of NATO member countries), as well as the establishment of the research methodology and the design of the thesis architecture, in relation to the current concrete situation in Romania. The proposed objectives have been fully achieved, being materialized through the design of case studies, the centralization of answers, their analysis and interpretation as well as the constitution of concise and eloquent schemes, based on some innovative methods from the governing literature of strategic management and project management (the use of the paradigm of real options was a bold approach, which can give decision makers a tool with major impact in the flexibility of specific projects and dynamic adaptation to the changing external environment especially in conditions of uncertainty and high volatility).

In the second chapter entitled **Analysis of the operational environment and the current state of research in the literature**, the objective was to gain an in-depth understanding of the

current state of knowledge in the field, the gaps and overlaps in the contributions of relevant authors. Using the questionnaire method applied to a relevant sample of specialists in the field, the technical-managerial problems in the territory were identified and a first classification of problems and risks according to the perception of the respondents resulted. In this chapter, elements concerning the maintenance management of radiolocation systems identified in open sources were highlighted. Using the Web of Science and Scopus tools, filtering and selection of relevant documents for the field of interest were carried out, categorized by authors, techniques and methods, and areas of applicability. The main objective was to browse and classify the methods and techniques used in risk management in radiolocation maintenance, an approach successfully achieved and justified based on the identification of items of interest and relevant correlations between common themes treated by authors dedicated to the field.

The architecture of an aerial surveillance system and the methods/models used in the maintenance of radiolocation systems is the title of the third chapter. The objective is to highlight the evolution of the human-machine relationship (from system requirements design, selection, procurement, training, operation, maintenance and decommissioning to environmental compliance and exploitation) and how to adapt the human factor as a key element in maintenance risk management. Highlighting the role of human resources in the architecture of radiolocation systems was carried out in the context of technological change and the turbulent external environment strongly impacted by multiple crises post 2020. Also in this chapter the PhD student presents tools, methods/models used in the maintenance of radiolocation systems, conventional and innovative. The interest in this chapter is the filtering and in-depth understanding of methods able to identify the need for intervention and to perform availability prediction of an element (antenna, ECU rotor) in continuous motion through vibration monitoring, thermal imaging - FLIR or BiTE (Built-in Test Equipment). Methods, tools and IT components with measurement, analysis, interpretation and prediction capabilities have been identified for this area, suitable for the research topic with impact in minimising the period of operational downtime and thus reducing the risks of damage to personnel and radiolocation equipment. At the same time, an innovative 13-step implementation concept has been proposed that integrates the presented methods with the objective of achieving optimal management of maintenance and inherent risks.

In chapter four entitled **Risk analysis and risk management process in radiolocation systems**, specific aspects of some conceptual elements - risk, scenario types, how to classify specific risks, risk management and risk analysis - are highlighted. One of the objectives of this chapter is to outline the specific elements of the research topic and it is materialized by the process of active risk analysis and management in the subject area. The objective has been met by highlighting some classifications of risk events specific to the radiolocation domain in the context of disruptive technological change. Prevailing causal factors were highlighted and a research direction focused on minimising related risks and potential incidents was proposed. The specific risks of radiolocation systems in the context of technological change in a turbulent environment were also presented. A version of a risk sheet was presented with the risk level highlighted by colour legend.

In the fifth chapter entitled **Performance Management of Complex Socio-technical Systems (SSTC): Human Factors Behaviour in Radiolocation Systems**, the proposed main

objective is to integrate reliability engineering in the maintenance of radiolocation systems and to define the specific features of the research approach. A second objective concerns the identification of the gap between regulations and the reality on the ground, in the context of technological change and human factor specificities. From the research carried out, conclusions were drawn regarding the limits of the regulation of risk management elements linked to incomplete harmonisation with practice in the field. Human errors (errors of commission and errors of omission), were also complemented by errors in the decision-making system which, despite having increasingly sophisticated tools, does not always manage to capture the solutions for adaptation through flexibility.

Chapter six entitled **Applicable holistic methods and socio-technical implications of digitization in the maintenance of radiolocation systems** presents some methods of interest with applicability to the research field. The BCG matrix provides the recipient with a framework for evaluating the success of each product to help them determine which they should invest more in and where to withdraw. From the research conducted, it emerged that the AHP provides a rational framework for a necessary decision by quantifying criteria and alternative options and relating these to the overall objective. The application that used multi-criteria analysis for the purpose of selecting the learning/training platform in the context of the pandemic crisis is an eloquent guide and will support stakeholders in making decisions in their field. The section on analysing the impact of turbulent and crisis environments on the operation and maintenance of radiolocation systems highlights the need for quality management, which through the decisions taken manages to keep the system they manage viable. The chapter also identifies the socio-technical implications of digitisation in the field of interest, represented by the difficulties in recruiting suitably trained staff and the weight with which the human factor responds to technological expansion.

Chapter seven entitled **Case studies, practical applications and real options games with impact on risk management in the maintenance of radiolocation systems**, is a defining element of the thesis, in which a series of studies with impact on the researched field are carried out. An essential objective of the thesis, dealt with in this chapter, is focused on case studies on the identification of the events produced, the causes and factors that led to their occurrence and the necessary intervention measures (failure of the rolling bearing, pedestal breakage under the influence of strong or gusty winds, radom destroyed by lightning).

Two practical applications were carried out on vibration monitoring as a predictive method for optimised management of inherent risks (a 2D study under laboratory conditions on the experimental bench with the SkyRadar teaching radar, the complete set produced by IFM Germany consisting of VSA004 acceleration sensor, VSE002 data acquisition and processing unit, signalling lamp, and a laptop unit where the software for data interpretation and establishment of damage and major fault limits was installed; the second 3D study under real flight conditions using an Arduino UNO assembly for vibration monitoring, powered from a 12V power supply, with a series of sensors attached: GPS with antenna, 6DOF sensor, barometer, RTC Real Time Clock) and a logger (recorder) equipped with a memory (SD card). A proposal for using AR in remote maintenance is included in the chapter.

The results from the analysis of the use of flexibility as a tool to increase the implementation capability of projects associated with technological change impacting on the maintenance (technical and human component) of radiolocation systems are spectacular. They highlight that today's decision makers can leverage more advanced analytical procedures to make strategic investment decisions in radiolocation system architectures. By integrating the real options paradigm, a novel way of evaluating and understanding how to formulate strategic decisions is highlighted. The application of the real options approach has revealed strategic solutions to increase the value of a project while managing risks; expansion and abandonment options have been considered in the study.

Human factor risk modelling for anticipating and predicting the evolution of risk factors involved in radiolocation maintenance is proposed to be achieved by integrating BodyCam or Augmented Reality (AR) glasses in the process of maintenance work execution. This can be used to provide assisted training for less qualified personnel, as well as to record the maintenance work performed in order to create a database (BigData) that can be uploaded to a government cloud where it can be technically audited by teams of specialists in a first phase and, in the future, can be used as input for an Artificial Intelligence (AI) model. This last proposed solution is at this point idealistic and represents **a bet with the future**. At the moment AI is only able to relate to text and incipient voice databases. But its evolution is spectacular. It is expected that in the not too distant future, based on an analogy with the STEM cell sampling model, video recordings of radiolocation operations will represent the already collected data base necessary for the development of an Artificial Intelligence engine dedicated to the maintenance of radiolocation systems and implicitly their risk management. The creation of a digital register in which each element involved in maintenance is categorised for the purpose of human reliability analysis. By tracking the execution of maintenance operations and by periodical evaluations of the level of training, the categories of personnel are classified by degree of training (of expertise/competence, evaluated by tests of various complexities such as STANAG 6001 linguistic), equipment by degree of complexity and risks by probability of occurrence and potential impact. All these lead to increased accountability of personnel involved in the execution of radiolocation maintenance by decreasing errors of commission and omission.

The **conclusion** chapter highlights the contributions made through the research topic focused on the development and integration of risk management models adapted to radiolocation maintenance, the personal contributions and participations in the projects the PhD student has been involved in as well as future research directions resulting from the limitations of the research conducted.

From the point of view of application contributions, the solutions for the management of specific maintenance problems and the vibration analysis of the radar electronic platform, the roll bearing and the radiolocation equipment mounted on board the airborne vectors stand out. The results of the experimental test bed measurements and simulations are scalable and can be implemented from a pilot programme and in a second phase can be integrated into all national and NATO alliance radiolocation systems.

It also proposed a novel way of using the hardware and software tools that contribute to RA, both for staff training, experience enrichment, increasing self-confidence and technical performance with major effects in risk management. Increasing the database with records of maintenance

operations and the use of flexibility as a tool to increase the ability to implement projects associated with technological change with an impact on the maintenance (technical and human component) of radiolocation systems supports the creation of a complete picture, as real and especially current as possible, of the phenomena that are triggers of failures and accidents, on the basis of which decision-makers can impose specific regulations and measures to be followed to optimise processes and reduce risks. The way the information is presented is succinct, colloquial and at the same time permissive and elevated, succeeding in clarifying concepts from the fields of Engineering and Management with applications in the field under consideration.

1. INTRODUCERE

1.1 Justificarea modului de abordare a temei în contextul actual

Mentenanța sistemelor de radiolocație a reprezentat din totdeauna o arie de interes pentru mine întrucât de buna executare a acestora depinde îndeplinirea misiunii privind supravegherea spațiului aerian din zona de responsabilitate. Abordarea problematicii managementului riscului din perspectiva mentenanței sistemelor de radiolocație reprezintă o provocare continuă, întrucât avem de a face cu un sistem socio-tehnic compus din factorul uman ca o primă componentă, iar sistemul tehnic complementar primei componente, se impune a fi tratat în totalitatea sa, implicit cu procesele interne aferente, de realizare a managementului potențialelor riscuri depinzând starea operativă a tehnicii de radiolocație, respectiv integritatea corporală și chiar viața personalului.

Având aceste preocupări, mi-am propus să adun laolaltă într-o concepție unitară elemente definitorii din viața specialiștilor de radiolocație, din mediul operațional de lucru al acestora cu evidențierea riscurilor specifice activităților desfășurate. De asemenea contribuțiile personale s-au transpus în propuneri de îmbunătățire a gestionării riscurilor astfel încât mediul de lucru să devină mai sigur, componenta de stres să scadă, cu obiectiv final menținerea cu resurse minime a stării de operativitate a sistemelor de radiolocație avute în exploatare.

1.2 Delimitarea tematicii și domeniilor proiectului de cercetare

Tema de cercetare propusă se încadrează în tabloul general privind managementul riscului la nivelul sistemelor socio-tehnice care privesc securitatea zborului. La o detaliată căutare am identificat cercetări efectuate privind factorul uman și performanțele pilotului respectiv ale controlorilor de trafic aerian, însă problematica privind managementul riscului la nivelul mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit a personalului care o execută, nu am regăsit-o analizată pertinent.

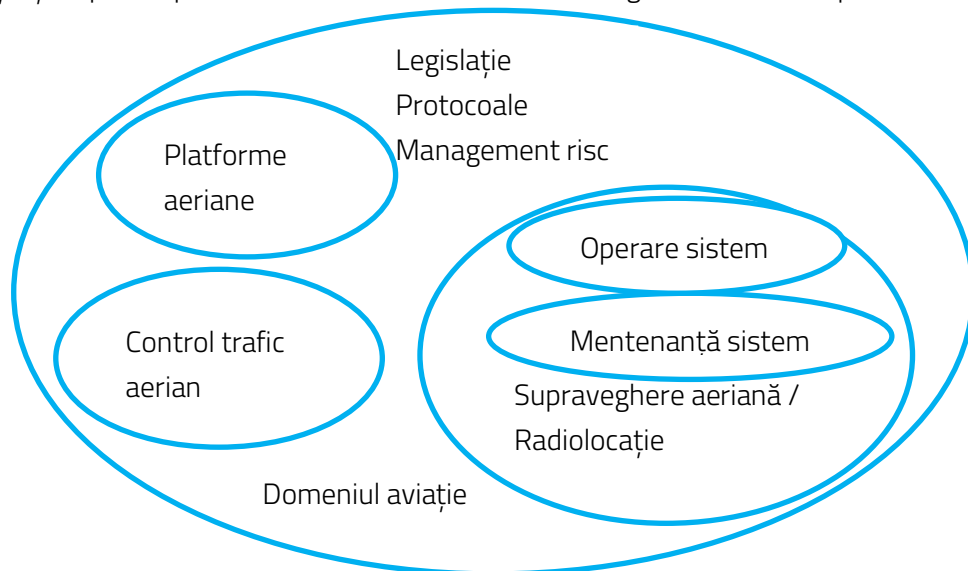


Figura 1.1: Delimitarea temei de cercetare în domeniul aviație

În domeniul aviației (Figura 1.1), componenta supravegherii aeriene este clar determinată, aceasta realizându-se în principal cu sisteme de radiolocație. Din cercetările efectuate am identificat că managementul riscului este tratat și analizat la nivelul corporațiilor și companiilor multinaționale

la un nivel destul de ridicat. Totuși, analiza din această perspectivă a managementului riscului în domenii specializate, de nișă, precum mentenanța sistemelor de radiolocație nu este abordată îndeajuns, fapt care mi-a suscitat intens interesul.

1.3 Importanța și actualitatea temei

Tema proiectului de cercetare s-a conturat în perioada 2017-2019 (perioadă de relativă liniște în context național, regional și internațional) pe parcursul coordonării referatelor, proiectelor și lucrărilor de licență a studenților mei în cadrul Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă” din Brașov. Subiectul a devenit tot mai captivant și s-a materializat în temă de cercetare pentru teza de doctorat de față. La acea vreme importanța era dată de preocuparea personală și a echipelor pe care le coordonam de a identifica și analiza riscurile potențiale și de a găsi și propune soluții viabile de management a acestora, scopul fiind reprezentat de menținerea disponibilității operaționale a sistemelor de radiolocație. Elementelor de la acea vreme li s-au adăugat unele complementare, cel puțin două, materializate în Figura 1.2 (criza pandemică 2020-2022, conflictul interstatal Ucraina-Federația Rusă, manifestat cu violențe aprige ca război de durată și criza resurselor, umane și energetice)

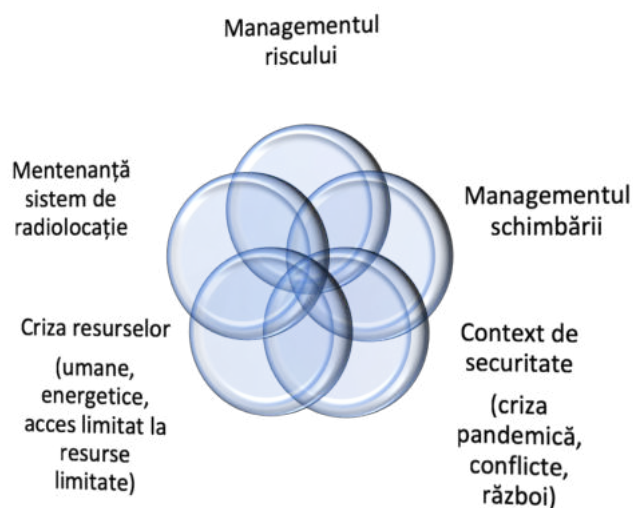


Figura 1.2: Convergența domeniilor interdisciplinare actuale

Teza de doctorat intitulată **Managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație** este mare actualitate și importanță datorită interesului pentru înțelegerea aprofundată a problematicii managementului riscului în special implicațiile sale din perspectiva mentenanței de radiolocație, un domeniu atât de unic și particular. Teza tratează aspecte actuale privind managementul riscului în contextul crizelor multiple (criza resurselor, criza lanțurilor de aprovizionare, criza schimbării generațiilor, criza semiconductorilor) prin abordarea utilizării flexibilității ca instrument de opțiuni reale în procesul de implementare și mentenanță a sistemelor de radiolocație. În tot parcursul său, teza suscită interes, modalitatea de tratare a studiilor de caz venind să întărească această convingere. Abordarea se realizează progresiv, de la implementarea integrată a mentenanței preventive la nivelul sistemelor de radiolocație, până la soluții de realizare și îmbogățire a bazelor de date, auditarea tehnică eșantionată a acțiunilor personalului destinat mentenanței, culminând cu

utilizarea instrumentelor inovative de AR (Augmented Reality – Realitate Augmentată și IoT (Internet of Things). Formulările sunt concise și aduc un aport crescut de clarificare a conceptelor. Caracterul multidisciplinar și interdisciplinar al tezei o evidențiază în literatura de specialitate, fiind un bun instrument pentru personalul ce realizează mentenanța, precum și celor ce implementează soluții pentru reducerea riscurilor la nivelul sistemelor de radiolocație.

1.4 Contextul științific actual

Din orice perspectivă am analiza un anumit domeniu, acesta cuprinde laolaltă zona universitară/academică, cea de cercetare, dezvoltare și inovare fundamentală și evident zona practic/aplicativă, cea apropiată de industrie. Aceste zone nu au demarcații clare ele coexistând într-un ecosistem care are ca scop stabilitatea și disponibilitate operativă neîntreruptă pe de o parte , iar pe de altă parte progresul științific și dezvoltarea continuă a domeniului menționat. Zona academică, cea de formare a viitorilor specialiști de radiolocație, are rolul clar determinat de a motiva și instrui pe tineri, de a pune toate resursele materiale și de cunoaștere în slujba celor ce reprezintă viitorii pionieri ai radiolocației. Zona de cercetare, dezvoltare și inovare utilizează metode, tehnici și instrumente specifice pentru a răspunde provocărilor contemporane și celor de viitor. Zona practic/aplicativă pune la dispoziție resursele materiale și tehnologice, pentru implementarea produselor cercetării și inovației.

Contextul științific actual, ca în orice domeniu, este în continuă dinamică. O imagine clară, prin realizarea analizei literaturii de specialitate în cel de-al doilea capitol al tezei, a evidențiat autorii cu interes în domeniu managementului riscului, metode și instrumente utilizate în managementul riscului în procesele industriale și în mentenanța echipamentelor, sistemelor, precum și domeniile în care se aplică (aviație, marină, nuclear etc). Concluziile capitolului propun renunțarea la metode reactive sau corective în realizarea managementului riscului și adoptarea cu precădere a metodelor cele mai potrivite pentru contextul actual și anume metodele predictive și interactive.

De asemenea pentru a realiza imaginea cât mai apropiată de realitate, pentru micșorarea ecartului între componenta teoretică din literatura de specialitate și cea practică din mediul de lucru operațional, am realizat, aplicat și analizat un chestionar ale cărui produse mi-au direcționat cercetarea pentru identificarea și propunerea unor soluții ce pot îmbunătăți realizarea mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit optimiza managementul riscului în domeniu de interes. Tot odată identificarea din surse deschise a nevoilor de mentenanță a echipamentelor din cadrul sistemelor de radiolocație, reprezintă fără echivoc cea mai veridică și actuală resursă și imbold de cercetare. Am identificat faptul ca există lansate licitații publice prin care se caută parteneri pentru asigurarea pieselor de schimb și subansamble din compunerea radarelor TPS-79(R) - Gap Filler în valoare de 82.060,00 dolari (ianuarie 2016), pentru asigurarea serviciului de reparație tip Repair and return a echipamentelor defecte specifice radarelor TPS-79(R) – Gap Filler (21 ianuarie 2019) cu preț estimativ de 201.898.153,94 lei, echivalentul la acea dată a 48.000 dolari (**Error! Reference source not found.**

Spațial și temporal ne aflăm într-o arie care este într-o dinamică continuă. Fiecare moment vine cu o știre, cu un eveniment important pentru cunoaștere și dezvoltare, dar și cu provocări asupra securității regionale și internaționale. Crizele de tot felul, ale resurselor, a lanțurilor de aprovizionare, a schimbării generațiilor, mai nou a semiconductorilor, scot în evidență capacitatea de adaptare la

nou, de reziliență, de flexibilitate și de gestionare adecvată a pârghiilor, de proiectare și simulare în cadrul scenariilor.

1.5 Justificarea alegerii titlului tezei și formularea obiectivelor propuse în raport cu stadiul actual și nevoia de cercetare

Cum de altfel am făcut referire și în secțiunile anterioare, preocuparea personală privind mentenanța sistemelor de radiolocație și implicit realizarea acesteia în siguranță printr-un management al riscurilor adecvat, a reprezentat imboldul inițial (Figura 1.3) Acesta, alimentat permanent prin răspunsurile la căutărilor realizate în domeniul de cercetare, din discuțiile cu specialiștii din teritoriu, din produsele chestionarului completat de aceștia, precum și identificarea la nivel instituțional atât la nivel național cât și armatei partenere din cadrul Alianței Nord Atlantice a unor nevoi de implementare a unor soluții moderne, inovative. Alegerea titlului final al tezei mai rafinat și mai concis față de predecesorul său, am realizat-o după prezentarea celui de-al treilea raport de cercetare științifică. Tema de cercetare aleasă pune laolaltă într-o manieră elegantă componenta tehnică reprezentată de mentenanță și componenta de leadership reprezentată de procesul de luare a deciziei pentru realizarea unui management al riscurilor eficient.

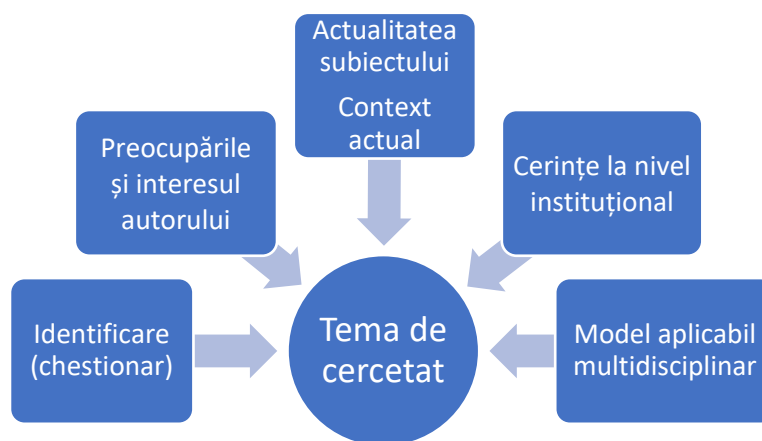


Figura 1.3: Convergența ideilor și itemilor către tema de cercetare aleasă

În **obiectivele propuse** se regăsesc nevoile de cercetare identificate în punctele de lucru din teritoriu, în unitățile de radiolocație, a completării golurilor identificate în literatura de specialitate. În teză mi-am propus o abordare panoramică, de ansamblu caracteristică leadership-ului, însă acolo unde am considerat că situația o impune am punctat concis. **Obiectivul general** al tezei se referă la determinarea de soluții eficiente și fezabile pentru îmbunătățirea managementul riscului din perspectiva mentenanței sistemelor de radiolocație în contextul schimbării tehnologice disruptive și a derulării crizelor actuale multiple, acesta traducându-se în: reducerea numărului de evenimente cauzatoare de vătămări corporale sau chiar deces a personalului, reducerea efectelor riscurilor, implementarea unor soluții noi în cadrul sistemelor de radiolocație respectiv luarea celor mai potrivite decizii de către decidenți.

Din dorința de a acoperi adecvat obiectivul general, mi-am propus defalcarea pe obiective operaționale, pentru tratarea etapizată a temei de cercetare după cum urmează. **Primul obiectiv** propus este de a identifica/cartografia prin produsele unui chestionar dedicat, situațiile și nevoile

specialiștilor în mediul operativ și a sistemelor pe care le încadrează. Tot odată mi-am propus să verific vizibilitatea sistemelor de radiolocație, să identific din surse deschise, aspectele specifice mentenanței de radiolocație raportate de instituții dedicate. Ulterior întrevăd un **al doilea obiectiv** foarte important de tratat și anume analiza literaturii de specialitate și implicit identificarea lucrărilor cu aplicabilitate specifică temei de cercetare aleasă. Pe modelul analizei evenimentelor aviatice, îmi propun ca un **al treilea obiectiv**, identificarea unor evenimente specifice, produse în și la sistemele de radiolocație cu evidențierea cauzelor ce au determinat producerea lor, a condițiilor latente, a mediului propice, precum și identificarea măsurilor trasate ca lecții învățate.

Din integrarea celor 3 obiective (Figura 1.4) propuse estimez că vor exista suficiente date și informații care să răspundă celui de-**al patrulea obiectiv** propus, de identificare a ecartului între reglementările specifice din fișele tehnologice, manuale de exploatare, operare și mentenanță pe de o parte și realitatea mediului operativ pe de altă parte (acolo unde presiunea situației și neajunsurile logistice creează premise de accident) odată cu evidențierea acestui ecart sau gap consider că va deveni evidentă necesitatea unui management performant al riscurilor.

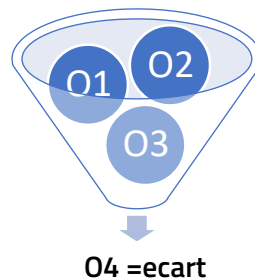


Figura 1.4: Schema elementară a obiectivelor propuse

Acest obiectiv va crea premisele unor analize interesante atât din punct de vedere tehnic cât și socio-uman. Cel de-**al cincilea obiectiv** este reprezentat de îmbunătățirea componentei tehnice și anume prin integrarea mentenanței predictive la nivelul elementelor de rotire realizarea prin realizarea unui studiu de caz ce privește introducerea unor dispozitive capabile să analizeze vibrațiile pentru rulmentul dispus pe platforma electronică- antenă, precum și pentru rulmenții de la sistemele ECU. Pentru acest obiectiv mi-am propus realizarea unor montaje dispuse pe un stand experimental de probe (specific sistemelor de radiolocație dispuse la sol) și un altul pe un vector aerian 3D (pentru simularea efectelor zborului asupra echipamentelor radar dispuse la bordul aeronavelor). Obiectivul propus conferă elementele necesare de implementare/transfer către beneficiar printr-un program pilot.

Modelarea riscurilor de factor uman reprezintă cel de-**al șaselea obiectiv** propus, pentru a cărui realizare se propun: înregistrarea lucrărilor de mentenanță utilizând BodyCam/Ochelari AR, constituirea și dezvoltarea unei baze de date cu filmările operațiunilor de mentenanță, clasificate pe sisteme, salvate în cloud guvernamental cu acces privilegiat echipelor de audit tehnic. În baza acestuia și a altor indicatori consider că poate fi integrată scalabil și modular elemente de analiza fiabilității umane. Integrarea flexibilității ca instrument de creștere a capabilității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație reprezintă cel de-**al șaptelea obiectiv** propus, fiind tratat cu

ajutorul paradigmei opțiunilor reale. Acesta împreună cu **al optulea obiectiv** reprezentat de elaborarea unui set integrat de instrumente decizionale bazate pe direcții/pași de urmat pentru a realiza bune practici în mentenanța sistemelor de radiolocație. Preocuparea va fi focalizată permanent pe trecerea de la modele statice (cauză- efect) la modele dinamice (adaptive, reziliente, ciclice) asistate IT, realizarea unei analogii cu model celule STEM (pariul cu viitorul) și realizarea pașilor premergători adoptării Inteligenței Artificiale.

1.6 Metodologia cercetării și dezvoltarea arhitecturii tezei

În realizarea tezei se integrează tehnici și metode convenționale specifice domeniului supus atenției dar și modele inovative, care să suplinească lipsa unor date sau elemente aflate la confluența dintre factorul tehnologic și factorul uman. Studiile propuse prezintă relevanță științifică prin abordarea îndrăzneță a unor concepte specifice managementul schimbării, managementului mentenanței și managementul de proiect în condiții de incertitudine. Propunerea de upgrade-are a componentei mecanice, analiza vibrațiilor pe două platforme, analiza flexibilității ca instrument de opțiuni reale și implementarea tehnologiilor inovative, conferă elemente de valoare prezentei teze.

Rezultatele obținute prin analiza flexibilității ca instrument de creștere a capabilității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice au un impact semnificativ asupra eficienței proceselor de mentenanță sistemelor de radiolocație. Adaptarea prin creșterea flexibilității se analizează cu ajutorul opțiunilor reale de expansiune și respectiv de abandon și oferă imaginea de ansamblu a procesului decizional, respectiv avantaje legate de reducerea riscului în condiții de schimbare tehnologică și medii multi-criză. De asemenea rezultatele obținute din achiziția și prelucrarea datelor de vibrație, precum și propunerile de bune practici aduc contribuții substanțiale mediului operativ. Tratarea obiectivelor în maniera descrisă conferă tezei originalitate și caracter inovativ, reușind să suscite interesul specialiștilor dar și cel al cercetătorilor din domeniu.

În realizarea studiului temei de cercetare am utilizat instrumente moderne: VOSviewer pentru filtrarea literaturii de specialitate, dispozitive specifice utilizate în ingineria industrială și în sistemele de vectorii aerieni autonomi, soft de analiza și interpretare a datelor, analize comparative utile pentru a fi integrate în domeniul mentenanței sistemelor de radiolocație.

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 și înțeles. Aceste rezultate pot reprezenta un punct de plecare pentru viitoarele studii, metodele propuse fiind scalabile. Atât literatura de specialitate, informațiile transparente din surse deschise, cât și interesele și nevoile de bază din mediul operativ, au fost aprofundate și au constituit baza studiilor și contribuțiilor personale.

Diseminarea rezultatelor (Anexa) cercetării cuprinde publicarea de 5 articole BDI și un articol ISI Proceedings la 35th IBIMA 2020 din tematica domeniului de cercetare. În teză am folosit experiența mea practică, metode din inginerie și management precum și metode din statistica. Teza este organizată în 8 capitole și anexe aferente cu rol de întregire a imaginii realizată în capitole. Prin modul de abordare teza este interdisciplinară dar și multidisciplinară, iar obiectivele sunt ancorate în specificitatea tratării sistemelor de radiolocație din România.

2 ANALIZA MEDIULUI OPERAȚIONAL ȘI A STADIULUI ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE

Am dedicat acest capitol analizei mediului operațional, prin interpretarea rezultatelor unui chestionar, precum și analiza stadiului actual al cercetării în literatura de specialitate. Obiectivul propus în acest capitol este de a identifica/cartografia prin produsele chestionarului dedicat, situațiile și nevoile specialiștilor din mediul operativ. Analiza vizibilității sistemelor de radiolocație are la bază identificarea din surse deschise, a aspectelor specifice mentenanței de radiolocație raportate de instituții dedicate.

2.1 Produsele chestionarului aplicat personalului de specialitate din mediul operațional

Obiectivul chestionarului cu **tema** „Managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație” se referă la aprofundarea spectrului riscurilor la nivelul sistemelor de radiolocație din perspectiva factorilor implicați în mod direct în activitatea de mentenanță. Chestionarul a fost distribuit către zona țintă reprezentată de personal specializat în operarea și realizarea mentenanței sistemelor de radiolocație. Au răspuns solicitării de completare un număr de 24 de respondenți, din toate categoriile de personal (Figura 2.1), absolvenți ai promoțiilor din perioada 1995-2021, astfel: un ofițer inginer, 17 ofițeri de specialitate, 3 maiștri militari, 2 subofițeri, 1 SGP (soldat gradat profesionist)

Selectați categoria de personal din care faceți/ați făcut parte.
24 de răspunsuri

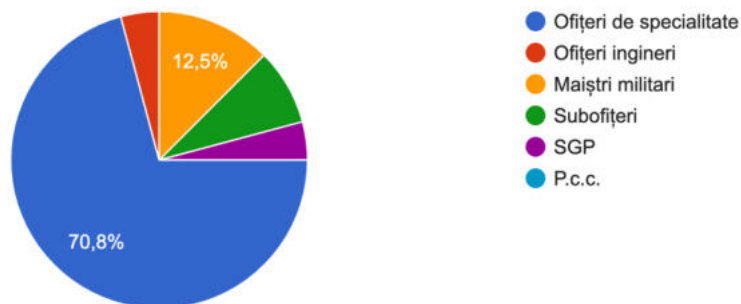


Figura 2.1: Distribuția respondenților pe categorii de personal

Datorită domeniului de nișă cu caracter unic, sistemele de radiolocație responsabile de supravegherea spațiului aerian național sunt relativ puține la număr și implicit personalul ce încadrează aceste sisteme este limitat. Numărul de absolvenți ai unei promoții este cuprins între 10-20 absolvenți într-un context dominat de ieșirile specialiștilor cu experiență din sistem.

Detalii privind produsele chestionarului se regăsesc în **Anexa 2** a tezei. Un aspect extrem de important este faptul că 83,3% dintre respondenți au selectat că NU au cunoștință sau NU au mai participat la un astfel de proiect care să trateze problematica abordată de această teză (Figura A2 2).

2.2 Analiza datele din surse deschise

Mediile în care își desfășoară activitatea sistemele de radiolocație sunt, de principiu, închise, conservatoare. Problema este că aceste nu pot fii autosuficiente, sau cel puțin nu autosuficiente fără cheltuieli masive. Este demonstrat că externalizarea serviciilor este adesea o măsură extrem de eficientă pentru toate industriile. Există diferite anunțuri sau deschideri de licitații în care servicii specifice sistemelor de radiolocație sunt externalizate. Printre cei care doresc aceste servicii se identifică structura militară dedicată supravegherii spațiului aerian din România (Anexa 3), respectiv Marina Militară din cadrul Ministerului Apărării din SUA (Anexa 4). Analizând documentele se identifică nevoia unui program de mentenanță predictivă, respectiv achiziția de subansamble și servicii de mentenanță în special a rulmenților de rotire, respectiv a unităților de climatizare. Sumele vehiculate nu sunt deloc neglijabile, astfel încât un management optim poate realiza economii spectaculoase.

2.3 Analiza stadiului actual al cercetării în literatura de specialitate

2.4 Evaluarea stadiului actual al cercetării

2.4.1 Faza de planificare

2.4.2 Întrebări de cercetare

2.4.2.1 Elaborarea de protocoale pentru cercetare

2.4.2.2 Căutarea bazelor de date și a cuvintelor cheie

2.4.3 Faza de exploatare a criteriilor de selecție

2.4.3.1 Criterii de selecție

2.4.3.2 Clasificări

2.5 Rezultate și aplicații

2.6 Analize și discuții. Contribuții posibile

2.7 Concluzii parțiale

Metodele reactive nu sunt adecvate pentru a fi aplicate în domeniul mentenanței din radiolocație. Metodele pro-active ar putea fi însă utilizate în arhitecturi hibride. Analiza de risc poate fi incompletă și inconsecventă și este posibil să nu surprindă toate condițiile potențiale nedorite din cauza complexității sistemului. [LOF, 10] arată necesitatea de a îmbunătăți managementul riscurilor prin contramăsuri pro-active și predictive.

Analiza prezentată contribuie la o mai bună înțelegere a metodelor de abordare predictivă și interactivă. Metodele predictive sunt încă în curs de dezvoltare, în timp ce metodele interactive fructifică valoarea interfeței active între utilizatorii sistemului și proiectant.

Metodele predictiv-interactive ar putea fi o combinație de măsurare pro-activă a performanțelor, utilizând colectarea și analiza datelor în timp util, dezvoltarea de metode predictive, implicând o interfață activă cu proiectanții de sisteme și procese, cu managerii și operatorii. Se oferă astfel o prioritizare a acțiunilor în procesul de luare a deciziilor și un plus de eficiență în găsirea condițiilor latente și reducerea pro-activă a riscurilor.

Au fost analizate câteva strategii de automatizare pentru a reduce eroarea umană. Operatorii învață din experiență prin rezolvarea problemelor zilnice din sistem iar automatizarea reduce capacitatea operatorului de a învăța continuu și de a furniza acțiuni corective în situații neobișnuite. Sistemele automatizate implică și investiții semnificative în formarea operatorului uman. Prin integrarea om-mașină, se fructifică abilitatea inovativă de a pune în aplicare idei abstracte, respectiv capacitatea de procesare a datelor. Se reduce volumul de muncă al operatorilor și se simplifică deciziile acestuia. Există un interes pentru concepția strategiilor bazate pe inteligența artificială care conferă perspective de reducere a riscurilor asociate factorilor umani.

3 ARHITECTURA SISTEMELOR DE RADIOLOCAȚIE ȘI METODE/MODELE UTILIZATE ÎN MENTENANȚA ACESTORA

Acest capitol dedicat arhitecturii sistemelor de radiolocație și a metodelor și modelelor folosite în mentenanța acestora are ca obiectiv principal realizare imaginii clare asupra arhitecturii specifice, a mediului și proceselor din interiorul sistemului, cu evidențierea rolului esențial al mentenanței în reducerea vulnerabilității. Totodată se propune identificarea proceselor de mentenanță de la implementare până la dezafectarea sistemului, precum și identificarea metodelor și modelelor utilizate. Comasarea tuturor acestor obiective se realizează prin propunerea de implementare a unui program în 13 pași. Capitolul este completat de viziunea asupra mentenanței în contextul schimbării tehnologice Industry 4.0.

3.1 Obiective și descrierea paradigmei

În capitolul 3 se prezintă arhitectura sistemelor de radiolocație și metode/modele utilizate în mentenanța acestora. Obiectivul propus este de a evidenția rolul și importanța sistemelor de radiolocație, componentele constitutive precum și procesele ce intervin în sistemul integrat pe tot lanțul de concepție, achiziție, implementare, exploatare și dezafectare a sistemelor de radiolocație. Un al doilea obiectiv al capitolului este evidențierea importanței factorului uman în sistemul de radiolocație ce este în sine un sistem socio-tehnic complex. Capitolul evidențiază și tipurile de mentenanță care contribuie din punct de vedere tehnic la buna funcționare a sistemelor de radiolocație.

3.2 Sub-sistemele din arhitecturile de supraveghere aeriană

3.3 Analiza relațiilor OPS (Organizații-Persoane-Sistem), a factorilor umani și a proceselor organizaționale tipice sistemelor de radiolocație

3.4 Metode și modele utilizate în mentenanța sistemelor de radiolocație moderne

3.4.1 Metode convenționale utilizate în analiza mentenanței echipamentelor industriale

3.4.1.1 Metoda AD (arborilor de defectare)

3.4.1.2 Metoda lanțurilor Markov

3.4.1.3 Metoda MC (Monte Carlo)

3.4.1.4 Considerații privind utilizarea metodelor în mentenanța sistemelor de radiolocație. Limitele metodelor convenționale.

3.4.1.4.1 Metodele convenționale prezentate au fost inițiate în anii celui de-al doilea război

3.4.2 Metode de executare a lucrărilor de mentenanță

3.4.2.1 Metoda de executare a mentenanței individuală

3.4.2.2 Metoda de executare a mentenanței pe subansambluri

Metoda se aplică eficient în cazul mentenanței sistemelor de radiolocație moderne datorită existenței în inventarul radarului a unor piese de rezervă (echipamente, blocuri, dulapuri). Înlocuirea pieselor defecte sau care nu mai funcționează în parametrii specificați se poate face direct de către

operatori, fără a fi necesară intervenția din exterior a personalului specializat. Reparația subansamblurilor defecte se poate face ulterior, la sediul structurilor de mentenanță specializate.

Un dezavantaj al metodei poate rezulta în situațiile în care operatorul sistemului de radiolocație (factorul uman) provoacă alte defecțiuni pe parcursul înlocuirii blocului defect sau înlocuirea subansamblului nu a fost necesară și nu a condus la repunerea în funcțiune a radarului.

3.4.2.3 Metoda bazată pe utilizarea echipamentelor de rezervă

În situația efectuării unor lucrări de mentenanță de complexitate sporită la sistemul de radiolocație (blocul de emisie-recepție, sistemul de antenă, etc.) ce necesită un timp îndelungat de nefuncționare și implicit scoatere din starea de operativitate a radarului, se utilizează echipamente de rezervă. Mentenanța echipamentelor demontate se va executa, și în această situație, la sediul structurilor de mentenanță specializate, la fel ca în cazul metodei de executare a mentenanței pe subansambluri.

Avantajul acestei metode este durata redusă de scoatere din stare operațională a sistemului radar, care cuprinde strict timpul pentru demontarea anumitor blocuri și cel necesar instalării echipamentelor de rezervă. În această situație, durata reparațiilor efectuate la structurile de mentenanță nu influențează funcționarea radarului.

3.4.2.4 Metoda de mentenanță în buclă/flux

Metoda presupune existența unor linii de mentenanță în flux pentru repararea pieselor de schimb și a subansamblurilor componente ale sistemului de radiolocație. Personalul din structurile de mentenanță are un grad ridicat de specializare și a dobândit o vastă experiență în domeniu. Lucrările de mentenanță se execută în ordinea impusă de procesul tehnologic și respectă un algoritm precis al operațiilor de reparare, montare sau asamblare a pieselor componente.

3.5 Metode inovative de mentenanță a sistemelor moderne de radiolocație

3.6 Mentenanța în contextul schimbării tehnologice Industry 4.0

3.6.1 Obiectivele și descrierea paradigmei Industry 4.0

Sistemele de supraveghere aeriană (în special radarele) au evoluat în virtutea progresului tehnologic. Pentru a beneficia de caracteristicile Industry 4.0, sistemele și gestionarea mentenanței acestora trebuie să fie regândite, reinterpretate și actualizate. Articolul dorește să evidențieze, pe de o parte, stadiul actual al abordării subiectului gestionării mentenanței sistemelor de supraveghere aeriană și, pe de altă parte, necesitatea de a implementa conceptul Industry 4.0 pentru a crește eficiența și a menține sistemele operaționale.

Sistemele de supraveghere aeriană, în toate formele în care sunt proiectate, construite și optimizate, sunt echipamente electronice speciale din sistemul de apărare care, atunci când sunt exploatate eficient, reprezintă principala sursă de informații privind platformele aeriene în zbor. Detectarea și localizarea țintelor, precum și identificarea acestora, reprezintă obiectivul principal. Acest lucru ar fi aproape imposibil fără o mentenanță adecvată care să mențină sistemele de operare 24/7, deoarece orice întrerupere ar putea provoca breșe de securitate în propriul spațiu aerian, o vulnerabilitate care poate fi exploatată cu consecințe nefaste.

3.6.2 Evoluția managementului mentenanței

Articolele de specialitate care au abordat problematica evoluției mentenanței sistemelor utilizate în industrie odată cu dezvoltarea tehnologiilor de comunicații și informaționale au avut o tendință de creștere (Figura 3.1).

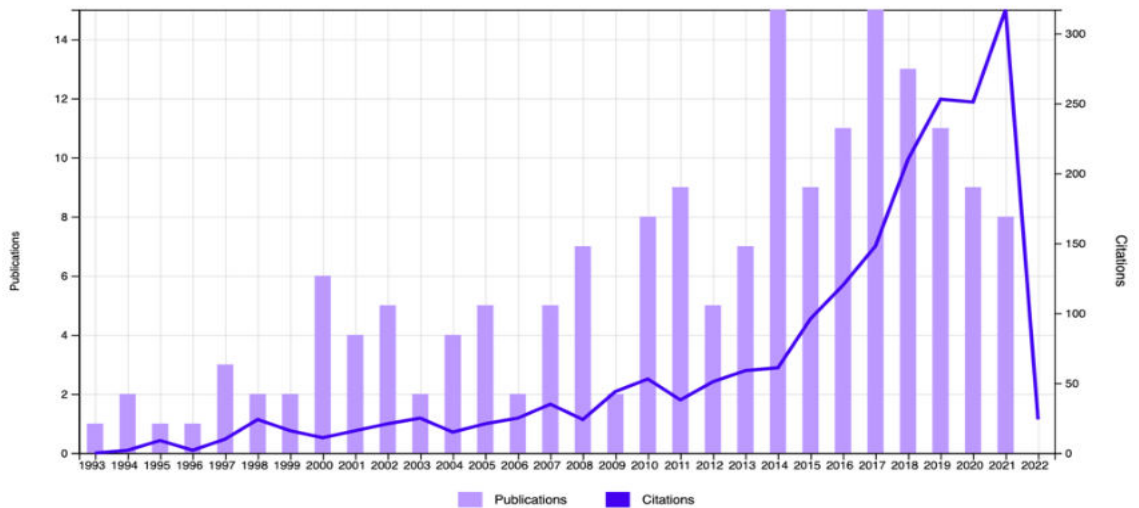


Figura 3.1 Tendința de interes privind evoluția managementului mentenanței

Conceptele utilizate în trecut, cum ar fi mentenanța corectivă, preventivă, mentenanța electronică și sistemele de mentenanță inteligentă [GUI, 16], au fost dezvoltate ulterior de către Industry 4.0 și tehnologiile cheie aferente (IoT - Internet of Things, sisteme fizice cibernetice etc.). În prezent, atenția literaturii științifice se concentrează asupra unor elemente precum mentenanța bazată pe condiții și PHM (Prognostics and health management), [BAU, 20], [LEE, 11], [MOO, 06], [JAR, 06]. Chiar și în aceste condiții, în literatura de specialitate existentă am identificat o lipsă de înțelegere a ceea ce înseamnă realizarea unei producții digitalizate pentru organizațiile de mentenanță de-a lungul dimensiunilor hard (tehnice) și soft (sociale) [BOK, 17], [PEL, 16].

3.6.3 Identificarea și evidențierea necesității de a cerceta subiectului

În urma cercetării resurselor bibliografice găsite în Web of Science [wCLA, 21] și interpretării rezultatelor cu ajutorul software-ului VOSviewer [wVOS, 21], disponibil online în browser. Utilizând cuvintele cheie „supraveghere aeriană”, „management”, „mentenanță” am identificat faptul că tema propusă nu este tratată corespunzător în literatura științifică. Pe baza cercetărilor efectuate în literatura științifică, în Figura 3.2 a. se identifică legăturile dintre cele mai utilizate concepte de mentenanță și supraveghere aeriană. Ne atrage atenția lipsa conceptului de Industry 4.0. Pe de altă parte, în Figura 3.2 b. am încercat să asociem Industry 4.0 cu tematica mentenanței în supravegherea aeriană, ultimul termen nefiind găsit în lista de căutare.

Este evident că sistemele de supraveghere aeriană sunt sisteme speciale, dedicate, care necesită o mentenanță specială atât la nivel hardware, software, cât și la nivelul de pregătire a factorului uman care le operează și le întreține. Implementarea conceptului Industry 4.0 la nivelul sistemelor de supraveghere aeriană reprezintă o provocare, deoarece stabilitatea și funcționarea 24/7 sunt obiectivele majore.



Figura 3.2 Legături între elementele de interes

3.6.4 Evoluția arhitecturii sistemelor de supraveghere aeriană

Este ușor de înțeles că, pentru a aborda subiectul mentenanței sistemelor de supraveghere aeriană, este extrem de important să înțelegem evoluția arhitecturii acestora. Primele sisteme de supraveghere aeriană cu progrese tehnologice semnificative care s-au dovedit a fi eficiente au fost utilizate în timpul conflictelor din cel de-al Doilea Război Mondial pentru a apăra Anglia [wWIK, 21] de raidurile aeriene germane. Identificăm în trecut, în pas cu evoluția tehnologiei de la acea vreme, radare analogice care foloseau puteri de emisie mari, cu un consum ridicat de resurse, a căror protecție împotriva interferențelor era limitată. De asemenea, legăturile de date erau neautomatizate, transmiterea datelor făcându-se prin legături telefonice cu întâzieri semnificative de la punctul de observație la cel de decizie. Evoluția tehnologică și-a pus amprenta și asupra sistemelor de supraveghere aeriană, astfel că în prezent sunt în funcțiune radare digitale și analogice digitale care realizează prelucrarea semnalelor cu ajutorul unor procesoare performante. Acestea din urmă, folosind caracteristicile sistemelor de antene fazate, au avantajul de a utiliza receptoare de mică putere și sensibilitate ridicată. Aceste sisteme beneficiază de protecție împotriva bruiajului - modurile de lățime de bandă RF, conectarea în rețea (legături de date/transmisii automate) și caracteristici radar secundare cu IFF. Viitorul se așteaptă să fie grozav pentru sistemele de supraveghere aeriană, folosind avantajele conectării în rețea a mai multor senzori și utilizând inteligența artificială pentru a identifica amenințările și a lua decizii privind direcționarea radarului cognitiv.

3.6.5 Contribuții la mentenanța sistemelor industriale, revoluțiile industriale și apariția Industry 4.0

Evoluția întreținerii sistemelor industriale este direct legată de tipologia arhitecturii sistemelor. În trecut, echipamentele erau robuste, cu puține puncte de control, cu o mentenanță excesivă, costisitoare, în principal corectivă. În prezent, senzorii multipli (cursă, vibrații, calitatea lubrifierii etc.), calculatoarele de sistem echipate cu software de afișare a erorilor fac posibilă efectuarea unei întrețineri mai ales preventive. Pentru viitor, evoluția mentenanței conduce la utilizarea sistemelor de achiziție, prelucrare și afișare a datelor cu ajutorul mai multor senzori, contextuali, inteligență artificială, optimizare, mentenanță axată pe fiabilitate așa-numita mentenanță predictivă.

Omul și societatea din punct de vedere al nevoilor au evoluat, etapele fiind numite revoluții industriale [wGRE, 21]. Acestea au fost clasificate după cum urmează:

I - mecanizarea cu ajutorul puterii apei și aburului;

II - producția de masă, cu ajutorul benzilor transportoare acționate electric;

III - cea digitală, cu utilizarea produselor electronice și IT pentru automatizarea producției;

"4.0" - Software (programe), care de obicei sunt numite o nouă versiune în cadrul unor modificări majore, prima cifră a numărului versiunii este incrementată cu unu și, în același timp, a doua cifră începe de la zero. Principiile organizatorice de bază ale Industry 4.0 [wWIK, 21] sunt bine cunoscute: interconectarea, transparența informațiilor, asistența tehnică, deciziile descentralizate.

3.6.6 Implementarea și efectele Industry 4.0 asupra logisticii și mentenanței radarelor moderne

Logistica, în general, și procesele de mentenanță, în special, au un câștig imens prin implementarea principiilor organizaționale ale Industry 4.0. Vă supun atenției câteva aspecte legate de organizarea optimizată a elementelor logistice (depozitare, mentenanță, transport etc.), identificarea degradării/uzurii componentelor sistemului și a celor care necesită reparații. IoT poate raporta automat degradarea sistemului și poate genera rapoarte pentru necesitățile de mentenanță. Respectiv generarea automată a comenzilor pentru piese de schimb.

Evoluția tehnologiei a adus ușurința în procesele de mentenanță. Astfel, în radarele moderne se folosesc componente de înaltă performanță și sisteme redundante care datorită miniaturizării (tehnologia solid state) sunt mai puțin costisitoare. De asemenea, se identifică componentele software interconectate (operare, identificare și raportare a parametrilor în afara toleranței, a parametrilor de misiune) [LIZ, 16] și se oferă posibilitatea de actualizare. Organigrama face distincția între membrii echipei [GAL, 20] și trasează sarcini clare (operare software/intervenție software a inginerilor/mentenanță) cu posibilitatea de intervenție de la distanță. Formarea personalului prin metode de e-learning, cu posibilitatea de învățare la distanță prin intermediul AR [MAS, 17]. Este evident că tendințele de utilizare a IA conduc la o reducere a timpilor de nefuncționare.

3.6.7 Vulnerabilitatea sistemelor de radiolocație și securitatea acestora în fața schimbărilor tehnologice Industry 4.0

Integrarea sistemelor de supraveghere aeriană în rețea aduce cu sine o expunere la datele și informațiile vehiculate și creează vulnerabilități de securitate. În Industry 4.0 prin IoT, provocările sunt aceleași, existând posibilitatea ca datele transmise în rețea să fie afectate de atacuri cibernetice. Această provocare necesită securizarea: a canalelor de comunicare fizice utilizate și a celor electronice prin criptarea pachetelor de date transportate între sistemele informatice utilizate.

3.6.8 Discuții și direcții viitoare

Pentru a beneficia de avansul tehnologic, este important să ținem pasul, să realizăm dezvoltarea cu condiția esențială de a menține stabilitatea sistemului. Pentru atingerea acestui obiectiv, este necesară abordarea provocărilor identificate: adaptarea factorului uman la schimbările tehnologice, achiziționarea de sisteme/interfețe care să permită utilizarea/integrarea sistemelor actuale de supraveghere aeriană în platforma IoT compatibilă cu Industry 4.0 și reducerea vulnerabilității sistemului prin securizarea acestuia.

3.7 Metode de identificare a nevoii de intervenție (vibrații, termoviziune – FLIR, BITE (Built-in Test Equipment))

Dezvoltarea tehnicii s-a datorat dorinței continue a societății de a evolua, de a crea modele mai bune, de a răspunde cerințelor societății și evident de a fii pe piața concurentă cel mai bun în domeniu. Elementele mecanice au putut fii realizat cu toleranțe tot mai mici, iar elementele electronice au fost miniaturizate (**Error! Reference source not found.**). Aceste 2 elemente esențiale au permis să se creeze și dezvolte răspuns la alte probleme apărute în sistemele tehnologice. Nevoia de măsurare a dimensiunilor, accelerațiilor, temperaturilor etc, a fost satisfăcută prin dezvoltarea unor senzori capabili să monitorizeze toate aceste mărimi.

Pentru optimizarea proceselor de mentenanță a sistemelor tehnologice și industriale, este necesară diagnosticarea corectă a defecțiunilor care intervin datorită uzurii normale, a șocurilor termice și mecanice normale sau datorate operării necorespunzătoare. În vederea unor achiziții de date concludente pentru analiză, în procesele industriale sunt utilizați senzori sau traductori astfel:

- Sensor de vibrație capabili să măsoare deplasări și accelerații pe una sau mai multe axe;
- Senzori de temperatură individuali;
- Elemente individuale sau integrate in sistem cu capacitate de autodiagnoză și de evidențiere a modulelor/componentelor cu defecțiuni, sau ieșite din valorile prag de toleranță – BITE,
- Sistem de termoviziune ce folosesc tehnologie in spectrul IR (infrared infraroșu) care are capacitatea să evidențieze în culori zonele încălzite diferit,

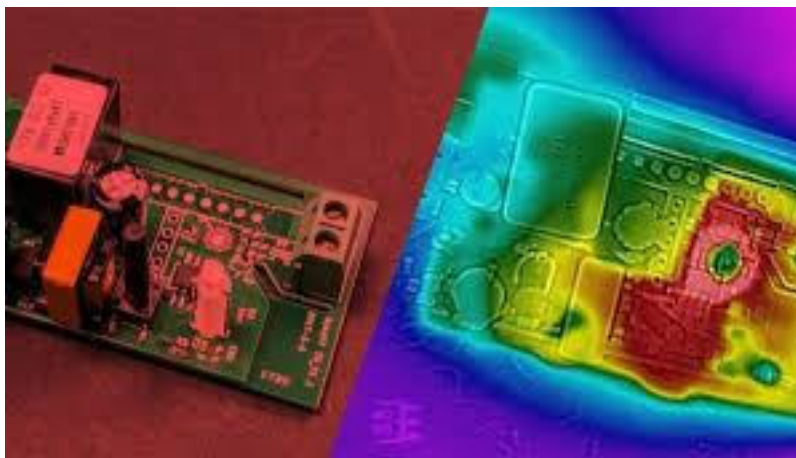


Figura 3.3: Imagine a unui circuit electronic captată cu tehnologia FLIR

3.8 Contribuții personale

Capitolul a creat oportunitatea de a cartografia corect arhitectura sistemelor de radiolocație, a mediului și proceselor din interiorul sistemului, cu evidențierea rolului esențial al mentenanței în reducerea vulnerabilității. Am evidențiat importanța identificării proceselor de mentenanță de la implementare până la dezafectarea sistemului, precum și identificarea metodelor și modelelor utilizate frecvent în sistemele tehnice. În cadrul capitolului am propus implementare a unui program de mentenanță în 13 pași ce integrează metodele de mentenanță clasice și cele inovative. Am completat capitolul cu viziunea asupra mentenanței în contextul schimbării tehnologice Industry 4.0.

evidențiind rolul esențial al factorului uman precum și vulnerabilitățile ce se impun a fi securizate în noul context al Revoluției Industriale 4.0.

3.9 Concluzii parțiale

Arhitectura sistemelor de radiolocație este complexă și în analiza lui s-a demonstrat că se pot utiliza metodele și modelele dedicate sistemelor de sisteme, în care componenta tehnică și cea umană sunt în strânsă legătură, cu accent pe factorul uman ca element cheie în managementul riscului în mentenanță (de la proiectarea cerințelor sistemului, alegerea, achiziția, instruirea, operarea, mentenanța și scoaterea din circuit cu respectarea normativelor de mediu și valorificarea sa).

Pentru asigurarea disponibilității operative a sistemului de radiolocație, se impune o adaptare continuă la context li aceasta se poate realiza numai printr-un sistem de management adecvat. O variantă propusă este implementarea programului în 13 pași care ține seama de toți factorii implicați.

În contextul schimbării tehnologice Industry 4.0., pentru a beneficia de avansul tehnologic, este important să ținem pasul, să realizăm dezvoltarea cu condiția esențială de a menține stabilitatea sistemului. Pentru atingerea acestui obiectiv, este necesară abordarea provocărilor identificate: adaptarea factorului uman la schimbările tehnologice, achiziționarea de sisteme/interfețe care să permită utilizarea/integrarea sistemelor actuale de supraveghere aeriană în platforma IoT compatibilă cu Industry 4.0 și reducerea vulnerabilității sistemului prin securizarea acestuia.

4 ANALIZA RISCULUI SI PROCESUL DE MANAGEMENT AL RISCULUI ÎN SISTEMELE DE RADIOLOCAȚIE

Acest capitol se concentrează pe noțiunile și termenii esențiali privind tema de cercetat, privind riscul, factorii de risc precum și procesul prin care se realizează optim managementul acestora. Acesta prezintă analiza și managementul riscurilor și a șanselor și oferă o primă impresie ideilor generale înainte de a intra în detalii pe parcursul următoarelor capitole. De asemenea, arată cum se împarte analiza în etape.

4.1 Prezentare generală a problematicii managementului riscului

În acest capitol se definesc noțiuni și concepte de bază a analizei riscului: risc eveniment (întâmplător), frecvența evenimentului, expunerea, propagarea pericolului, consecințele și analiza daunelor. În literatura clasică se introduce noțiunea de risc proporțional ca produsul dintre măsurarea probabilității evenimentelor și măsurarea consecințelor unui eveniment. Aceasta a făcut distincție între calcularea, vizualizarea, compararea și evaluarea riscurilor. În special, sunt discutate diferite criterii de risc ale eșantioanelor.

În lucrarea sa *Riscul, incertitudinea și profitul*, economistul Frank Knight a stabilit distincția importantă între risc și incertitudine: „Incertitudinea trebuie luată într-un sens radical diferit de noțiunea familiară de risc, de care nu a fost niciodată separat corespunzător [...]. Faptul esențial este că „risc” înseamnă, în unele cazuri, o cantitate susceptibilă de măsurare, în timp ce alteori este ceva distinct care nu are acest caracter; și există diferențe de anvergură și cruciale în direcțiile fenomenelor, în funcție de care dintre cele două este cu adevărat prezent și funcționează. Se va părea că o incertitudine măsurabilă, sau „risc” propriu-zis, așa cum vom folosi termenul, este atât de diferit de unul incomensurabil încât nu este deloc o incertitudine.” [KNI, 1921]

4.2 Definirea conceptelor fundamentale

Această secțiune se constituie ca o parte esențială care definește conceptele fundamentale: eveniment periculos și scenariu de amenințare.

4.2.1 Tipul de scenariu de amenințare, evenimente periculoase

Luăm în considerare în principal scenariile de risc în care fie impactul, fie evenimentele explozive puternice sunt implicate, pot fi utilizate pentru o modelare suficientă sau pot juca un rol major în analiză. Accentul va fi lărgit pentru a include scenarii de amenințare teroristă, precum și catastrofe naturale. Evenimentele explozive de mare intensitate se caracterizează printr-o eliberare de energie foarte rapidă și localizată [KLO, 97]. În cazul exploziilor puternice, o detonare cu deplasare rapidă, separă materialul inițial și produsele de detonare. Exemple pentru explozibili puternici sunt dinamita sau TNT. Exploziile puternice sunt explozii cu combustii rapide și transformarea produselor pirotehnice. Un impact este o „sarcină bruscă în funcție de timp” [BAN, 09]. Evenimente de impact implică fragmente generate de explozii puternice. Evenimentele de impact includ, de asemenea, evenimente cu proiectile lansate din tuburi, evenimente în care resturile sunt generate de explozii sau în care componentele sistemului au un impact asupra suprafeței terestre.

4.2.2 Riscul, o componentă esențială în orice proces

4.2.3 Clasificarea riscurilor specifice

Riscul poate fi clasificat în funcție de diferite atribute ale riscului. Exemple de clasificări sunt:

- ▣ riscuri per eveniment, în cazul unui eveniment (riscuri condiționate), per interval de timp sau per ciclul de viață,
- ▣ sursa de risc: provocat de om, tehnic, natural, natural-tehnic,
- ▣ obiecte, persoane sau părți ale corpului expuse la risc: risc pentru utilaje, personal, terți, sănătatea plămânilor afectați de risc etc., de exemplu Proske face distincția dintre riscurile naturale, riscuri tehnice, riscuri pentru sănătate și riscuri sociale [RRO, 04].

Alte exemple de clasificări ale riscurilor în opoziție:

locale	nelocalizate
la cerere	riscuri continue,
individuale	colective (de grup)
voluntare	involuntare
percepute sau subiective	obiective
istorice statistice	bazate pe modele
bazate pe estimări (semi)cantitative	cantitative evidențiate prin calcule

Exemple de riscuri care corespund acestor clasificări sunt:

- ▣ riscul anual individual local de rănire din cauza exploziilor teroriste,
- ▣ riscul colectiv anual mediu fatal total al unui anumit scenariu,
- ▣ Riscul total colectiv exprimat cu ajutorul unei curbe frecvență-număr (curba F-N): frecvența de una sau mai multe vătămări pe an, frecvența de zece sau mai multe vătămări pe an din cauza unui depozit de explozibili.

4.2.4 Managementul și analiza riscurilor

Definiția analizei de risc: **Analiza de risc** este determinarea riscurilor într-o anumită situație, context. Definiția managementului riscului: **Managementul riscurilor** constă în analiza riscurilor și gestionarea (atenuarea) riscurilor, inclusiv schimbarea contextului. Definiția analizei riscurilor și a procesului de management al riscurilor: Analiza riscurilor și gestionarea riscurilor poate fi împărțită în diferite etape. Etapa iterativă sau incrementală executarea acestor etape împreună cu comunicarea între etape reprezintă riscul procesul de analiză/management al riscurilor.

4.2.5 Schema de management al riscurilor (abordarea în 5 etape)

O schemă standard pentru procesul de management al riscului este schema managementului riscului în 5 pași . Acesta poate fi întâlnit în multe aplicații. Versiunile variază ușor, dar în esență arată ca această schemă, bazată pe [ALE, 09]:

1. Stabilirea contextului: Descrieți situația inițială, definiți obiectivele, cum ar fi siguranța sau sănătatea.
2. Identificarea pericolelor/riscurilor: Definiți scenariile de daune. Aceasta presupune descrierea sursei de pericol și expunerea persoanelor sau a obiectelor.

3. Analizează/calculează riscurile: Estimați sau specificați probabilitățile și consecințele de evenimente.
4. Evaluarea/clasarea/prioritizarea/sesizarea riscurilor: Apreciază dacă riscurile sunt acceptabile sau nu. Acest lucru poate implica o comparație a nivelurilor de risc cu criterii predefinite sau o comparație a costurilor și a beneficiilor.
5. Tratarea/externalizarea riscurilor: Pentru riscurile care nu sunt acceptabile, modificați situația inițială sau găsiți soluții externe, cum ar fi asigurarea.

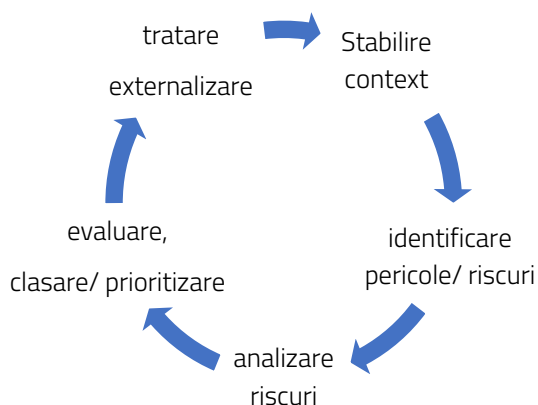


Figura 4.1: Schema etapelor procesului de management al riscurilor

Etapele sunt legate între ele printr-o monitorizare (optimizare) iterativă sau proces incremental. Între etape au loc consultări și comunicare. A se vedea Figura 4.1 pentru o versiune grafică a schemei de management al riscurilor în 5 etape.

4.3 Procesul de analiză și management al riscurilor

În cele ce urmează se oferă o descriere mai detaliată a procesului de analiză a riscurilor care va fi utilizată în capitolele următoare. Aceasta se împarte în 9 etape care sunt conectate cu procesul de optimizare și monitorizare iterativ sau incremental. Începem enumerarea cu etapa (2) pentru a adăuga încă un pas în fața acesteia atunci când tratăm riscul procesului de gestionare.

- (2) Situația inițială fără sursă de pericol: Toate informațiile necesare pentru a aplica se colectează în scheme de hazard și de daune. Aceasta include date geometrice, date geografice, metrologice și topologice și informații despre materialele și condițiile meteorologice.
- (3) Descrierea sursei de pericol: Descrierea include geometria, masa, poziția, orientarea și viteza sursei de pericol, precum și atenuarea măsurii în apropierea sursei de pericol.
- (4) Propagarea pericolelor/analiza pericolelor: Aceasta include dispersia potențială, distribuția și distribuția sarcinii de impact a pericolului fizic.
- (5) Analiza/modelarea daunelor/consecințelor: Aici sunt determinate efectele pericolului potențial pentru obiecte precum vehicule, clădiri și infrastructură sau persoane.
- (6) Analiza frecvenței evenimentelor periculoase: Se analizează cât de des devine sursa activă la producerea hazardului. Acest lucru se determină luând în considerare, de exemplu, valoarea frecvenței de prezență a sursei de pericol, frecvența unui accident neintenționat intervenit în

cadrul sursei de pericol și frecvența unei defecțiuni a sistemului de izolare. Această etapă acoperă, de asemenea, frecvența evenimentelor în funcție de locație.

- (7) Distribuirea obiectelor: Distribuția descrie câte și unde în zonă se află obiecte de interes. Expunerea descrie faptul că acestea sunt expuse efectiv la efectele dăunătoare.
- (8) Frecvența de succes a evitării consecințelor evenimentelor periculoase: Această etapă ia în considerare frecvența de succes a măsurilor de organizare și de formare, de reacții spontane (de exemplu zborul), precum și ratele de succes ale amplasării de bariere fizice pasive, reactive sau active.
- (9) Calcularea și vizualizarea riscurilor: Aceasta presupune calcularea diferitelor categorii de risc. Opțiunile de vizualizare includ hărți de risc, tabele și diagrame F-N.
- (10) Compararea riscului cu criteriile: Cantitățile de risc sunt comparate cu riscul criteriilor de evaluare, de exemplu, matrice de risc, valori critice și criterii F-N. De exemplu, se verifică dacă riscul individual anual nelocal este mai mic decât riscul de minimis.

Tabel 4.1: Atributele complementare ale proceselor de analiză și management al riscurilor și șanselor

Implicit	Explicit
Cu suport software	Fără suport software
Descriere grafică/vizualizare	Descriere textuală
Etape de proces grosiere	Etape de proces rafinate
Standardizat, formalizat	Ad hoc, bazat pe situații/scenarii
Descrisă din perspectiva decidentului	Descrisă din perspectiva utilizatorului final
Etape de proces critice din punct de vedere al timpului	Etape de proces care nu sunt critice din punct de vedere al timpului
Analiza riscurilor în timp real, managementul riscului pentru suportul decizional	Analiza preventivă a riscurilor, analiza ex-post a riscurilor, analiza criminalistică a riscurilor
Mediu virtual pentru schimburi de informații	Schimb de informații în persoană
Multidisciplinaritate	O singură disciplină
Mai multe părți interesate	O singură parte interesată
Multinațională	Națională
În virtutea bazei de date existente	Colectarea datelor de către unul singur
Evaluarea amenințărilor, cu accent pe consecințe sau probabilități	Evaluarea amenințării pe baza riscului (adică a consecințelor) și a probabilităților
Luând în considerare numai efectele de ordinul întâi (efecte asupra sănătății și primele acțiuni)	Luând în considerare, de asemenea, efectele de ordinul doi și trei (efecte asupra societății, economiei și politicii)
Bazat pe scenarii	Acoperirea mai multor scenarii
Concentrarea pe cel mai pesimist scenariu	Luarea în considerare a unei game mai largi de scenarii

Aplicarea la scenarii reale (ex-post, în scopul validării)		Aplicarea la scenarii fictive (Analiză preventivă)
--	--	--

Pentru a descrie procesul de management al riscurilor, se adaugă următoarele etape.

- (1) Context: Acesta include informații despre țara în care este localizat evenimentul, contextul cultural și etic, contextul juridic și tehnic, cerințele și tipurile de scenarii care sunt luate în considerare.
- (11) Evaluarea riscurilor: Evaluarea riscurilor este o combinație a etapei anterioare și alte etape care permit realizarea unei evaluări finale a riscurilor. În special, efectele juridice, sociale și psihologice asupra evaluării riscurilor sunt considerate.
- (12) Comunicarea riscurilor se axează pe comunicarea riscurilor către experți, respondenți, public și terți. De exemplu, sunt menționate riscurile comparabile cu riscurile care trebuie evaluate. Acestea ar trebui să fie riscuri la care persoanele în cauză pot face referire. Ar trebui creată o legătură emoțională cu riscul.
- (13) Evaluarea riscului: Ținând cont de etapele (10)-(12), se decide dacă riscurile sunt acceptabile sau nu.
- (14) Măsuri de atenuare: Există măsuri de atenuare care reduc frecvența, măsuri de atenuare care reduc pericolele fizice, măsuri de atenuare care reduc consecințele evenimentelor, precum și măsuri mixte de atenuare a măsurilor. De asemenea, numărăm modificările fezabile ale fondului printre măsurile de atenuare.

4.4 Riscurile de accidentare specifice sistemelor de radiolocație sunt:

Așa cum a reieșit și din produsele chestionarului, riscurile specifice sistemelor de radiolocație sunt: electrocutarea, iradierea de RF (Radio Frecvență), stop cardiacă, asfixieri, intoxicație acută, arsuri, accidente datorate trăsnetelor, entorse, luxații, fracturi, plăgi.

Riscurile de îmbolnăvire profesională sunt:

- Laringite cronice – pot afecta operatorii radar ce desfășoară serviciu de luptă datorită încordării îndelungate a coardelor vocale;
- Astenopie acomodativă sau agravarea miopiei preexistente - pot afecta operatorii radar ce desfășoară serviciu de luptă datorită încordării îndelungate a vederii prin urmărirea continuă a sistemelor de afișare IOC (tub catodic) sau display (LCD, OLED)
- Afecțiuni ale inimii: cardiopatie ischemică, hipertensiune arterială – datorită stresului precum și solicitărilor psihice și fizice crescute, temperatură ridicată, vibrații, radiații;
- Cataractă – acțiune intensă și îndelungată a energiei radiante: Radiații IR, hiperfrecvență, ionizante;
- Afecțiuni respiratorii – datorită predisunerii inhalării gazelor iritante ori pulberi.

În Tabel 4.2 se prezintă o variantă de management a riscurilor caracteristice unui sistem de radiolocație. Tabelul conține factorii de risc, nivelul de risc calculat în funcție de nivelul de impact și probabilitatea de apariție al aceluia factor, măsuri propuse pentru evitarea riscului, personalul responsabil pentru managementul aceluia factor de risc precum și caracterul temporal de punere în aplicare.

Tabel 4.2: Variantă de management al riscurilor la un sistem de radiolocație

Nr. crt.	Factori de risc	Nivel risc	Măsuri propuse	Responsabil	Termen
1.	Moment de neatenție în urma căruia personalul se poate supune unui șoc electric	Moderat	1. Personalul stației trebuie să rămână în permanență atent la potențialele pericole. 2. Șeful lucrării mentenanță trebuie să efectueze periodic instructajul asupra personalului privind normele de siguranță în muncă.	Operatorii stației radio	Permanent
2.	Mentenanța pe echipamentele de antenă atunci când furtunile sunt iminente sau în curs de desfășurare.	Ridicat	Întreruperea/Amânarea lucrărilor de mentenanță	Responsabil lucrări mentenanță	Permanent
3.	Radiațiile de radiofrecvență/radiațiile neionizante	Foarte ridicat	1. Respectarea distanței de protecție 2. Personalul care lucrează cu stația să respecte recomandările din manualele tehnice 3. Antena trebuie poziționată în azimut, astfel încât pe timpul întreținerii să nu emită o radiație anormală.	Personalul de lucru al stației	Permanent
4.	Detonarea dispozitivelor electro-explozive	Moderat	1. Să se păstreze distanța specificată în tabel, specifică tipului de dispozitiv. 2. Să se evite deplasarea dispozitivelor fără ordin expres sau fără înștiințarea șefului lucrării de mentenanță.	Responsabilul dispozitivelor electroexplozive.	Permanent
5.	Depășirea limitelor de siguranță pentru personalul care are stimulator cardiac	Moderat	Trebuie să se păstreze o distanță de aproximativ 500 de metri față de antenă în orice unghi de elevație, pe timpul emisie.	Personalul în cauză.	Permanent
6.	Utilizarea de materiale toxice	Scăzut	1. Să se lucreze doar în zone bine ventilate. 2. Să se mențină o sursă de apă proaspătă în apropiere cu o duză flexibilă pentru a	Personalul în cauză.	Permanent

Nr. crt.	Factori de risc	Nivel risc	Măsuri propuse	Responsabil	Termen
			<p>îndepărta substanțele chimice corozive din orice parte a corpului</p> <p>3. Să se urmeze și respecte toate precauțiile, avertismentele și procedurile de pe recipientele pentru solvenți, vopsele și substanțe chimice de curățare.</p>		
7.	Amplasarea și mentenanța stației radar	Ridicat	<p>1. Să se utilizeze prudență extremă atunci când se deplasează, se plasează și se assemblează elementele radarului.</p> <p>2. Să se utilizeze o atenție extremă pentru a evita alunecarea atunci când se efectuează mentenanța echipamentului de antenă dacă suprafețele sunt umede sau acoperite cu gheață sau zăpadă.</p>	Personalul de lucru al stației.	La ordin
8.	Apariția unui incendiu sau a unei explozii	Scăzut	<p>1. A nu se utiliza vopsele, diluanți și produse de curățare în apropierea flăcării sau a scânteilor electrice.</p> <p>2. Să se verifice marcajele polarității terminale.</p> <p>3. Dacă se întâmplă un astfel de eveniment, să se închidă de urgență stația.</p>	Întreg personalul	Permanent

4.5 Concluzii parțiale

Capitolul a evidențiat riscul, tipurile de scenariu, modalitatea de clasificare a riscurilor specifice, analiza și managementul riscurilor. Obiectivele scontate ale acestui capitol de a contura elementele definitorii ale temei de cercetare a fost materializate prin procesul de analiză și gestiune a riscului. De asemenea au fost prezentate riscurile specifice sistemelor de radiolocație și o variantă de management a acestora surprinsă grafic într-un tabel cu evidențierea cu legenda culorilor a nivelului de risc

5 MANAGEMENTUL PERFORMANȚEI SISTEMELOR SOCIO-TEHNICE COMPLEXE (SSTC). COMPORTAMENTUL FACTORUL UMAN ÎN CADRUL SISTEMELOR DE RADIOLOCAȚIE

„Oamenii sunt supuși greșelilor și chiar și cel mai bun poate greși”

În acest capitol se argumentează de ce sistemul de radiolocație este tratat ca sistem socio-tehnic complex, care îi sunt performanțele, cum pot fi ele cuantificate și cum se gestionează acestea. În capitol se evidențiază comportamentul factorului uman în sistemele de radiolocație.

5.1 Obiectivele și descrierea problemei

În capitolul anterior au fost evidențiate componentele majore asupra cărora riscul se poate manifesta. În ansamblul om mașină se dorește a se realiza maximul de rezultate cu minim de riscuri. În vederea realizării acestui deziderat am identificat itemii de luat în considerare iar pentru aceasta am elaborat obiectivele de îndeplinit, astfel:

- ▣ Definirea sistemului socio-tehnic și diferența dintre acesta și, un sistem bazat pe calculator (computer - based system)
- ▣ Delimitarea și definirea conceptului de proprietăți emergente ale sistemelor, cum ar fi fiabilitatea și securitatea
- ▣ Explicarea proceselor pentru ingineria sistemelor și pentru procurarea sistemelor, precum și a modului în care contextul organizațional al unui sistem afectează proiectarea și utilizarea sa.
- ▣ **Opinii** asupra sistemelor legacy și de ce acestea sunt critice pentru multe sisteme economice

Ceea ce ne definește ca indivizi ai societății este unic. Pentru a putea supraviețui și evolua avem nevoie de elemente ce țin de percepția evenimentelor, de înțelegerea lor și de adaptare pentru ca pe viitor să nu ne mai surprindă. Da, avem capacitatea de a învăța din evenimentele pe care le-am trăit, iar produsul acestor capacități se definește ca fiind lecțiile învățate. De-a lungul timpului s-a constatat că eroarea umană este generată într-o varietate de condiții:

- ▣ comportamentele individuale
- ▣ practicile de management și leadership
- ▣ procesele și valorile organizaționale.

Toate acestea pot fi reduse sau chiar evitate; reducând probabilitatea de apariție și consecințele evenimentelor datorate factorului uman, prin diverse mijloace și metode de prevenire a lor, se va reduce riscul pentru personal, mediu, și nu în ultimul rând pentru securitatea națională. Acesta constituie paradigma ingineriei psihofiziologică.

5.2 Viziunea tezei din perspectiva paradigmei sistemelor socio-tehnice complexe

Componenta centrală a tezei este reprezentată de factorul uman de a căror aptitudini depinde buna funcționare a tehnicii reprezentate în cazul de față de sistemul de radiolocație, un binom desăvârșit om – mașină. Acest omogen sistem nu este nicidecum simplu, ci unul complex în care fiecare din cele două componente este esențială, fiecare fiind complexă în sine. Mașina văzută separat de om, sau fără a fi dimpreună cu personal bine calificat nu reprezintă decât un instrument neexploatat adecvat. Cu atât mai mult acest sistem tehnic deși proiectat, realizat și mereu îmbunătățit de către ingineri specialiști, se toate transforma într-un loc periculos. De aceea în normativele specific fiecărei stații de radiolocație este strict interzisă încadrarea și darea în exploatare

a sistemelor tehnice personalului care nu a fost instruit și verificat asupra cunoștințelor și a deprinderilor practice pe un astfel de sistem.

Sistemele de radiolocație fac parte din categoria sistemelor socio-tehnice de nivel complex și acest fapt este justificat de natura și unicitatea sistemelor. fie ele analogice sau digitale, presupun cunoștințe temeinice și abilități practice deosebite atât pentru operarea/exploatarea lui, cât mai ales pentru realizarea mentenanței. Sistemele de radiolocație sunt sisteme ale cărui design au solicitat punerea deopotrivă, în mod integrat a subsistemelor mecanice, electrice, electronice, hidraulice, pneumatice.

5.3 Tipologia și caracteristicile SSTC

Pentru a înțelege și mai bine SSTC se impune a trasa linia de demarcație între cele două sisteme determinante. Pe de o parte întâlnim sisteme tehnice bazate pe calculatoare în care avem incluse componente hardware și software. Operatorii și procesele operaționale nu sunt analizate și considerate ca parte a sistemului, iar sistemul nu este „conștient” de sine (self-aware).

Pe de altă întâlnim sistemele socio-tehnice care includ sisteme tehnice (aparatură ce comandă control), includ procesele și procedurile operaționale standardizate și persoanele care operează, utilizează, exploatează și interacționează cu sistemul tehnic. SSTC sunt guvernate de politici, reglementări și reguli organizaționale iar caracteristicile sale definitorii sunt:

- ▣ Are proprietăți emergente și este non-deterministic;
- ▣ Se află în relații complexe cu obiectivele organizaționale;
- ▣ Are proprietăți de „ansamblu care depind de componentele sistemului și de relațiile dintre acestea;
- ▣ Nu produce întotdeauna aceeași ieșire pentru același set de intrare deoarece comportamentul sistemului este parțial dependent de operatorii umani;
- ▣ Gradul în care sistemul sprijină obiectivele organizaționale nu depinde doar de acesta.

5.4 Analiza proprietăților emergente specifice domeniului de interes

5.5 Elemente de ingineria fiabilității în SSTC cu aplicabilitate în mentenanța sistemelor de radiolocație

5.5.1 Ingineria fiabilității și impactul asupra managementului performanței SSTC

Defectele se pot propaga rapid în sistem datorită inter-dependenței între componente, iar defectele sistemului apar deseori din cauza inter-relațiilor neprevăzute între componente. Este probabilistic imposibil de anticipat toate relațiile posibile între componente, iar rezultatele măsurătorilor asupra fiabilității software-ului pot da o imagine falsă a fiabilității sistemului.

Influențe exercitate asupra fiabilității hardware este dată de probabilitatea ca un element hardware să de defecteze și durata reparării acesteia. Fiabilitate software este dată de probabilitatea ca o componentă software să aibă un bug/eroare de soft și să producă o ieșire incorectă. Fiabilitate operator este dată de probabilitatea ca operatorul sistemului să facă o greșeală.

5.5.2 Aspecte critice de fiabilitate și proprietăți de interdicție

Un defect hardware poate genera semnale false care se află în afara domeniului intrărilor așteptate de către software. Erori software pot produce activarea de alarme care cauzează fenomenului de **stres a unui operator** și conduc la erori produse de acesta. Contextul în care este instalat un sistem poate afecta fiabilitatea sa.

Există proprietăți care se exprimă ca interdicții:

- ▣ Siguranță – sistemul nu trebuie să se comporte în manieră nesigură;
- ▣ Securitate – sistemul nu trebuie să permită utilizare neautorizată.

Din practică se constată că este dificil de măsurat sau evaluat aceste proprietăți, însă spre deosebire de acestea, există proprietăți ce pot fi măsurate mai simplu:

- ▣ Performanța se poate exprima prin modul de îndeplinire a unor itemi stabiliți anterior sau prin măsurarea rezultatelor în raport cu timpul alocat sarcinii. Implicarea și inițiativa pot reprezenta itemi a căror apreciere să dea valoare performanței;
- ▣ Fiabilitatea este un alt item tehnic cuantificabil și poate fi apreciat în raport cu numărul de intervenții în perioada de timp sau perioada de timp cât la sistem nu a fost nevoie să se intervină.

5.5.3 Procesul ingineriei SSTC în sistemele de radiolocație

Ingineria SSTC se referă la: specificarea, proiectarea, implementarea, validarea, repartizarea și mentenanța sistemelor socio-tehnice. Totodată ingineria SSTC se ocupă cu: serviciile oferite de sistem, constrângerile asupra construirii și operării sistemului și a modurile în care este utilizat sistemul.

Procesul urmează în mod uzual modelul „waterfall” datorită necesității de a dezvolta în paralel diferite părți ale sistemului. Condiții restrânse pentru realizare de iterații ale fazelor deoarece modificările hardware sunt foarte costisitoare. Software-ul poate avea sarcina de a compensa problemele hardware. Procesul implică în mod inevitabil ingineri din discipline diferite care trebuie să lucreze împreună: Există posibilitate mare să apară înțelegeri greșite. Diferite discipline utilizează vocabulare diferite deci este necesară negociere îndelungată. De asemenea, inginerii pot avea agende proprii de realizat.

5.5.4 Abordări inter și multi disciplinare specifice aplicațiilor din mentenanța sistemelor de radiolocație

În această privință există trei tipuri de cerințe. Cerințe funcționale abstracte în care funcțiile sistemului sunt definite în manieră abstractă. Pe de altă parte proprietățile sistemului unde sunt definite proprietățile de ansamblu non-funcționale ale sistemului. Se identifică caracteristici indezirabile prin faptul că este specificat comportament inacceptabil pentru sistem. Un alt aspect este reprezentat de obiectivele organizaționale globale ale sistemului

5.6 Probleme de performanță umană în mentenanța sistemelor de radiolocație

5.6.1 Erori de comisiune versus erori de omisiune

Există două moduri în care oamenii pot greși foarte simplu. Fie fac ceva ce nu ar fi trebuit să facă, fie nu reușesc să facă acel ceva ce ar fi trebuit să facă. Primele sunt erori de comitere, iar cele din urmă sunt erori de omisiune. Aici vom lua în considerare dovezile care arată că omisiunile -

neefectuarea acțiunilor sau sarcinilor necesare, de obicei în timpul instalării - reprezintă cea mai mare categorie de erori de mentenanță. Într-adevăr, în producția de energie nucleară și, probabil, și în alte părți, erorile de omisiune în timpul întreținerii reprezintă cea mai mare categorie de probleme de performanță umană în întregul sistem, care include erorile comise în timpul operațiunilor normale de control, precum și în timpul recuperării dintr-o stare de urgență sau anormală. O analiză a 200 de rapoarte de evenimente semnificative de la centralele nucleare a identificat că omiterea actelor izolate din punct de vedere funcțional reprezintă 34% din erorile înregistrate - cea mai mare categorie. Același studiu a arătat, de asemenea, că activitățile cel mai des asociate cu aceste erori de omisiune au fost reparațiile și modificările (41%), testarea și calibrarea (33%), controlul inventarului (9%) și operarea și controlul manual (6%).

5.6.2 Incidența erorilor de omisiune.

Cifre comparabile se regăsesc în domeniul mentenanței aviației. Într-un studiu, bazat pe o analiză a 122 de erori de mentenanță înregistrate de o mare companie aeriană din Marea Britanie desfășurat pe o perioadă de trei ani, omisiunile au reprezentat 56% din total, 30% au implicat instalări incorecte de un fel sau altul, în timp ce 8% au implicat utilizarea unor piese greșite. Atunci când aceste erori de omisiune au fost examinate în detaliu (Figura 5.1), s-au constatat următoarele subcategorii:

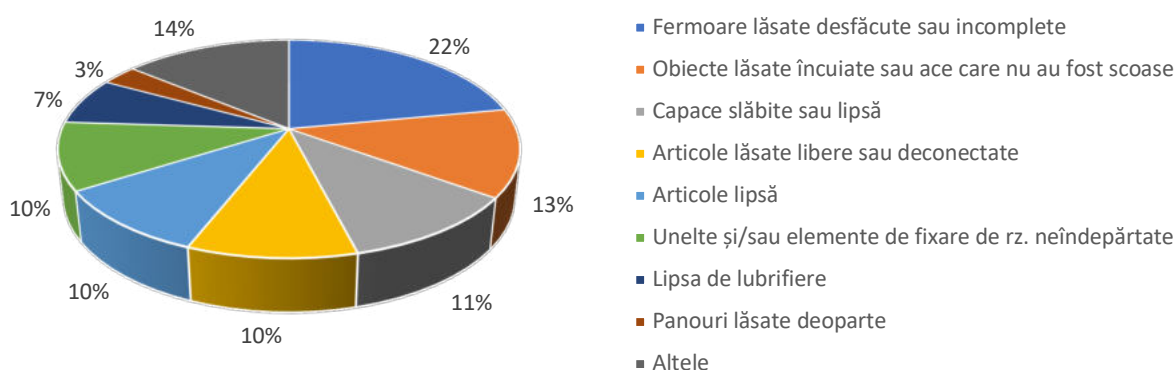


Figura 5.1: Incidența erorilor de omisiune

5.7 Contribuții personale

În acest capitol am evidențiat rolurile componentelor SSTC cu accept pe factorul uman a cărui erori de comitere sau omisiune, cu timpul, devin obiceiuri și afectează bunul mers al sistemului cu impact asupra managementului riscurilor.

5.8 Concluzii parțiale

Capitolul a început cu partea negativă a situației evidențiind că mentenanța este o activitate care produce multe erori. Aceasta atrage o mare - poate cea mai mare - proporție de probleme legate de factorii umani într-o gamă largă de tehnologii periculoase. Partea bună este că erorile de mentenanță nu sunt aleatorii. Acestea se încadrează în tipare sistematice legate atât de natura activității, cât și de tipurile de erori implicate. Există dovezi considerabile care arată că reasamblarea și instalarea sunt asociate cu cea mai mare parte a erorilor comise. În plus, omisiunile - neefectuarea operațiunilor necesare, de obicei atunci când se repun lucrurile la locul lor - constituie cea mai mare categorie de erori de mentenanță. În cele din urmă, majoritatea acestor erori au fost considerate de

către operatorii de mentenanță experimentați ca fiind deja petrecute și, de asemenea, au fost considerate ca fiind susceptibile de a se repeta. Faptul că aceleași erori continuă să se întâmple la persoane diferite în organizații diferite sugerează cu tărie că ar trebui să ne concentrăm atenția noastră de remediere mai mult asupra sarcinii și a locului de muncă decât asupra presupuselor inadecvări psihologice ale celor care comit erorile. Acest lucru are implicații foarte importante pentru gestionarea erorilor de mentenanță. .

6 Metode holistice aplicabile și implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de radiolocație

În acest capitol se prezintă metode holistice aplicabile managementului și se evidențiază modul de utilizare al metoda analizei multicriterială într-un caz specific de selectarea platformei de învățare/instruire la distanță în context nefavorabil. De asemenea capitolul evidențiază implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de radiolocație .

6.1 Metode holistice aplicabile în managementul riscului

În literatura de specialitate pentru explicarea fenomenelor din domenii variate (industrial, agricultură, medical, economic financiar etc) specialiștii au încercat și reușit să creeze modele și metode matematice de analiză a proceselor. Printre cele mai cunoscute se numără:

- ▣ Matricea BCG (Boston Consulting Grup);
- ▣ Paradigma realizată de Timothy A. LUEHRMAN, descrisă ca Tomato Garden;
- ▣ Analiza multicriterială;
- ▣ Opțiuni reale – fructificarea oportunităților de flexibilitate.

Matricea BCG cu aplicabilitate în mentenanța sistemelor de radiolocație

Grupul de consultanta Boston Consulting Grup a creat o matrice, denumita pe scurt BCG, care reprezinta un instrument foarte cunoscut si utilizat în marketing. Este dezvoltata sub forma unei matrici de tipul 2X2, ce pleaca de la premisa ca performanta economica este determinata de doi factori foarte importanti:

- cota relativa de piata ;
- rata relativa de crestere a pietei.

Matricea BCG este un model utilizat pentru a analiza produsele unei întreprinderi pentru a ajuta la planificarea strategică pe termen lung. Matricea ajută companiile să identifice noi oportunități de creștere și să decidă cum ar trebui să investească pentru viitor.

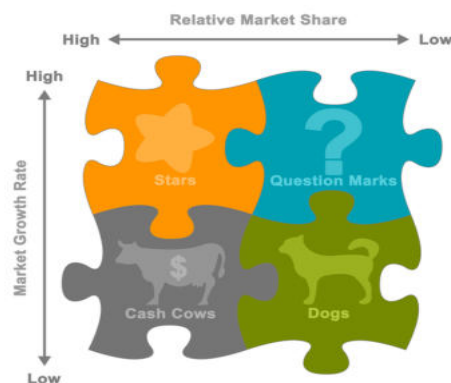


Figura 6.1: Cele 4 elemente ale matricei BCG

Cele mai multe companii oferă o mare varietate de produse, dar unele oferă randamente mai mari decât altele. Matricea BCG (

Figura 6.1) oferă companiei un cadru de evaluare a succesului fiecărui produs pentru a ajuta compania să determine în care ar trebui să investească mai mulți bani și pe care ar trebui să le elimine

cu totul. De asemenea, poate ajuta companiile să identifice un nou produs pe care să îl introducă pe piață. Matricea este împărțită în patru cadrane pe baza creșterii pieței și a cotei de piață relative.

Produsele sunt calificate într-un mod extrem de colorat:

- ▣ **STELE (Stars)** – procent mare de piața / creștere mare de piața (neutru din punct de vedere al numerarului – nu generează cash);
- ▣ **VACI DE MULS (Cash Cows)** – procent mare de piața / creștere de piața scăzută (generatoare de numerar);
- ▣ **SEMNE DE ÎNTREBARE (Question Marks)** – procent de piața scăzut / creștere de piața mare (scurgere de numerar)
- ▣ **CAINI (Dogs)** – procent de piața scăzut / creștere de piața scăzută (neutru din punct de vedere al numerarului – nu generează cash).

6.2 AHP ca metodă de ierarhizarea criteriilor de eficientizare

Procesul de ierarhizare analitică (AHP) este o metodă de organizare și analiză a deciziilor complexe, folosind matematica și psihologia. Aceasta a fost dezvoltată de Thomas L. Saaty în anii 1970 și a fost perfecționată de atunci. Acesta conține trei părți: obiectivul final sau problema pe care încercați să o rezolvați, toate soluțiile posibile, numite alternative, și criteriile pe baza cărora se judecă alternativele. AHP oferă un cadru rațional pentru o decizie necesară, prin cuantificarea criteriilor și a opțiunilor alternative și pentru raportarea acestor elemente la obiectivul general.

Părțile interesate compară importanța criteriilor, câte două pe rând, prin comparații pe perechi. De exemplu, se dorește a se afla ce contează mai mult, beneficiile legate de locul de muncă sau faptul de a avea o călătorie scurtă? Și o a doua iterație, cu cât mai mult? AHP convertește aceste evaluări în numere, care pot fi comparate cu toate criteriile posibile. Această capacitate de cuantificare distinge AHP de alte tehnici de luare a deciziilor.

În etapa finală a procesului, se calculează prioritățile numerice pentru fiecare dintre opțiunile alternative. Aceste numere reprezintă soluțiile cele mai dorite, pe baza valorilor tuturor utilizatorilor.

6.3 Analiza multicriterială utilizată în selectarea platformei de învățare/instruire la distanță în contextul pandemiei CoViD-19

Contextul pandemic actual reprezintă, fără dar și poate, cea mai serioasă provocare pentru toate mediile de lucru, implicit și cel educațional. Studenți și profesori deopotrivă sunt, fără voia lor, privați de atât de naturala întâlnire caracteristică procesului de învățare într-un amfiteatru sau laborator și astfel puși în provocatoarea situație de a-și continua demersurile pentru atingerea scopului, prin utilizarea performantă a mediului online în toată complexitatea sa (infrastructură hardware, platforme educaționale, accesibilitate la conexiune internet). Articolul tratează problematica selecției platformei de învățământ la distanță prin utilizarea unui model matematic de analiză multicriterială a factorilor implicați. Este esențial ca învățământul să nu își întrerupă parcursul și să continue să evolueze, adăugând astfel plus valoare societății. Mai mult decât atât, viitorul nostru, al tuturor, depinde de capacitatea noastră de a face față la standarde cât mai înalte, la provocarea creată de învățământul la distanță. Prin corelarea competențelor profesorilor și instructorilor, a potențialului studenților și optimizarea resurselor informatice, acest deziderat este posibil cu condiția

ca fiecare din elementele implicate să contribuie la atingerea scopului final: pregătirea generațiilor de tineri pentru incertul viitor. Reziliența sistemului de învățământ public și privat este dependentă de utilizarea unor instrumente adecvate scopurilor asumate.

Pentru întreg spectrul de corporații, din cele mai variate domenii, precum și pentru instituțiile de învățământ, în contextul pandemic guvernat de măsuri de distanțare socială care au obligat ca desfășurarea activităților să se realizeze la distanță, alegerea unei platforme de lucru, respectiv de învățare la distanță a devenit o provocare socio-tehnică deosebită. Actualitatea temei este evidentă în contextul pandemic însă dorim să accentuăm importanța selecției platformei de învățământ la distanță întrucât această decizie reprezintă un nod esențial în realizarea actului de educare cu puternice influențe asupra actorilor implicați, a modului de constituire și formatare a conținuturilor, a metodelor de evaluare obiectivă și, evident, în modul de structurare a informațiilor și dobândire a competențelor viitorilor membrii ai societății.

Selecția platformei de învățământ la distanță a avut ca punct de pornire constatările empirice personale în demersul de formare a competențelor studenților și constituit o provocare majoră a cărei rezolvare a presupus o analiză atent documentată.

6.3.1 Mediul și Factorii implicați în învățarea la distanță

Învățarea la distanță a devenit o provocare extraordinară pentru sistemele de învățământ întrucât implică o multitudine de factori. În cadrul cercetării efectuate, am constatat că factorii implicați sunt atât de natură tehnică cât și de natură umană, într-o strânsă legătură ce constituie arhitectura tipică a unui sistem e-Learning [FIN, 10]. Analiza dispartă a acestora este greu de realizat, interdependența factorilor tehnici și umani implicați ne-a determinat să pornim de la ipoteza că factorii identificați respectă cerințele unui sistem socio-tehnic [MAR, 21]. Un sistem socio-tehnic descrie adesea un „lucru - un amestec interconectat, bazat pe sisteme de oameni, tehnologie și mediul lor” [MUM, 01]. Atingerea scopului final, cel de a obține competențele scontate, presupune îndeplinirea concomitentă la nivel cel puțin satisfăcător a tuturor cerințelor sistemului. Ținem să evidențiem faptul că în domeniul e-Learning au existat preocupări anterioare interesul fiind de constituire a unor resurse educaționale complementare învățământului față în față [DOB, 10]. În cadrul unui raport de cercetare [LEA, 20] am identificat factorii implicați în procesul de învățare la distanță și problemele acestora și am încercat să oferim soluții generice evidențiate în Tabel 6.1 .

Tabel 6.1 Factorii implicați identificați și Soluții propuse

Factorii implicați identificați	Soluții propuse
Accesul la echipamente	Implicarea instituțiilor pentru identificarea curențelor atât la nivel infrastructură proprie - pentru profesori, instructori, cât și pentru studenți + stabilirea numărului minim de echipamente critice
Conectivitate la internet	Asigurarea conectivității la internet de bandă largă, pe cel puțin 2 soluții de conectivitate, care să permită desfășurarea activităților online cu utilizarea

	capabilităților sincrone (video, audio, streaming, simulare) și redundanță
Implicarea actorilor	Instruirea unitară a formatorilor și studenților deopotrivă
Platforme/aplicații educaționale online dedicate*	Studiu de caz prin analiză multicriterială pentru alegerea platformei e-learning
Translatore f2f (face to face) - online	Proiectarea/adaptarea activităților pentru mediul online și structurarea activităților online de învățare cu respectarea echilibrului între sincron și asincron;
Resurse educaționale (programă, conținuturi etc.)	Identificare/utilizare/dezvoltare de resurse educaționale, în special resurse educaționale deschise (RED-uri);
Activitate pe platforme de învățare;	Realizarea de tutoriale, respectiv webex de instruire a actorilor implicați
Evaluare/feedback	Utilizarea și operarea unor instrumente digitale în formularea de feed-back/evaluare;
Interacțiune, colaborare	Activarea, stimularea motivației și a autonomiei elevilor în participarea la activități online

Tema este amplă și poate constitui subiect al unor viitoare cercetări. Am ales să abordăm la un nivel detaliat problematica selecției platformei de învățare la distanță. Odată identificat obiectivul scontat, a fost necesară utilizarea unui instrument care să ne permită tratarea complexă a subiectului. Analizând alternativele propuse de autorii cursului de Creativitate și invenție am ales să utilizăm metoda analizei multicriteriale [PRE, 14].

Conform anchetei „cu privire la activitățile educaționale desfășurate în România, în perioada suspendării cursurilor școlare față în față” [LEA, 20] au fost evidențiate problemele privind participarea la procesul de învățare, uneori reale, alteori doar invocate pentru a scuza lipsa de implicare a actorilor implicați, cauzate de lipsa echipamentelor (server instituție și terminale: PC, laptop, tabletă, smartphone) ori a conectivității la internet (inexistentă ori bandă îngustă). Rezolvarea acestor deziderate se constituie ca cerințe/resurse solicitate de platforma de învățare.

6.3.2 Studiu de caz – selecția platformei de învățământ/instruire la distanță utilizând analiza multicriterială

Situația pandemică actuală a creat și continuă să creeze provocări în toate domeniile implicite în domeniul educației, învățământului și cercetării. În vederea adaptării la noul climat, în învățământ se impune utilizarea unor instrumente care să permită continuarea procesului de transmitere a cunoștințelor și de dobândire a competențelor, deziderat care poate fi atins numai utilizând o platformă online e-learning capabilă să răspundă individualizat cerințelor fiecărei instituții în parte.

A. Platforme e-learning competitive

Într-o lume în care informațiile și ideile se propagă cu o viteză covârșitoare datorită mediului online, companiile de profil creează instrumente care încearcă să satisfacă cererea din piață. Dintr-o listă mai vastă, în urma unei selecții inițiale realizată prin testarea succesivă a platformelor competitive, am ales cinci platforme e-learning ce răspund nevoilor identificate la nivelul grupului nostru de lucru:

- ▣ Moodle dezvoltat de Moodle Pty Ltd Australia [BOB, 19];
- ▣ ILIAS utilizat și de UNAp [BOS, 18], [PRE, 20];
- ▣ Teams dezvoltat de Microsoft [wMOO, 22];
- ▣ Zoom dezvoltat de Zoom Video Communications, Inc. [San Jose, California](#), U.S. [wWIK, 22];
- ▣ G_Suite alias Google WorkSpace /ClassRoom dezvoltat de Google [wLLI, 22].

Etapele realizării analizei multicriterială a acestor produse reprezintă studiul de caz, rezultatul obținut constituind opinia autorilor studiului în vederea alegerii produsului ce va fi folosit în procesul de învățare la distanță.

Din cele cinci platforme propuse ne așteptăm ca platforma dezvoltată de Google să obțină rezultatul cel mai bun, întrucât prin folosirea experimentală a produselor, am constatat că performanța factorului uman (HPE) este pusă în prim plan, element care de altfel este destul de neglijat în cultura românească în general și în mediul organizațional militar în special. Considerăm că justificarea acestui deziderat ține de faptul că logistica solicită fonduri generoase iar instituțiile conservatoare manifestă reticență și latență în alocarea finanțărilor. Pe de altă parte trebuie să avem în vedere faptul factorul uman presupune o investiție de durată prin educație și cercetare și lesne de înțeles prin inovare și creativitate.

Soluționarea problemei implică realizarea următoarelor etape:

- ▣ configurarea unor criterii obiective, determinante;
- ▣ alegerea variantelor;
- ▣ abordarea problemei, ca o decizie cu mai multe criterii;
- ▣ rezolvarea problemei cu mai multe atribute folosind diferite metode;
- ▣ găsirea setului de metode care conduc la o mulțime redusă a variantelor.

B. Brainstorming [PRE, 14]

Se utilizează Tehnica Brainstorm întrucât este indicată pentru producerea de idei noi, după definirea problemei și analiza datelor semnificative. Membrii grupului de lucru constituit în vederea alegerii platformei, nu au fost înștiințați dinainte de tema ședinței, din dorința ca ideile să fie spontane. Varietatea ideilor a fost realizată prin emiterea ideilor în lanț. Au avut loc două ședințe cu o durată medie de 35 minute, locația fiind una non-formală. Mediatorii au expus problema, respectiv nominalizarea criteriilor de alegere a unei platforme e-learning care să fie folosită în mod unitar la nivelul instituției. Ulterior au prezentat informațiile culese și analiza criterială, după expunere a dat cuvântul membrilor grupului în ordinea în care aceștia s-au anunțat. Membrii grupului și-au notat ideile, iar rezultatele au fost concretizate în următoarea listă de criterii lesne de analizat:

- ▣ Existența template-urilor pentru modulelor de învățare și posibilitatea personalizării;
- ▣ Crearea și utilizarea conturilor instituționale;
- ▣ Posibilitatea rulării aplicațiilor de pe toate tipurile de dispozitive cu consum redus de resurse (desktop, laptop, tabletă, smartphone);
- ▣ Posibilitatea apelului video cu minimul de actori implicați (profesor și 30 sd);
- ▣ Posibilitatea înregistrării activităților și redarea lor ulterioară;

- ❑ Administrare IT la nivel server cloud;
- ❑ Transpunerea facilă a cursurilor constituite în mod F2F în mod online;
- ❑ Integrarea listei de prezență și a catalogului;
- ❑ Evaluarea pragmatică și obiectivă a studenților cu posibilitatea de identificare a fraudelor;
- ❑ Posibilitatea integrării datelor culese din sistemele utilizate până în prezent sau sisteme complementare;
- ❑ Interactivitate cu alte servicii (calendar, raportare activitate, forum, ranking etc);
- ❑ Bucla de reacție (feedback) de la o serie la alta și Remodelarea sistemului de instruire după introducerea elementelor de feedback;
- ❑ Rezolvarea dezideratelor întâmpinate și Recalibrarea sistemului;
- ❑ Performanța factorului uman;
- ❑ Costuri implicate, alocarea bugetului;
- ❑ Mentenanța și update facil.

6.3.3 Dezvoltarea, implementarea și mentenanța platformelor de învățare la distanță

În acest stadiu au fost realizate următoarele deziderate: prelucrarea critică, filtrarea variabilelor, combinarea acestora, modificarea ideilor emise la ședințele de Brainstorming. Aparatul matematic ne va reliefa ce criterii sunt determinante și necesită atenție deosebită în valorificarea aspectelor ce contribuie la managementul performanței învățării la distanță. S-au avut în vedere elementele rezultate în ședințele de brainstorming și a rezultat următoarele criterii de analizat [BOB, 19]:

Tabel 6.2: Criterii analizate

Nr.crt.	Criterii analizate
1	Existența șabloanelor și posibilitatea de personalizare
2	Crearea și utilizarea conturilor instituționale
3	Posibilitatea de a rula aplicații de pe toate tipurile de dispozitive cu resurse reduse
4	Posibilitatea de apel video cu un minim de actori implicați (profesor și 15 elevi)
5	Posibilitatea de a înregistra activitățile și de a le reda ulterior
6	Administrare IT la nivel de server cloud
7	Transpunerea ușoară a cursurilor F2F online
8	Integrarea listei de prezență și a catalogului
9	Evaluarea pragmatică și obiectivă a elevilor, cu posibilitatea de a identifica fraudele
10	Posibilitatea de a integra datele colectate din sistemele utilizate până în prezent sau din sisteme complementare (compatibilitate)
11	Interactivitate cu alte servicii (calendar, rapoarte de activitate, forum, clasament
12	Bucla de feedback din serie în serie și remodelarea sistemului de formare după introducerea elementelor de feedback
13	Învelișul performanței umane (HPE) - implicarea actorilor în îmbunătățirea procesului de învățare

- 14 Costurile implicate, alocarea bugetului
- 15 Întreținere și actualizare ușoară

După stabilirea criteriilor de analizat, acestea au fost comparate unul în raport cu celălalt și ulterior am calculat punctajul și am stabilit nivelul de ordonare a importanței acestora. Am utilizat formula (6.1) pentru calcularea Coeficienților de pondere (Cpi). iar rezultatele au fost folosite ulterior în stabilirea celei mai potrivite platforme educaționale.

$$Cpi = \frac{p + \Delta p + n + 0,5}{-\Delta p' + \frac{N_{crt.}}{2}} \quad (6.1)$$

unde:

- p este suma punctajelor obținute (pe linie) de elementul luat în calcul;
- Δp diferența p între punctajul elementului luat în calcul și punctajul elementului de la ultimul nivel; dacă elementul luat în calcul este chiar cel situat pe ultimul nivel, Δp rezultă cu valoarea 0;
- n numărul criteriilor surclasate (depășite din punct de vedere al punctajului) de către criteriul luat în calcul;
- $N_{crt.}$ numărul de criterii considerat;
- p' diferența dintre punctajul elementului luat în calcul și punctajul primului element (rezultând o valoare negativă); dacă elementul luat în calcul este situat pe primul nivel, $\Delta p'$ rezultă cu valoarea 0.

Tabel 6.3 Matricea scorului, nivelul de ordonare și coeficienții de pondere

Criteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Points	Level	Cpi
1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	9,5	6	2,24
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	13,5	2	4,71
3	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11	4,5	2,91
4	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	8,5	7	1,85
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	15	0,05
6	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	5	10,5	0,82
7	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	12,5	3	3,89
8	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	12,5	0,42
9	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	7	8,5	1,33
10	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	7	8,5	1,33
11	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	11	4,5	2,91
12	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	12,5	0,42
13	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	5	10,5	0,82
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14,5	1	5,73
15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,5	14	0,20

În tabelul 6.4a, celor patru platforme propuse spre testare, pe criteriile analizate au fost acordate note de contribuție la un criteriu (scară 1-10), pentru ca ulterior în tabelul 6.4b să fie calculate

produsele dintre notele N și coeficienții de pondere, care după însumarea lor vor putea reliefa care din platformele educaționale să merite explorată și fructificată de către actorii implicați.

Tabel 6.4(a) Note platformele (b)Punctajele inițiale

	A	B	C	D	E			A - Moodle	B - ILIAS	C - Teams	D - Zoom	E - G Suite
Criteria	NiA	NiB	NiC	NiD	NiE	Criteria	Cpi	NiA *CpiA	NiB *CpiB	NiC *CpiC	NiD *CpiD	NiE *CpiE
1	7	2	9	2	8	1	2,24	7 15,68	2 4,48	9 20,16	2 4,48	8 17,92
2	9	9	10	3	9	2	4,71	9 42,35	9 42,35	10 47,06	3 14,12	9 42,35
3	9	6	10	9	10	3	2,91	9 26,18	6 17,45	10 29,09	9 26,18	10 29,09
4	1	1	6	9	9	4	1,85	1 1,85	1 1,85	6 11,11	9 16,67	9 16,67
5	1	5	9	9	8	5	0,05	1 0,05	5 0,23	9 0,42	9 0,42	8 0,37
6	8	8	9	8	9	6	0,82	8 6,59	8 6,59	9 7,41	8 6,59	9 7,41
7	9	6	9	1	8	7	3,89	9 35,05	6 23,37	9 35,05	1 3,89	8 31,16
8	10	3	9	1	9	8	0,42	10 4,21	3 1,26	9 3,79	1 0,42	9 3,79
9	7	9	8	1	8	9	1,33	7 9,33	9 12,00	8 10,67	1 1,33	8 10,67
10	8	7	10	2	9	10	1,33	8 10,67	7 9,33	10 13,33	2 2,67	9 12,00
11	8	8	10	8	9	11	2,91	8 23,27	8 23,27	10 29,09	8 23,27	9 26,18
12	7	8	8	5	7	12	0,42	7 2,95	8 3,37	8 3,37	5 2,11	7 2,95
13	8	7	8	6	8	13	0,82	8 6,59	7 5,76	8 6,59	6 4,94	8 6,59
14	9	8	1	9	1	14	5,73	9 51,60	8 45,87	1 5,73	9 51,60	1 5,73
15	7	8	10	8	9	15	0,20	7 1,37	8 1,56	10 1,95	8 1,56	9 1,76
								237,74	198,76	224,83	160,25	214,64

C. Interpretarea rezultatelor

Am constatat că datorită diferențelor de accesibilitate financiară (gratuit-free vs. Costuri de achiziție și mentenanță) amintite anterior în studiu nostru de caz, platformele C și E deși a obținut note bune în comparație cu celelalte platforme, a primit notă minimă la criteriul 14 (costuri implicate, alocarea bugetului) și astfel punctajul final a fost inferior celui obținut de platforma A. Pe timpul prelucrării și analizei datelor, doi dintre furnizorii selectați în studiu (G_Suite și ulterior Microsoft, platformele C respectiv E) au oferit facilități utilizatorilor dacă platformele acestor dezvoltatori sunt folosite de către o instituție educațională, folosirea platformelor cu toate modulele fiind facilitate în mod gratuit neimplicând costuri (cel puțin o perioadă). Astfel am supus în cadrul grupului s-a decis reanalizarea datelor în noul context, respectiv membrilor grupului o reevaluare și notarea acestui criteriu. Acesta fiind reevaluat cu nota maximă (evidențiată în centralizatorul din Tabelul 6.5a) a produs creșterea punctajului final (evidențiat în Tabelul 6.5b și devansarea platformelor contracandidate.

Tabel 6.5 (a) Note platformele (b) Punctajele finale (atunci când costurile nu sunt luate în considerare

	A	B	C	D	E			A - Moodle	B - ILIAS	C - Teams	D - Zoom	E - G Suite
Criteria	NiA	NiB	NiC	NiD	NiE	Criteria	Cpi	NiA *CpiA	NiB *CpiB	NiC *CpiC	NiD *CpiD	NiE *CpiE
1	7	2	9	2	8	1	2,24	7 15,68	2 4,48	9 20,16	2 4,48	8 17,92
2	9	9	10	3	9	2	4,71	9 42,35	9 42,35	10 47,06	3 14,12	9 42,35
3	9	6	10	9	10	3	2,91	9 26,18	6 17,45	10 29,09	9 26,18	10 29,09
4	1	1	6	9	9	4	1,85	1 1,85	1 1,85	6 11,11	9 16,67	9 16,67
5	1	5	9	9	8	5	0,05	1 0,05	5 0,23	9 0,42	9 0,42	8 0,37
6	8	8	9	8	9	6	0,82	8 6,59	8 6,59	9 7,41	8 6,59	9 7,41
7	9	6	9	1	8	7	3,89	9 35,05	6 23,37	9 35,05	1 3,89	8 31,16
8	10	3	9	1	9	8	0,42	10 4,21	3 1,26	9 3,79	1 0,42	9 3,79
9	7	9	8	1	8	9	1,33	7 9,33	9 12,00	8 10,67	1 1,33	8 10,67
10	8	7	10	2	9	10	1,33	8 10,67	7 9,33	9 12,00	2 2,67	9 12,00
11	8	8	10	8	9	11	2,91	8 23,27	8 23,27	10 29,09	8 23,27	9 26,18
12	7	8	8	5	7	12	0,42	7 2,95	8 3,37	8 3,37	5 2,11	7 2,95
13	8	7	8	6	8	13	0,82	8 6,59	7 5,76	8 6,59	6 4,94	8 6,59
14	9	8	10	9	10	14	5,73	9 51,60	8 45,87	10 57,33	9 51,60	10 57,33
15	7	8	10	8	9	15	0,20	7 1,37	8 1,56	10 1,95	8 1,56	9 1,76
								237,74	198,76	275,09	160,25	266,24

6.3.4 Concluzii studiu de caz și discuții

Prin cuantificarea criteriilor, ordonarea și evaluarea acestora, folosind analiza multicriterială am reușit să determinăm care din platformele educaționale propuse reprezintă soluția cea mai bună pentru satisfacerea cerințelor și nevoilor actorilor implicați în procesul educațional la nivelul instituției. Fără dar și poate subiectul tratat are ramificații și conexiuni în toate domeniile și este un exemplu bun de urmat în alegerea oricăror produse online și nu numai. Având tratată problema sistemului socio-tehnic prin selectarea platformei educaționale, o mică parte a managementului performanței învățării la distanță și-a găsit rezolvarea. Considerăm că studiul de față constituie un ghid elocvent și va sprijini demersul altor instituții în selecția platformei de lucru respectiv de învățare la distanță.

Trebuie ținut cont că fiecare din factorii implicați identificați este în strânsă legătură, interconectarea acestora determinând dependență la nivelul întregului proces de învățământ. Fiecare criteriu necesită/permite o analiză aprofundată cu implicații în direcția deciziei manageriale ceea ce vor constitui subiect al unor cercetări viitoare.

6.4 Analiza impactului mediilor turbulente și de criza asupra operării și mentenanței sistemelor de radiolocație

Mediile turbulente se definesc ca medii care au un grad ridicat de volatilitate, incertitudine, complexitate, ambiguitate. Sistemele de radiolocație execută serviciu operativ neîntrerupt, așadar presiunea este una constantă asupra echipajului. În condițiile unui mediu turbulent, această presiune crește și ea trebuie gestionată adecvat. Echipajul este antrenat pentru a face față acestor provocări însă este foarte important ca acestor presiuni să nu li se adauge concomitent altele suplimentare.

Pentru a preîntîmpina acest aspect al suprasaturării, se recomandă ca atunci când volumul de

muncă al echipajului sporește, echipa să fie suplimentată cu numărul de persoane necesar. În cazuri extreme, sistemele care nu au încadrare adecvată vor fi suplimentate cu personal calificat, instruit și certificat desemnat de eșalonul competent.

6.5 Implicațiile socio-tehnice ale digitalizării în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană

Am răzbit unei perioade ce am considerat-o tumultoasă, în care pandemia a fost pentru fiecare dintre noi o provocare, o provocare de adaptare la un mediu complet nou, cu redefinirea relațiilor inter-sociale. Megginson a scris în 1963: „Conform Originii speciilor de Darwin, nu supraviețuiește cea mai intelectuală dintre specii; nu supraviețuiește cea mai puternică, ci specia care supraviețuiește este cea care este capabilă să se adapteze și să se ajusteze cel mai bine la mediul în schimbare în care se află.” [MEG, 63] Perioada actuală nu este nicidecum mai relaxată ci una deosebit de instabilă, conflictul militar din Ucraina fiind un catalizator pentru criza energiei la nivel european și mondial. Ne străduim să facem față, ne adaptăm, pe noi înșine, comportamentele, raportările la mediu.

Sistemele de supraveghere aeriană reprezintă o facilitate deosebită în special prin componenta sa de avertizare timpurie. Este lesne de înțeles că acestea trebuie să fie operative 24/7, iar acest deziderat nu poate fi realizat decât cu o mentenanță optimă. Digitalizarea, prin etapele succesive, vine ca un răspuns la provocări, respectiv o unealtă cu care fiecare din procesele cotidiene ce se desfășoară să fie mai facil. Digitalizarea trebuie văzută nu doar ca o componentă ce ține de tehnologia informației cu componentele sale hardware și software ci în directă legătură cu specialiștii în tehnologia informației și comunicațiilor precum și cu operatorii instruiți să opereze sistemele tehnice.

Analiza implicațiilor socio-tehnice ale digitalizării proceselor de mentenanță a sistemului de supraveghere aeriană, sedimentează într-un subiect foarte important și de actualitate. Pentru identificarea aspectelor ce concură la fragilitatea sistemelor de supraveghere aeriană și în ce măsură se poate îmbunătăți gradul de reziliență a acestora, am ales să parcurg rând pe rând aspecte ce țin de digitalizarea la nivelul Uniunii Europene prin tratarea dedicată a subiectelor ce țin de integrarea tehnologiei digitale și a capitalului uman din perspectiva digitalizării și terminând cu realizarea unei analize SWOT asupra relației socio-tehnice asupra digitalizării proceselor de mentenanță a sistemelor de supraveghere aeriană.

6.5.1 Provocări ale digitalizării la nivelul UE – implicații pentru factorul uman

Pentru a vizualiza mai bine componentele implicate am apelat la câteva raportări realizate la nivelul Uniunii Europene. În Figura 6.2, se poate observa pe componente indicele economiei și societății digitale [wDIG, 22] în anul 2021. Putem observa în fruntea clasamentului cu procente între 60 și 70 % țări precum Danemarca, Finlanda, Suedia, Olanda iar la coada clasamentului cu un nivel cuprins între 30 și 40 % țări precum Bulgaria și România. Media în ceea ce privește indicele economiei și societății digitale la nivelul Uniunii Europene este de 50 %.

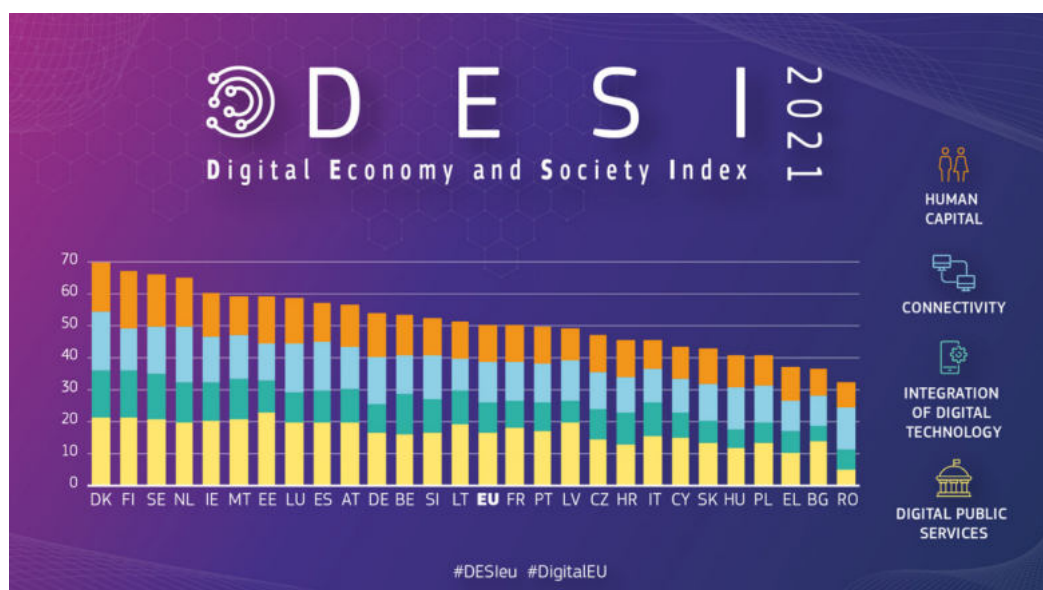


Figura 6.2: Indicele economiei și societății digitale 2021

România, cu toate că a înregistrat evoluții minore [wPRO, 22] ale punctajului obținut (Tabel 6.6), nu reușește să surclaseze niciunul din statele UE și pentru al patrulea an consecutiv rămâne în coada clasamentului. Acest fapt se datorează în parte și din cauza instabilității politice și a precarei guvernări.

Tabel 6.6: Situația României în privința digitalizării

	România		UE
	loc	punctaj	punctaj
DESI 2021	27	32,9	50,7
DESI 2020	26	40,0	52,6
DESI 2019	26	36,5	49,4
DESI 2018	26	35,1	46,5

Un alt aspect foarte important care este de luat în seamă este că România înregistrează un punctaj relativ bun în ceea ce privește infrastructura necesară digitalizării respectiv conectivitatea. România se situează pe locul 10 în ceea ce privește conectivitatea. În 2020, aceasta și-a îmbunătățit rezultatele în ceea ce privește acoperirea, dar a stagnat în ceea ce privește utilizarea generală. Acoperirea de bandă largă a crescut până la 87 %, atingând media UE. Concurența puternică bazată pe infrastructură înregistrată în România, în special în zonele urbane, se reflectă în indicatorul de acoperire a rețelelor de foarte mare capacitate fixe (VHCN) de 76 %, cu mult peste media UE de 59%. În schimb componentele de capital uman, integrarea tehnologiei digitale respectiv serviciile publice digitale sunt la un nivel extrem de scăzut în comparație cu rezultate înregistrate de celelalte state ale Uniunii Europene.

6.5.2 Rolul capitalul uman din perspectiva digitalizării

La nivelul Uniunii Europene putem constata din Figura 6.3 în numărul angajaților specialiști în tehnologia informațiilor și comunicațiilor (TIC) a rămas relativ constant graficul evidențiind procentul acestor angajați în funcție de mărimea întreprinderilor dată de numărul total de angajați.

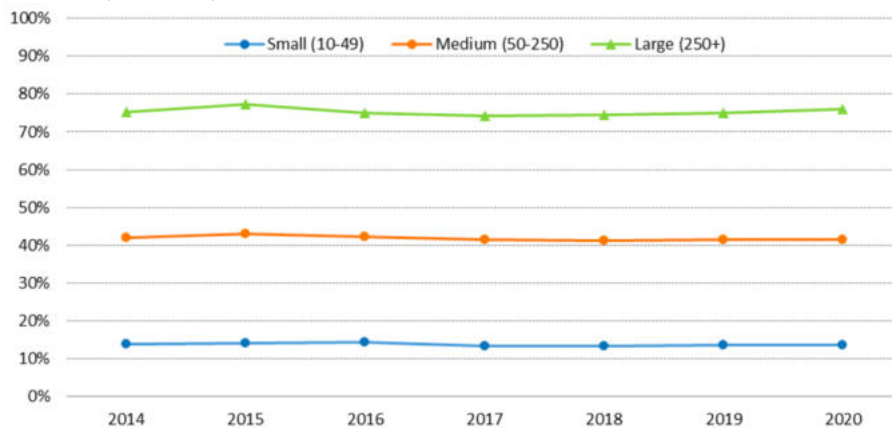


Figura 6.3: Întreprinderile care angajează specialiști TIC (% din întreprinderi), 2014-2020

Un specialist în TIC proiectează, întreține și oferă servicii pentru sistemele utilizate pentru a stoca, prelua și trimite date. În acest domeniu este disponibil un spectru larg de cariere, de la susținerea colecției unei biblioteci până la gestionarea tehnologiei utilizate în operațiunile militare. Calificările profesionale pot varia în funcție de industria specifică și de postul respectiv, dar pot include o diplomă în informatică sau într-un domeniu conex.

Folosind simulatorul de pe platforma DESI a Uniunii Europene am extras date (Figura 6.4) privind numărul de absolvenți cu studii în tehnologia informațiilor și comunicațiilor de unde putem remarca faptul că în ultimii 4 ani se constată o creștere mai pronunțată față de alte state a procentului acestor absolvenți deși România are un număr mare de absolvenți în domeniul TIC (locul 4), deficitul de specialiști ține la un nivel scăzut capacitatea țării de a crea inova și a profita de avantajele transformării digitale.

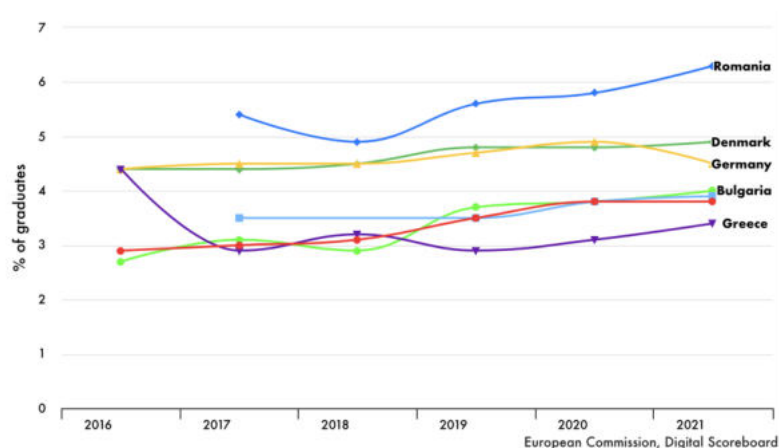


Figura 6.4: Evoluția procentuală a absolvenților de studii TIC

6.5.3 Soluții de integrare a tehnologiei digitale în mentenanța sistemelor specializate

Pentru realizarea indicelui economiei și societății digitale în capitolul dedicat integrării tehnologiei digitale (Figura 6.5, Sursa: DESI 2021, Comisia Europeană.), s-au avut în vedere 3 elemente și anume intensitatea digitalizării tehnologiile digitale pentru a face și e-Commerce-ul.

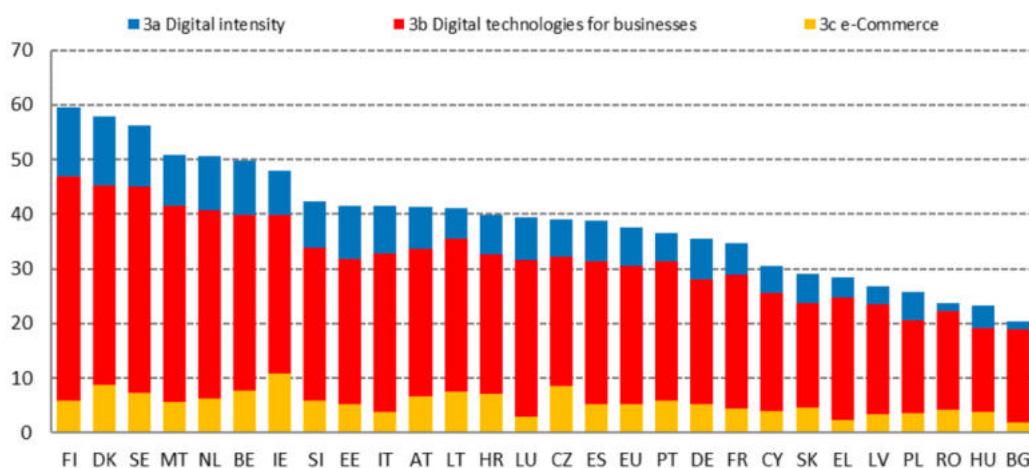


Figura 6.5: Indicele economiei și societății digitale (DESI) 2021, Integrarea tehnologiei digitale.

România se situează pe locul 25 în UE în ceea ce privește integrarea tehnologiei digitale în activitățile întreprinderilor. Majoritatea indicatorilor din această dimensiune se situează cu mult sub media UE. Doar o treime dintre IMM-uri au cel puțin un nivel de bază de intensitate digitală, în comparație cu media UE de 60%. Deși 17% dintre IMM-urile române profită de oportunitățile oferite de comerțul online, s-ar putea înregistra mai multe vânzări transfrontaliere. Doar 17% dintre întreprinderi emit facturi electronice, cu mult sub media UE de 32%. Aproximativ 8% dintre întreprinderi utilizează platformele de comunicare socială (nivel scăzut în comparație cu media UE de 23%), 13% utilizează servicii de tip cloud (media UE: 26%) și numai 5% dintre acestea analizează volume mari de date. În același timp, 31% dintre întreprinderi utilizează inteligența artificială, cu mult peste media UE de 25%. Procentul întreprinderilor care utilizează TIC pentru durabilitate este de 68%, cu puțin peste media UE de 66%.

6.5.4 Implementarea digitalizării în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană

Logistica la nivelul sistemelor de supraveghere aeriană s-a dezvoltat tot mai mult întrucât a trebuit să se alinieze la nivel interoperabilitate și capabilități a structurilor din care România. Mentenanța ca parte a logisticii are nevoie din ce în ce mai mult de beneficiile digitalizării în sensul în care costurile implicate sunt extrem de mari iar acestea trebuie optimizate. Mentenanța a evoluat rând pe rând de la mentenanța programată și cea corectivă la cea predictivă și cea bazată pe fiabilitate. Mentenanța presupus din totdeauna date colectate privind temperatura nivelul de zgomot toate acestea realizându-se cu senzori a căror interpretare era realizată de factorul uman. Digitalizarea și-a arătat rând pe rând beneficiile întrucât datele și semnalele de la senzori au putut fi monitorizate înregistrate și comparate în mod automat cu date de referință/catalog, elementul de noutate al mentenanței predictive fiind realizat de capabilitatea de predicție prin analiza Big Data, utilizând elemente de inteligență artificială, capabile să ofere suport decizional decidenților.

Perspectivile de mentenanță predictivă reprezintă un atu extrem de valoros în îmbunătățirea mentenanței și fiabilității generale a unei operațiuni. Printre beneficii se numără:

- ❑ reducerea la minimum a numărului de defecțiuni neașteptate;
- ❑ maximizarea timpului de funcționare a activelor și îmbunătățirea fiabilității activelor;
- ❑ reducerea costurilor operaționale prin efectuarea întreținerii numai atunci când este necesar;
- ❑ maximizarea orelor de producție;
- ❑ îmbunătățirea siguranței;
- ❑ raționalizarea costurilor de mentenanță prin reducerea echipamentelor, a costurilor de inventar și a forței de muncă.

6.5.5 Identificarea obstacolelor în implementarea IA

În urma în urma analizei realizate am identificat o serie de neajunsuri, marea majoritate a acestora ținând de factorul uman atât la nivel execuțional cât și la nivel decizional. Am căutat astfel să identific obstacolele în implementarea inteligenței artificiale ca o variantă de suplینire a neajunsurilor constatate anterior. În baza sondajelor efectuate de compania IPSOS [wSUR, 22] am identificat patru astfel de obstacole evidențiate în Figura 6.6, astfel:

- ❑ este dificil să se angajeze personal nou cu competențele adecvate – 57%;
- ❑ costul adoptării – 52%;
- ❑ costul de adaptare a proceselor operaționale – 49%;
- ❑ lipsa de competențe în rândul personalului existent – 45%.

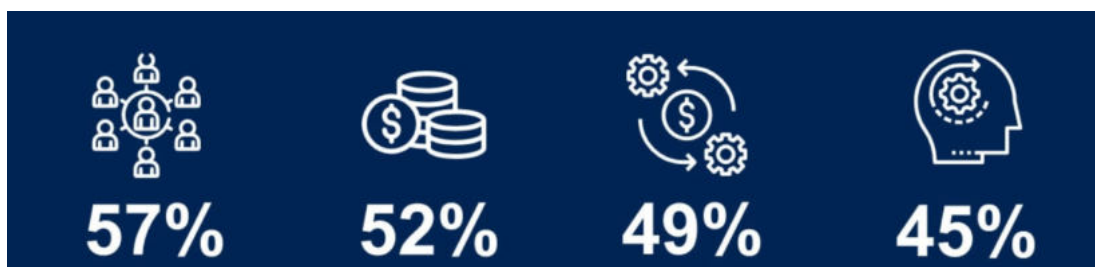


Figura 6.6: Obstacole identificate în implementarea IA; sursă: sondaj Ipsos

Pentru a obține o imagine mai elocventă asupra implementării tehnologiei IA, am preluat rezultatele companiei Ipsos ce a realizat un chestionar [IPS, 20] la nivelul firmelor din EU27 (excluzând Regatul Unit, Islanda și Norvegia) în care respondenții (în număr de 8861) au fost întrebați "Care este stadiul implementării tehnologie IA în firma dumneavoastră?" Rezultatele (Figura 6.7) au fost clasificate în două sectoare pe domenii de activitate (prima parte cu companii profil tehnic din domeniul agriculturii, construcțiilor, transporturilor, gestionarea deșeurilor, vânzări și alimentație, iar cea de a doua parte cu companii profil socio-uman din domeniul hotelier, IT, investiții imobiliare, educație, sănătate, sector cercetare)

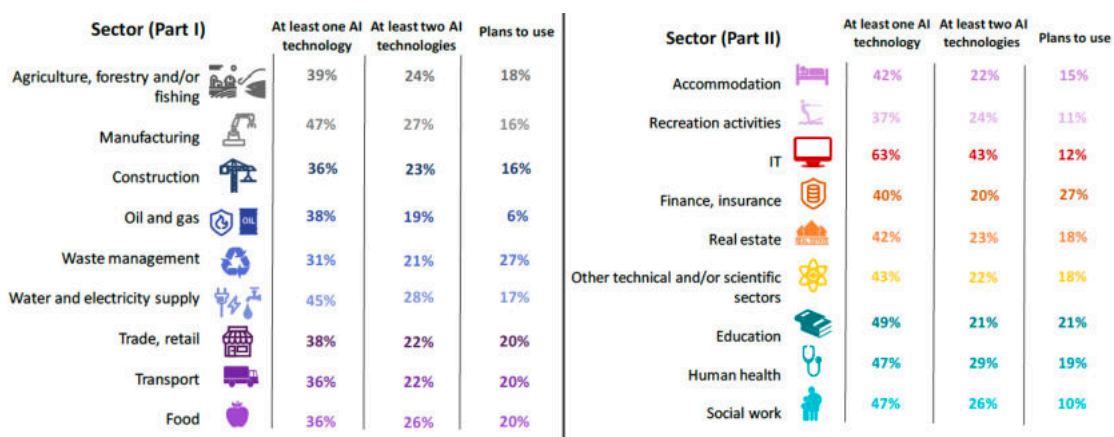


Figura 6.7: Stadiul implementării IA la nivelul firmelor din EU27

Tragem concluzia că Inteligența artificială, deși este atât de mediatizată, este într-o mică măsură integrată la nivelul companiilor și societății. Potențialul acesteia, alături de beneficiile, colectării și analizării datelor în Big Data, utilizarea serverelor cloud, interconectarea dispozitivelor la nivelul IoT, ce ne duce mai aproape de Industry 4.0, integrate și exploatate la adevărata lor valoare, dau direcția clară înspre care ne îndreptăm.

6.5.6 Analiză SWOT asupra relației socio-tehnice privind digitalizarea în mentenanța sistemelor de supraveghere aeriană

Relația om mașină a fost din totdeauna o provocare întrucât omul este predispus la reticență la nou, la o împotrivire la ieșirea din starea de confort pe care o are. Analiza SWOT (Tabel 6.7) propusă își dorește să identifice punctele tari și slabe oportunitățile și slăbiciunile acestei relații astfel încât să putem să trasăm direcții către un orizont de digitalizare luminos.

Tabel 6.7 Analiza SWOT a relației socio-tehnice privind digitalizarea proceselor de mentenanță

<p>STRENGTHS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digitalizarea mentenanței crește nivelul de precizie al identificării componentelor cu risc de defectare; - Scade timpii de realizare a mentenanței; - reduce timpii de scoaterii din stare de operativitate a tehnicii; - Creșterea puterii de procesare a datelor colectate folosind elemente de inteligență artificială și auto învățare; 	<p>WEAKNESSES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instruirea personalului se realizează greoi datorită reticenței la nou; - Lipsa simulatoarelor îngreunează instruirea operatorilor; - Deficiențe de personal la nivelul instructorilor pentru formarea operatorilor; - Deficiențe de personal la nivelul operatorilor;
<p>OPPORTUNITIES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizarea realității augmentate pentru instruirea operatorilor; - Stimularea personalului pentru a încadra structuri de mentenanță specifice sistemului de supraveghere aerian; - Acoperirii întregului spectru de defecțiuni ce necesită mentenanță, utilizând simulatoare și tehnică de realitate augmentată; - absorbția de fonduri pentru dotarea atelierelor de reparații și perfecționarea laboratoarelor de instruire a operatorilor; - Utilizarea block-chain pentru procesele de mentenanță; 	<p>THREATS</p> <ul style="list-style-type: none"> - securizarea infrastructurii digitale în privința atacurilor cibernetice; - Posibilitatea penetrării de la distanță a sistemelor informatice și disturbarea lanțurilor de alimentare necesare mentenanței; - întâzieri rău intenționate ale proceselor de mentenanță prin afectarea etapelor de logistică;

Analizând punctele tari și slabe constatăm încă o dată că elementul problematic, fără care de altfel nu se poate realiza mentenanța, este factorul uman. În primul rând ne confruntăm cu o deficiență de personal datorat neatractivității mediului și în al 2-lea rând datorat nivelului precar de pregătire al acestora.

6.5.7 Concluzii parțiale

Actuala criză a energiei având drept catalizator conflictul din Ucraina, ne îndeamnă și obligă la regândirea sistemelor și identificarea și exploatarea surselor de energie convențională și regenerabilă. Sistemele de supraveghere aeriană prin obligativitatea de a putea furniza permanent 24/7 informații asupra a spațiului aerian, necesită realizarea mentenanței în orice condiții și cu orice costuri. Este de

preferat o mentenanță predictivă în care datele culese de la senzori să fie integrate în sisteme digitalizate, pentru a putea realiza predicții valoroase necesare și oferirea de variante viabile factorului decizional. Totodată constatăm dificultățile în recrutarea personalului cu pregătire adecvată și greutatea cu care soluțiile de digitalizare sunt acceptate și implementate la nivelul sistemelor de supraveghere aeriană.

Propunem ca direcții de urmat:

- ▣ Dezvoltarea bazei de selecție a tinerilor prin stimularea hub-urilor de educație, de formație tehnică;
- ▣ Stimularea pregătirii tinerilor cu potențial pentru dezvoltare personală și profesională;
- ▣ Creșterea atractivității posturilor de mentenanță, prin delimitarea clară de sarcinile administrative și birocratice;
- ▣ Filtrarea personalului prin testare periodică și reîncadrarea pe o schemă de ierarhizare care să delimiteze clar personalul pe nivele de competență;
- ▣ Stimularea materială și financiară a personalului din mentenanță care obțin rezultate la cele mai înalte standarde;
- ▣ Oferirea posibilității de instruire cu partenerii externi;
- ▣ Implementarea cât mai rapidă a noilor tehnologii, asemeni partenerilor din țările mai dezvoltate, cu menținerea stabilității, securității fizice și cibernetice, a sistemelor de supraveghere aeriană.

O planificare riguroasă care va ține cont de doleanțele pertinente ale personalului de execuție din cadrul mentenanței sistemelor de supraveghere aeriană, alocarea/accesarea fondurilor pentru investiții, implementarea organică a soluțiilor tehnologice noi, vor concura ca pe viitor amortizarea echipamentelor să fie una rapidă iar reziliența sistemelor de supraveghere aeriană să fie la cote maximale.

7 STUDII DE CAZ, APLICAȚII PRACTICE ȘI JOCURI DE OPȚIUNI REALE CU IMPACT ÎN MANAGEMENTUL RISCULUI ÎN MENTENANȚA SISTEMELOR DE RADIOLOCAȚIE

Capitolul se constituie ca un element definitoriu al tezei, în care se realizează o serie de studii cu impact asupra domeniului cercetat. Un obiectiv esențial al tezei, tratat în acest capitol, este orientat pe studiile de caz privind identificarea evenimentelor produse, a cauzelor și factorilor ce au determinat producerea lor și a măsurilor de intervenție necesare (cedarea rulmentului de rotire, ruperea piedestalului sub influența vântului puternic sau în rafale, radom distrus de fulger).

Două aplicații practice au fost realizate privind monitorizarea vibrațiilor ca metodă predictivă pentru managementul optimizat al riscurilor inerente (un studiu 2D în condiții de laborator pe bancul experimental având ca suport radarul didactic SkyRadar, a completului produs de IFM Germania format din senzor de accelerație VSA004, unitate de achiziție și prelucrare date VSE002, lampă de semnalizare, precum și o unitate laptop unde a fost instalat softul de interpretare a datelor și stabilirea limitelor de avarie și defecțiune majoră; al doilea studiu 3D în condiții reale de zbor ce utilizează pentru monitorizare vibrațiilor un montaj Arduino UNO, alimentat de la o sursă de alimentare de 12V, ce are atașați o serie de senzori: GPS cu antenă, senzor 6DOF, barometru, RTC Real Time Clock) și un logger (înregistrator) dotat cu o memorie (SD card). În capitol se regăsește o propunere de utilizarea AR în mentenanța la distanță.

Rezultatele din analiza utilizării flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație, sunt spectaculoase. Ele evidențiază faptul că decidenții actuali pot fructifica proceduri analitice mai avansate pentru a lua decizii strategice de investiții în arhitecturile de sisteme de radiolocație. Prin integrarea paradigmei opțiunilor reale se evidențiază un mod inedit de evaluare și înțelegere a modului de formulare a deciziei strategice. Aplicarea metodei opțiunilor reale a evidențiat soluții strategice de creștere a valorii unui proiect gestionând în același timp riscurile; în cadrul studiului au fost considerate opțiunile de expansiune și respectiv cele de abandon.

Modelarea riscului factorului uman pentru anticiparea și predicție evoluției factorilor de risc implicați în mentenanța de radiolocație este propusă a se realiza prin integrarea BodyCam ori ochelari de realitate augmentată (AR) în procesul de executare a lucrărilor de mentenanță. Astfel se poate realiza instructajul asistat al personalului mai slab calificat, precum și înregistrarea activității de executare a mentenanței pentru constituirea într-o bază de date (BigData) ce poate fi încărcată într-un cloud guvernamental de unde într-o primă fază poate fii auditată tehnic de către echipe de specialiști iar pe viitor poate constitui elemente de analiză pentru un model de Inteligență Artificială (AI). Această ultimă soluție propusă este la acest moment ideatică și reprezintă **un pariu cu viitorul** La acest moment IA este în măsură a se raporta doar la baze de date tip text și incipient voce. Evoluția ei însă este spectaculoasă. Se estimează că într-un viitor nu foarte îndepărtat, în baza unei analogii cu modelul prelevării de celule STEM, înregistrările video a operațiunilor de radiolocație să reprezinte baza de date, colectată deja, necesară dezvoltării unui motor de Inteligență Artificială dedicată mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit managementului riscurilor acestora. Constituirea unui registru digital în care fiecare element implicat în mentenanță este categorisit pentru realizarea analizei fiabilității umane. Prin urmărirea executării operațiunilor de mentenanță și prin evaluări

periodice a nivelului de pregătire, se clasifică categoriile de personal pe grad de pregătire (de expertiză/competență, evaluată prin teste de diferite complexități asemeni STANAG 6001 lingvistic), echipamentele pe grade de complexitate și a riscurilor pe probabilitate de apariție și de impactul potențial. Toate aceste conduc către creșterea responsabilității personalului implicat în executarea mentenanței de radiolocație prin scăderea erorilor de comitere și de omisiune.

7.1 SC1 – Situația defectării rulmentului de rotire la un radar de descoperire distanțe mari

7.1.1 Descrierea situației

La un radar de supraveghere aeriană de mare distanță s-a constatat uzură excesiv de mare care se materializa prin vibrații la nivelul platformei electronice. Deși conform fișei de intervenție asupra elementului de rulare au fost executate lucrările de mentenanță în volum complet cu utilizarea uleiurilor și dispozitivelor adecvate, uzura a apărut și în urma raportării defecțiunii către eșalonul dedicat, acesta a luat decizia opririi rotirii radarului respectiv și în consecință scoaterea acestuia din stare de operativitate pentru analiză detaliată și ulterior corectarea defecțiunii. Pentru a constata cauzele producerii defecțiunii s-a constituit o comisie însărcinată cu investigarea situației și căutarea soluției optime pentru readucerea în stare de operativitate în cel mai scurt timp a sistemului de supraveghere aeriană scos din capacitatea.



Figura 7.1: Zona tehnică a sistemului de rotire inspectată vizual de tehnician

7.1.2 Anchetarea defecțiunii

Comisia de 3 membri, constituită din ingineri și specialiști în domeniu vibrațiilor s-a deplasat la fața locului. Pentru analizarea circumstanțelor apariției defecțiunii au fost solicitate la nivelul radarului documentația tehnică, fișele de mentenanță, graficul de mentenanță, mostră din soluțiile lubrefiante folosite. De asemenea au fost prelevate probe de lubrifiant din grupul de pompare de la

nivelul rulmentului de rotire al radarului care ulterior au fost trimise la laborator pentru a se constata starea acestora privind gradul de lubrifiere și nivelul de particule metalice reziduale din acesta. Totodată folosind instrumente dedicate, au fost măsurate uzurile la nivelul căilor de rulare respectiv a roților din rulmentul special. O altă măsurătoare executată a avut în vedere orizontalitatea platforme electronice.

7.1.3 Rezultatele măsurătorilor

În urma analizei de laborator a lubrifiantului s-a constatat că acesta deși avea starea de lubrifiere necesară prezenta particule metalice în exces rezultate de la uzura excesivă a căilor de rulare respectiv al roților din rulmentul special. În urma măsurătorilor s-a constatat că planeitatea platformei electronice nu era limita de toleranță admisă fapt care a cauzat solicitarea excesivă asupra rulmentului. În urma datelor obținute comisia a putut constata defecțiunea cauzele ce au stat la apariția defecțiunii însă nu au putut stabili de ce platforma electronică nu era în toleranțele admise privind planeitatea. Totodată comisia raportul pe care l-a executat a atras atenția că oprirea la timp a rotirii radarului și folosirea acestuia cu rulmentul uzat putea cauza alte probleme asupra antenei provocând daune materiale consistente precum și risc asupra personalului care deservea tehnica respectivă. Daunele materiale nu au fost impuse personalului de serviciu întrucât situația s-a datorat instalării sistemului de rotire într-un unghi în afara toleranțelor admise de manualul tehnic al instalației.

7.1.4 Soluția propusă

Executat s-a finalizat cu o soluție propusă aceasta constând în corectarea planeității platformei electronice înlocuirea rulmentului de rotire înlocuirea lichidului de lubrifiere de la nivelul grupului de rotire și monitorizarea grupului de rotire pe o perioadă de minim 6 luni. Întrucât la nivelul radarului nu există dispozitive speciale pentru măsurarea vibrațiilor respectiv un analizor al lichidului de lubrifiere, monitorizarea s-a realizat numai din punct de vedere optic vizual.

7.1.5 Concluzii și contribuție/propunere personală

Constatând problematica acestei defecțiuni și analizând modul de tratare a acestor situații la nivelul companiilor din industria auto-motive, propun ca pentru reducerea riscului de apariția acestui defecțiuni o soluție care presupune achiziția și instalarea unor instrumente dedicate privind monitorizarea vibrațiilor (tip SKF, IFM sau BoB assistant) respectiv achiziția unor sonde dedicate parametrilor lichidului de lubrifiere, instruirea personalului pentru interpretarea alertelor și mesajelor, precum și racordarea acestora pentru transmiterea informațiilor la nivel central pentru luarea măsurilor adecvate de planificare și executare a mentenanței.

7.2 SC2: Antena smulsă de pe platformă electronică

7.2.1 Descrierea situației

Radar cu distanță mare de descoperire cu antena tip paraboloid plin și transmiterea energie pe ghid de undă. Poziția antenei radar față de dispunerea consolelor de unde personalul îndeplinea serviciul operativ, diferență de nivel de 30 m antena fiind dispusă pe un deal natural la o distanță de aproximativ 1000 m față de incinta administrativă de unde radarul era operat la distanță. Fără nici o atenționare la nivelul consolelor radar s-a constatat dispariția semnalului de pe indicatoarele de

observare. personalul de serviciu a constatat că vremea este neprielnică însă viteza vântului nu depășea limitele impuse de producător. la pierderea semnalului de radiolocație personalul de serviciu care îndeplinește de altfel și responsabilitățile de mentenanță primară ale radarului s-au deplasat către locul de dispunere al radarului respectiv shelter și antena dispus pe formațiunea deluroasă de lângă incinta tehnică și au constatat faptul că antena nu se mai afla la locul normal pe platforma electronică și aruncată la 30-50 m de locul firesc.

7.2.2 Anchetarea defecțiunii

În situația dată operatorii au raportat eșalonului superior despre apariția incidentului radarul la acest moment fiind scos din capacitate operațională. Zona de responsabilitate de supraveghere a spațiului aerian a radarului a fost desemnată către entități de radiolocație vecine astfel încât să nu existe premisele unor vulnerabilități în zona de responsabilitate. în vederea analizării incidentului a fost desemnată o comisie din ingineri și specialiști de radiolocație care s-au deplasat la fața locului și au procedat la efectuarea de măsurători și a studierea documentației tehnice, a fișelor de mentenanță a graficului de operare și a condițiilor meteo de la momentul incidentului. protocoalele în vigoare la data incidentului presupuneau că în momentul în care viteza vântului depășește 105 km/h sau există vânt în rafale să se raporteze eșalonului superior și doar cu aprobarea acestuia radarul să fie oprit și antena să fie trecută în mod liber deconectată de motorul de driver. menționăm că stația de radiolocație nu are în dotare stație meteo dotată cu anemometru care să determine viteza și intensitatea vântului în mod cert această aparatură fiind achiziționată din resurse proprii de către personalul care deservea sistemul de radiolocație. comisia a constatat de asemenea că sistemele de ancorate realizate din chingi textile nu au cedat cedarea de material realizându-se la nivelul picioarelor metalic care susțin platforma electronică.

7.2.3 Rezultatele anchetei

Constatările din teren au fost destul de elocvente acestea reliefând faptul că viteza foarte mare a vântului și vântul rafale a suprasolicitat structura de susținere a platformei electronice compusă din picioare din țevă rotundă în secțiune. suprasolicitarea picioarelor de susținere adus la îndoirea și ruperea câtorva dintre ele fapt care a determinat înclinarea platformei respectiv pierderea planeității acesteia. odată cu pierderea orizontalității platformei antena în mișcare a fost supusă în mod repetat unor forțe care nu erau calculate pentru aceasta și sub acțiunea repetată a vântului în rafale asupra suprafeței mari care face ca antena să se comporte asemeni unei vele, antena s-a desprins cu tot cu rulmentul de rotire de pe platforma electronică. Comisia a constatat că echipajul a acționat adecvat procedurilor în vigoare la momentul incidentului paguba fiind pusă pe seama producătorului.

7.2.4 Soluția propusă

Întrucât avem de a face cu o cedare de material comisia de constatare a evenimentului, a propus ca soluție înlocuirea antenei distruse cu mențiunea ca sistemul de susținere al platformei electronice să fie realizat de către producător într-o formulă care să asigure rezistența sporită la vânt în rafale sau vânt cu viteze mai mari. de asemenea ca măsură organizatorică și administrativă s-a luat decizia de schimbare a protocolului astfel că la constatarea depășirii vitezei vântului radarul să fie oprit automat de către personalul din tura de serviciu și abia apoi să fie raportată oprirea acestuia și

cauzele care au determinat oprirea acestuia. acest protocol vine să protejeze echipamentul și să scadă riscul de accidentare respectiv de cauzarea daunelor materiale la nivelul radarului. în continuare soluția de monitorizare a vitezei vântului a rămas neacoperită personalul suplimentând stația meteo de la nivelul radarului cu o alta mai performantă.

7.2.5 Concluzii contribuție/propunere personală

Analizând cauzele și efectele evenimentului, vin cu propunerea ca la nivelul fiecărei stații de radiolocație susceptibile de a avea probleme cauzate de viteza sporită a vântului respectiv întâi în rafale să fie dotată cu instrumente adecvate de măsurare a vitezei vântului care conectate în mod direct la sistemul de rotire al radarului să poată da comanda de oprire a rotirii radarului și trecerea antenei în poziție liber în vânt, cu semnalizarea adecvată și transmiterea raportărilor la eșaloanele beneficiare. soluția propusă vine ca o măsură de limitare a ah riscului la nivelul personalului de deservire a stației de radiolocație respectiv de micșorare a riscului de producere de accidente și crearea de pagube materiale la nivelul echipamentelor radar. odată oprită rotirea radarului, semnalizarea acustică și luminoasă a acestui fapt, permite personalului să ia măsurile adecvate situației, iar eșaloanele superioare să ordone structurilor vecine să realizeze acoperirea zonei de responsabilitate a radarului scos din operativitate.

7.3 SC3: Radare meteorologice, provocări în condiții extreme

Radarele meteorologice scanează în permanență atmosfera, furnizând date și imagini colorate ale furtunilor și evoluția acestora. Imaginile radar ajută meteorologii să avertizeze cu privire la fenomenele periculoase și să sprijine procesul decizional de luare a deciziilor finale utilizatorilor finali în toate aspectele sensibile la ploi și ninsori. Dar din când în când, ecranul este negru și nu există date disponibile. Pentru ca perioadele de indisponibilitate să fie cât mai cât mai scurte posibil, proprietarii radarelor efectuează operațiuni de mentenanță preventivă, monitorizează în mod constant calitatea datelor și, atunci când se întâmplă ceva, aceștia efectuează corecții și reparații cât mai repede posibil.

7.3.1 Rețelele radar ale serviciilor meteorologice europene

7.3.2 Principalele constatări ale sondajului

7.3.3 Mentenanța și monitorizarea echipamentelor radar

Mentanța preventivă. În cazul în care este esențial ca un dispozitiv să funcționeze tot timpul (cum este cazul avioanelor și, într-o anumită măsură, al radarelor), mentenanța trebuie efectuată nu numai atunci când se strică piesele, ci și în mod regulat (adică, mentenanță preventivă). Un avantaj suplimentar al întreținerii preventive este că aceasta poate fi planificată, în general ținând cont de condițiile meteorologice, pentru a minimiza riscul de întrerupere a activității în timpul unor evenimente meteorologice importante.

7.3.4 Este nevoie de mai mult decât de un radar pentru a produce date radar

7.3.5 Radar norvegian lovit de fulger

7.3.6 Discuții și concluzii parțiale

7.4 Aplicație de monitorizare a vibrațiilor pe Stand experimental 2D – integrarea metodei predictive la nivelul elementelor de rotire pentru managementul optim al riscurilor inerente

7.5 Aplicație de monitorizare a efectelor manevrelor de zbor asupra echipamentelor de radiolocație dispuse pe vectori aerieni 3D

În secțiunea anterioară în cadrul Aplicației de monitorizare a vibrațiilor pe standul experimental 2D am realizat colectarea și interpretarea datelor în condiții de laborator (2D) unde nu exista acțiunea factorilor externi (vânt, accelerații, diferențe severe de temperatură) sistemul fiind amplasat static. Singurele intrări sunt date de frecarea componentelor interne ce pot produce căldură, precum și șocuri artificiale care simulează fenomene exterioare.

Motivația alegerii analizei vibrațiilor la bordul unui vector aerian

Pentru a realiza o imagine cât mai reală a condițiilor ce afectează sistemele de Radiolocație dispuse în teren, în medii care mai de care mai nefavorabile, mi-am propus și am realizat un model de colectare a datelor în condiții reale (3D), ținând cont că o sumedenie de instalații de radiolocație se află dispuse la bordul aeronavelor și aici enumerăm:

- ▣ radare meteorologice pe toate aeronavele militare și pe o parte din cele civile îndeosebi pe cele de transport persoane;
- ▣ radare de descoperire ținte;
- ▣ radare de interceptare;
- ▣ radarele de ghidare a focului.

Vectorul aerian ales pentru desfășurarea studiului și realizarea aplicației de monitorizare a efectelor manevrelor de zbor asupra echipamentelor de radiolocație a fost planorul IS28-B2 din cadrul Aeroclubului României, Aerodromul Teritorial Sânpetru, înmatriculat YR-3600 (Figura 7.2). Am plecat de la ipoteza că solicitările cele mai mari în cazul echipamentelor de Radiolocație, apar la cele instalate la bordul aeronavelor deoarece asupra lor se exercită forțe și presiuni reprezentate de:

- ▣ șocurile provocate la decolare/aterizare;
- ▣ accelerațiile (pozitive și negative) provenite din evoluția vectorului aerian;
- ▣ diferențele de presiune și temperatură datorate evoluției pe altitudine a vectorului aerian.



Figura 7.2 Planorul IS28B2, YR-3600

Schemă de achiziție a datelor în condiții 3D

În vederea monitorizării vibrațiilor am realizat un sistem capabil să achiziționeze date în timp real pe un vector 3D care se deplasează cu viteze de zbor de 25-40 m/ s.. În Figura 7.3 am reprezentat schema bloc de interconectare a componentele sistemului de achiziție, prelucrare și stocare a datelor. Elementul de bază este reprezentat de un Arduino UNO, alimentat de la o sursă de alimentare de 12V, căruia i-am atașat o serie de senzori: GPS cu antenă, senzor 6DOF, barometru, RTC Real Time Clock) și un logger (înregistrator) dotat cu o memorie (SD card)

Arduino Uno este o placă de microcontroler bazată pe ATmega328P. Are 14 pini de intrare/ieșire digitală (dintre care 6 pot fi utilizați ca ieșiri PWM), 6 intrări analogice, un rezonator ceramic de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), o conexiune USB, o mufă de alimentare, și un buton de resetare. Acesta conține tot ce este necesar pentru a susține microcontrolerul; pentru a începe, este suficient să fie conectat la un computer cu un cablu USB sau să fie alimentat cu un adaptor AC/DC sau cu o baterie. Costurile acestuia sunt infime, iar dispozitivul poate fi cumpărat de pe platforme online

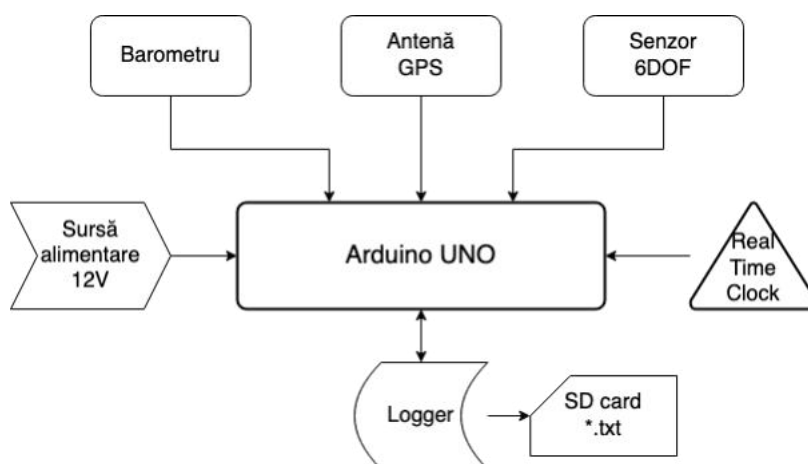


Figura 7.3 Schema de achiziție a datelor în condiții 3D

Caracteristici tehnice ale Modulului GY-521 cu senzor giroscopic si accelerometru 3 axe cu chip MPU-6050, ADXL345 (Figura 7.4 - Sursa foto: <https://www.sigmanortec.ro/Modul-giroscopic-si->

Tensiune alimentare: 3-5 VDC (stabilizator tensiune intern)

Comunicare: standard IIC

Domeniu giroscop: + 250, 500, 1000, 2000° /s

Domeniu accelerometru: ± 2 , ± 4 , ± 8 , ± 16 g

Dimensiuni (mm): 21*15

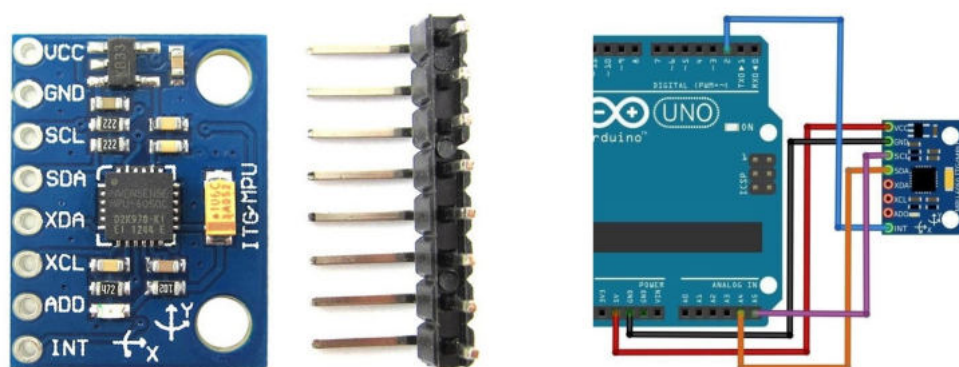


Figura 7.4 Modulului GY-521 cu senzor giroscopic si accelerometru 3 axe cu chip MPU-6050, ADXL345 (a) kit montaj, (b) schema de conexiuni

Modul GPS NEO-6M

Modulul GPS GY-NEO6MV2 (Figura 7.5) este ușor de folosit, comunică prin intermediul transmisiei seriale, și se alimentează la 5V. Poate fi folosit cu un baudrate de 4800, 9600 sau 115200 kbps. Specificatii tehnice ale modului:

- Tensiune alimentare: DC 5V;
- Model: GY-GPS6MV2;
- Antena: confecționată din ceramică;
- EEPROM pentru salvarea informației atunci când se întrerupe alimentarea;
- Baterie de rezerva;
- Dimensiunea antenei: 25 x 25 mm;
- Dimensiunea modului: 26 x 36 mm;
- Diametrul găurii de montare: 3 mm;



Figura 7.5 Modul GPS NEO-6M

Adaptorul card memorie SD (Figura 7.6) are rolul de a stoca datele culese și interpretate de kitul Arduino, în vederea analizei ulterioare la sol

Caracteristicile modulului sunt următoarele:

- ▣ Suportă cardul Micro SD (<=2G), cardul Micro SDHC (<=32G) (card de mare viteză)
- ▣ Placa de circuit de conversie a nivelului care poate interfața nivelul este de 5V sau 3,3V
- ▣ Alimentarea cu energie este de 4,5V ~ 5,5V, placa de circuit de reglare a tensiunii de 3,3V
- ▣ Interfața de comunicare este o interfață SPI standard
- ▣ 4 găuri de poziționare a șuruburilor M2 pentru o instalare ușoară
- ▣ Dimensiune: 4,1 x 2,4 cm

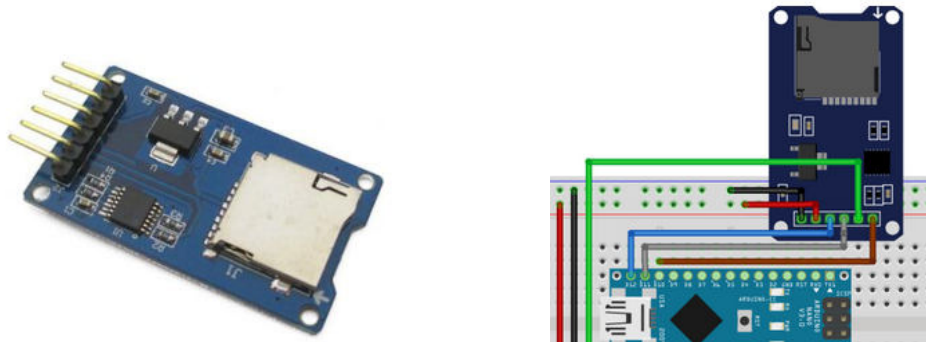
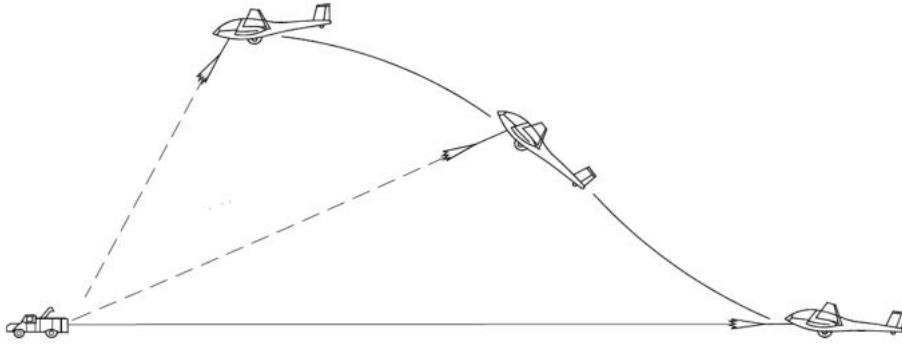


Figura 7.6 Adaptor card memorie SD (a) kit montaj, (b) schemă conexiuni

Managementul achiziției datelor

Pentru realizarea achiziției datelor în vederea realizării obiectivelor propuse am stabilit și executat următorii pași:

- ▣ instalarea sistemului de achiziție la bordul vectorului aerian;
- ▣ Stabilirea scenariului de zbor;
- ▣ Am stabilit un scenariu cu un tur clasic de pistă în care am simulat fazele:
 - Rulaj (șocuri fuzelaj aeronavă datorate pistei cu iarbă);
 - Decolarea /desprinderea;
 - Pantă accentuată în decolare (accelerații pozitive);
 - Zbor orizontal cu viraje (rului și tangaj);
 - Punerea pe pantă (accelerații negative);
 - Aterizarea (șocuri contact cu solul);
 - decelerare până la viteza zero.
- ▣ Extragerea datelor din înregistrator
- Interpretarea datelor utilizând aplicații online Google Earth pentru localizarea precisă și DroneePlotter pentru evidențierea datelor colectate.



- Figura 7.7 Decolarea planorului la automosor

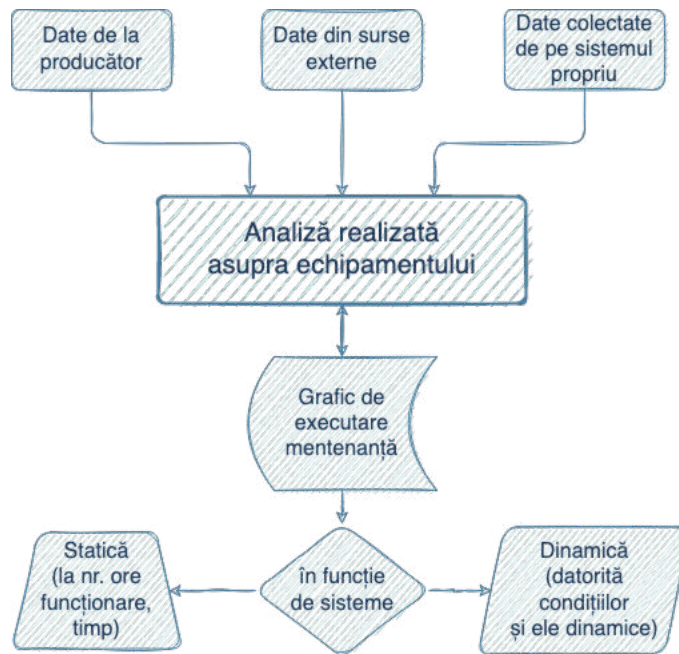


Figura 7.8: Diagrama de analiză asupra echipamentului pentru stabilirea graficului de mentenanță

Figura 7.9 prezintă traiectoria efectuată de aeronavă, Aceasta a fost realizată prin corelarea datelor de accelerație și girație în raport cu poziția GPS a aeronavei, altitudinii și mișcărilor de rulu și tangaj. Punctele A, B, C, E, D reprezintă etapele esențiale de zbor.



Figura 7.9 Traiectul aeronavei pentru testarea senzorilor in condiții 3D

Interpretarea datelor

Pentru a analiza datele colectate de senzori în cadrul traiectului de zbor realizat, am notat etapele esențiale de zbor după cum urmează:

<p>Etapa de decolare (zona marcată pe grafic cuprinsă între punctele A-B):</p> <p>s-au evaluat factorii de risc ce influențează echipamentele de radiolocație montate la bordul aeronavei pentru următoarele etape identificate ca fiind critice</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Rulaj pe sol ○ Desprinderea ○ 	
<p>Etapa de accelerare și atingere a altitudinii de zbor: (zona marcată pe grafic cuprinsă între punctele B-C)</p>	

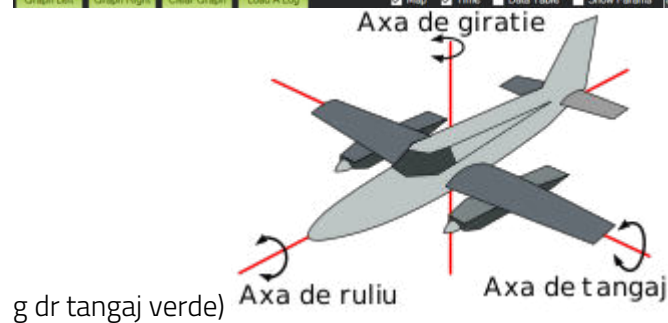
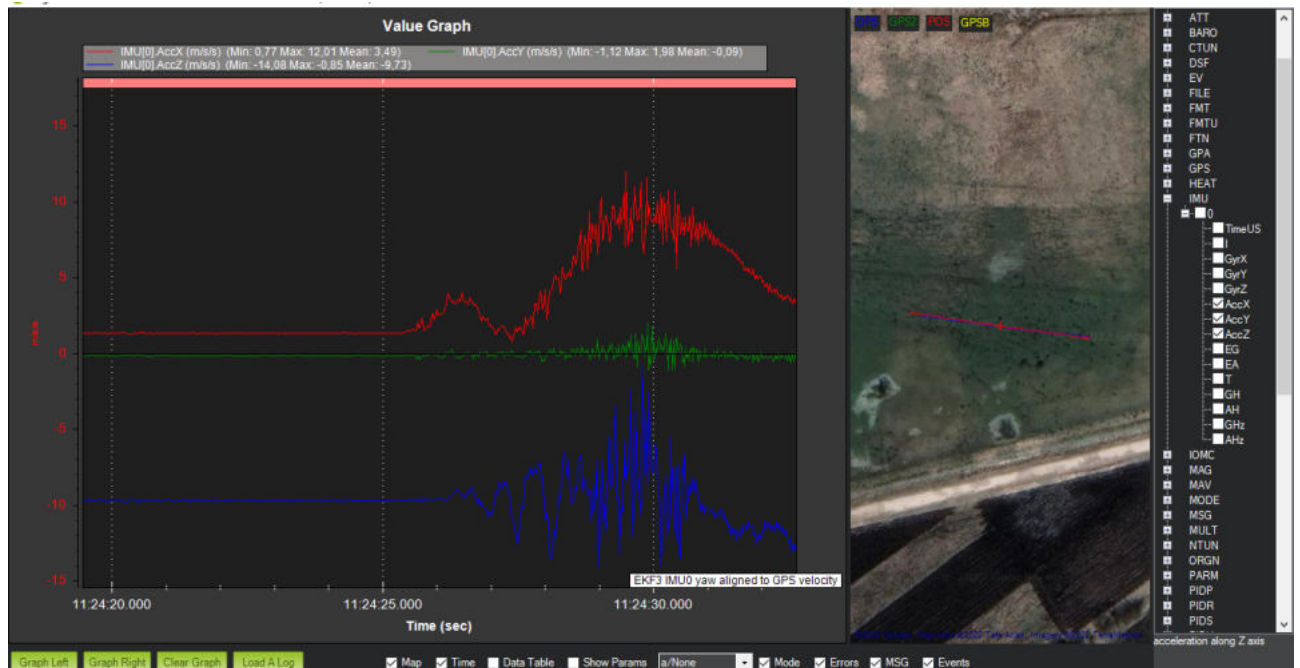
<p>In aceasta etapă a zborului s-au urmărit modul in care următoarele etape influențează echipde rdlc</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accelerarea pe pantă - Momentul desprinderii cablului de tractare mosor 	
<ul style="list-style-type: none"> - Etapa zbor orizontal (zona marcată pe grafic cuprinsă între punctele C-D): <ul style="list-style-type: none"> o Accelații cu valori foarte mici o Viraje (Ruliu și tangaj) 	
<ul style="list-style-type: none"> - Etapa de aterizare (zona marcată pe grafic cuprinsă între punctele D-E):: 	

- :
-
-
- o Punerea pe pantă (accelerații negative)
- o Aterizarea (șocuri contact cu solul)
- o decelerare până la viteza zero.

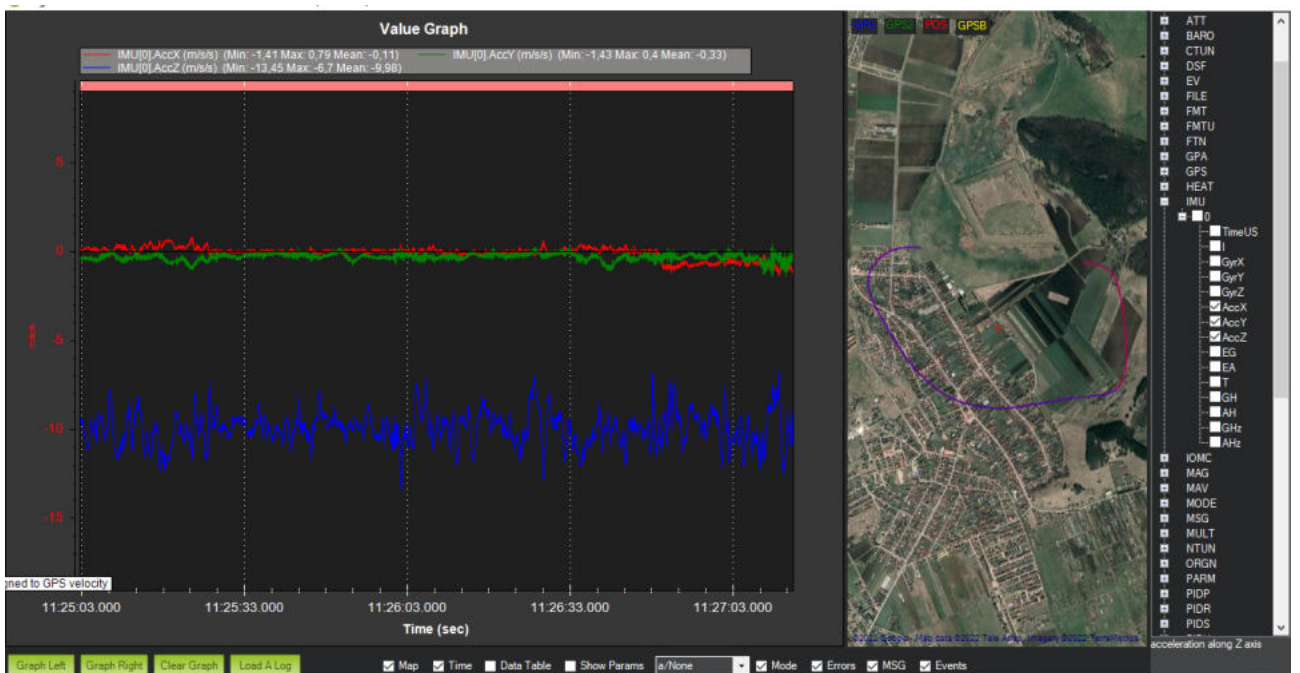
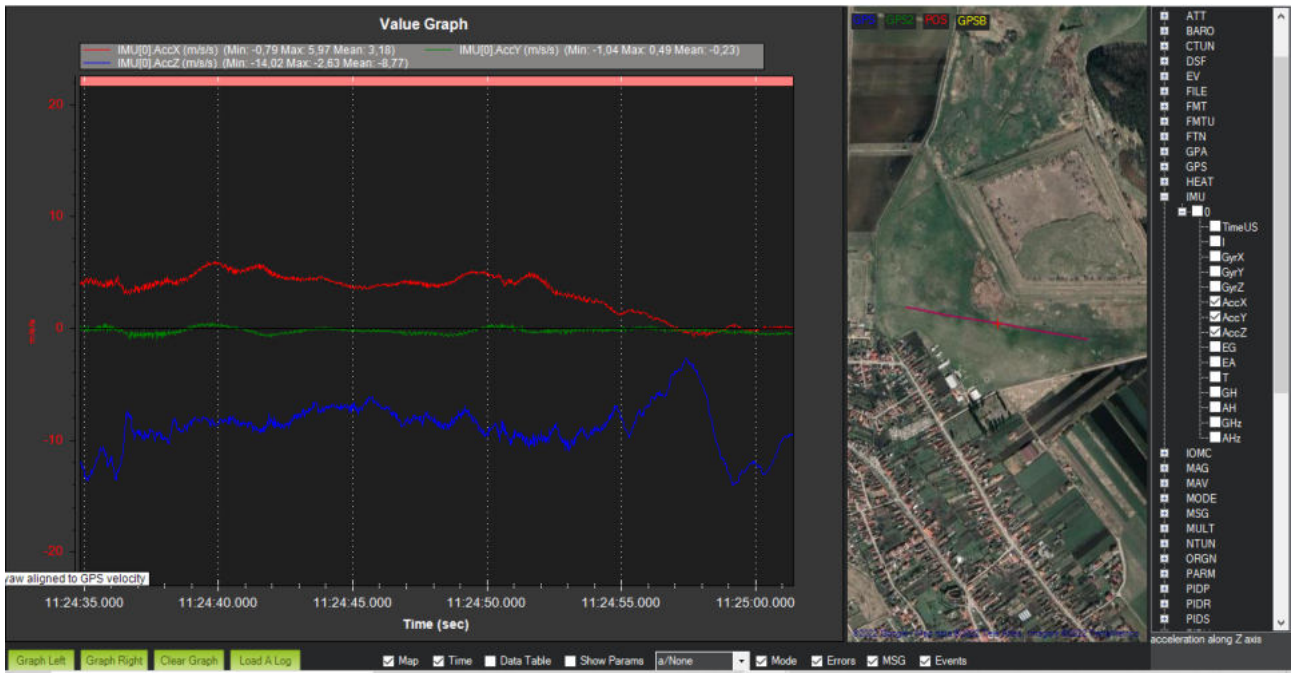
Aceasta a fost realizată prin corelarea datelor de accelerație și girație în raport cu poziția GPS a aeronavei, altitudinii și mișcărilor de ruliu și tangaj.

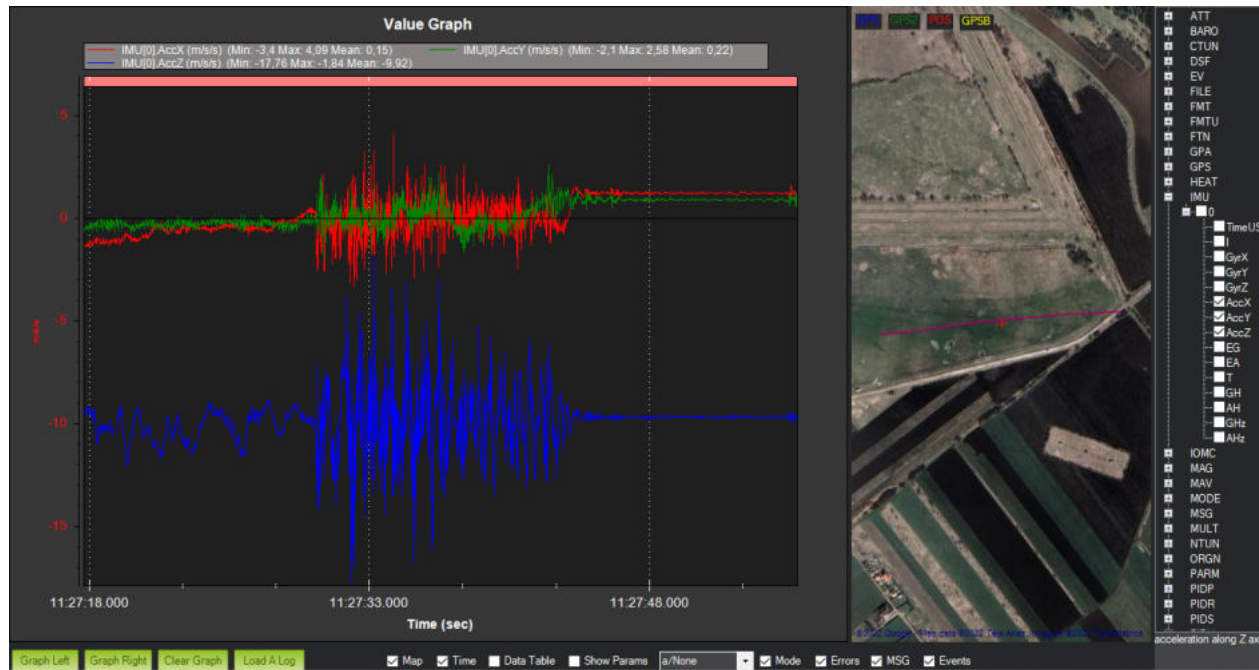
Decolări și aterizări
Socuri

În graficul Este evaluată etapa de rulare și decolare de pe pista înierbată, cuprinsă între punctele A-B, unde am identificat pe datele colectate cu ajutorul loggerului din montajul experimental realizat, variația vibrațiilor pe cele 3 axe marcate cu culori distincte (avion cu axele z vert giratie albastru x longitudinal ruluu rosu si y st



- pe axa x se poate observa creșterea accelerațiilor odată cu compensarea la orizontală a aripilor de către pilot și rulajul aeronavei pe sol. Valoarea vibrațiilor crește relativ constant până când aeronava a ajuns la viteza de desprindere de sol, unde valoarea lor s-a stabilizat. În această etapă valoarea maximă pe axa x a fost 10mm/s^2
- pe axa y valoarea accelerațiilor este neglijabilă atingând un maxim de 1mm/s^2
- pe axa z s-au înregistrat cele mai mari variații ale accelerațiilor, în comparație cu axa x, pe această axă variațiile fiind cu amplitudine și frecvență mare atingând maxime de 13mm/s^2





Concluzii

Am constatat următoarele aspecte concludente pentru studiu:

- cele mai mari vibrații cu impact major asupra echipamentelor de radiolocație se evidențiază în etapele de decolare și aterizare;
- Din măsurători am constatat că variația vibrațiilor pe axa Z este cea mai dăunătoare datorită frecvenței și amplitudinii cu care apare;
- Axa X are valori relative scăzute pe etapele de decolare și aterizare, iar valorile ei sunt neglijabile în celelalte etape ale zborului (zbor plan);
- Axa Y are valori neglijabile în toate etapele zborului.

Contribuția personală

Rezultatele obținute indică faptul că proiectarea și mentenanța sistemelor de radiolocație trebuie să țină cont de aceste aspecte esențiale, prin introducerea de soluții tehnice corective (amortizoare) sau proiectarea unor echipamente cu piese care nu implică mișcare mecanică – dezvoltarea antenelor cu baleiaj electronic al fasciculului radiat.

Un alt aspect al mentenanței se impune să țină cont de tipul de operațiuni /manevre pe care le execută aeronava, Astfel au rezultat două categorii:

- Aeronave care au cicluri lungi de zbor și implicit puține aterizări să decolări (exemplu AWAKS) cu realimentări în zbor;
- Aeronave cu cicluri scurte de zbor implicit cu dec si at dese (exemplu aeronave de luptă, fără posibilitatea alimentării în zbor).

Desen

Prin sistemul scalabil și modular demonstrăm că putem colecta date în condiții extreme 3D de la diferite tipuri de echipamente, datele colectate de acestea pot furniza elemente esențiale de proiectarea echipamentelor și sistemelor specifice de radiolocație precum și identificarea punctelor vulnerabile ce necesită atenție sporită în cadru executării mentenanței.

Acest echipament are capacitatea de a identifica și semnala problemele care apar la echipamentele de radiolocație care nu au fost identificate și tratate de producător (în special la echipamentele fără istoric operațional).

7.6 Propuneri privind utilizarea tehnologiei inovative – ochelari AR- în mentenanța la distanță a sistemelor de radiolocație

Realitatea augmentată (Augmented Reality – AR) este cunoscută ca mediul în care suprapunem informații digitale peste un fond reprezentat de realitatea înconjurătoare. RA se distinge evident de VR (Virtual Reality – Realitate Virtuală) prin faptul că tot întreg mediul (informații reprezentate și fond) sunt construite virtual și pot fi reprezentate prin dispozitive dedicate în care actorul este complet izolat de mediul fizic în care se află.

Pentru a putea realiza funcțiile AR este nevoie de instrumente specializate de procesare, randare și vizualizare a informațiilor cu puternice capacități de calcul și procesare. Asupra componentelor hardware și software a AR nu voi zăbovi, întrucât doresc să concentrez secțiunea de față pe utilizarea tehnologiei inovative AR în mentenanța la distanță a sistemelor de radiolocație. Am luat contact cu această tehnologie în cadrul proiectului DDHE (Digitalisation of Defense Higher Education) sub egida Erasmus +

7.7 Analiza utilizării flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație

În mediu geo-strategic actual în care schimbările de paradigmă (paradigma schimbării echipamentelor și tehnicii în contextul uzurii morale) sunt tot mai prezente, iar prețurile resurselor și implicit al serviciilor sunt într-o continuă evoluție, se propune realizarea unei analize ce utilizează paradigma opțiunilor reale. Ținând seama că sistemele de stat sunt recunoscute ca fiind conservatoare, abordarea propusă vine să confere decidenților un instrument folositor cu ajutorul căruia gestionarea resurselor financiare avute la dispoziție să devină mai facilă și mai transparentă.

O abordare tradițională utilizată pentru a face față riscurilor și incertitudinii este aplicarea analizei *scenariilor*. De exemplu, analiza scenariilor este o parte centrală a abordării de planificare bazată pe capacități, utilizată pe scară largă pentru elaborarea strategiilor Ministerului Apărării, SUA [MUN,10]. În cazul planificării militare, problemele sunt exacerbate de lipsa unor modalități obiective de estimare a beneficiilor în unități monetare. Fără o analiză a beneficiilor monetare, devine dificil (dacă nu imposibil) să se compare beneficiile nete ale diferitelor scenarii. În plus, interdependențele trebuie să fie interpretate într-o manieră în mare măsură subiectivă. Acest lucru face imposibilă aplicarea unor instrumente statistice matematice puternice care să permită o analiză mai obiectivă a arhitecturii sistemului de sisteme de radiolocație.

7.7.1 Obiectivul analizei

În contextul actual unde crizele multiple și aici enumerăm generic criza resurselor energetice, cea a lanțurilor de aprovizionare, a schimbării generațiilor, cea a semiconducătorilor, constatăm că au influențe nefaste asupra securității regionale și internaționale, se urmărește a analiza unor aspecte ce pot îmbunătăți managementul riscului sistemelor de radiolocație și asigurarea disponibilității operative a sistemului de supraveghere aeriană. Soluțiile de pornire au în vedere selecția eficientă a produselor și serviciilor din piețe, o implementare eficientă și dinamică (retehnologizare, modernizare sau înlocuirea sistemelor învechite) și o mentenanță performantă a echipamentelor și sistemelor de radiolocație. Scopul analizei este sprijinirea decidenților în asigurarea flexibilității manageriale în procesele de implementare și asigurare a mentenanței sistemelor de radiolocație. Aceste variante de optimizări pornesc de la evaluarea alternativelor flexibile formulate pe baza paradigmei opțiunilor reale.

7.7.2 Ipotezele de lucru

În situațiile militare cu risc ridicat, așa cum este și modernizarea arhitecturii sistemului de radiolocație, opțiunile reale pot ajuta la identificarea strategiilor de atenuare a riscurilor. De fapt, atât întreprinderile, cât și armata au aplicat abordările bazate pe opțiuni reale timp de sute de ani - militarii numesc această abordare cursuri de acțiune. Cu ajutorul analizei opțiunilor reale, se poate cuantifica și evalua fiecare cale strategică și putem elabora strategii pentru a acoperi, a atenua sau, uneori, a profita de risc.

Etapele acestei cercetării sunt:

- A. Formularea problemei investițiilor în mentenanța sistemelor de radiolocație.
- B. Evaluarea costurilor, riscurilor și selecția alternativelor manageriale
- C. Determinarea indicatorilor principali, volatilitatea și rata fără risc
- D. Analiza pe baza opțiunilor reale
 - a. formularea de alternative flexibile,
 - b. evaluarea valorii flexibilității încorporate prin utilizarea opțiunilor
- E. Formularea de optimizări pornind de la evaluarea alternativelor flexibile
 - a. analize de sensibilitate
 - b. compararea alternativelor flexibile
- F. Finalizarea procesului decizional

Având la bază chestionarul aplicat personalului de mentenanță care exploatează sistemele de radiolocație, și analizând din punct de vedere al duratei de viață a echipamentelor analogice, rezultă necesitatea înlocuirii și/sau retehnologizării/modernizării acestora. Deși în literatura de specialitate acest proces presupune parcurgerea unui algoritm de desfășurare a analizei de oportunitate, constatăm că procesul este static; ofertele producătorilor care îndeplinesc cerințele din caietele de sarcini, ajung să fie analizate static de către o comisie desemnată în acest sens, astfel:

- Verifică și sistematizează documentația pusă la dispoziție,
- Realizează o analiză a fiecărui echipament și stabilesc dacă este eligibil,
- Prioritizează echipamentele ce fac obiectul achiziției,
- Estimează beneficiile și costurile
- Propun spre aprobare și punere în aplicare.

Se observă lipsa oricărei flexibilități de adaptare pe parcurs în acest demers, fapt pentru care se propune schimbarea paradigmei proceselor de investiții în noile programe de îmbunătățire a capabilităților sistemelor de supraveghere aeriană. Abordarea dinamică a investițiilor în rețehnologizare, modernizare sau înlocuirea sistemelor învechite și respectiv mentenanța echipamentelor și sistemelor de radiolocație pornește de la ipoteza ireversibilității investiției și modificarea pe parcurs a cursurilor de acțiune, de exemplu răspunsul la mișcările ratelor dobânzilor. După parcurgerea acestei etape se evaluează costurile și beneficiile și se formulează selecția alternativelor manageriale. Momentul achiziției (acum, mai târziu, niciodată) depinde de alte două variabile de care trebuie să ținem seama și anume rata fără risc și volatilitatea, aceasta din urmă fiind în fapt expresia riscului compozit respectiv a oportunității conferite. Următoarea etapă este utilizarea opțiunilor reale pornind de la formularea de alternative flexibile și evaluarea valorii flexibilității încorporate rezultate prin utilizarea opțiunilor. Pentru atingerea scopului final se impune formularea de optimizări pornind de la evaluarea alternativelor flexibile, pornind de la analize de sensibilitate și compararea alternativelor flexibile. Etapa finală o reprezintă finalizarea procesului decizional. O dată realizate aceste deziderate prin simulări repetate, negocierea și stabilirea termenilor contractelor cu producătorii de echipamente și furnizorii de servicii de mentenanță se derulează în condiții adaptate la mișcările piețelor.

7.7.3 Metodologia și instrumentele folosite.

Flexibilitatea în implementarea și mentenanța sistemelor de radiolocație urmărește îmbunătățirea valorii globale a proiectului. Se poate arata că flexibilitatea poate oferi creșteri cu adevărat semnificative ale Valorii Totale Așteptate (VTA), cu 30-35% sau mai mult în anumite cazuri, în comparație cu modelele clasice, statice, care nu încorporează flexibilitate. Prin valoarea proiectului se are în vedere Valoarea Actualizată Netă (VAN) care pe parcursul simulărilor va fi normalizată la valoarea de referință 100. Din perspectiva sistemului de supraveghere aeriană prin sistemele de radiolocație din compunere, beneficiile pot fi reprezentate de îmbunătățirea nivelului de disponibilitate operativă și implicit reducerea vulnerabilității de pătrundere neautorizată a vectorilor aerieni în spațiul de responsabilitate propriu.

Design-urile flexibile pot oferi protecția împotriva riscurilor de orice tip, în contextul în care flexibilitatea în faza inițială a proiectelor schimbă distribuția rezultatelor și fructifică posibilități de acțiune favorabile [HAS, 06], [WEK,04]. Din literatura clasică privind opțiunile, flexibilitatea conferă valoare când incertitudinea este cea mai mare. Flexibilitatea este cea mai valoroasă pentru proiectele pe termen lung. Viitorul este mai incert pentru angajamentele pe termen lung întrucât nu se pot prevedea mișcările și fluctuațiile variabilelor de interes. De aici și tendința de a aștepta tot mai mult, de a amâna deciziile pentru a culege cât mai multe informații relevante. Această tendință anulează însă în teoria jocurilor tocmai avantajul primei mutări.

Pentru instrumentarea cât mai facilă se normalizează valoarea de intrare la 100, ulterior se poate scala sistemul la nivelul necesar impus de situația în fapt. În realizarea analizei se utilizează instrumentul ad-on MS Excel Jocuri de Opțiuni Reale (JOR – ROG Real Option Game) versiunea 2022 și elementele de teorie Trigeorgis, teoria opțiunilor reale [HUL, 06], simulatorul DerivaGem și simulatorul Real Options Valuation Software, creat de Dr. Johnathan Mun în California, SUA, din care se folosește modul Super Lattice Solver (SLS), necesar creării graficelor.

În continuare se analizează posibilitatea creșterii valorii proiectelor de îmbunătățire a mentenanței sistemelor de radiolocație prin integrarea unor opțiuni de Expansiune și respectiv de Abandon.

Factori care afectează prețurile opțiunilor

Există cinci factori care afectează prețul unei opțiuni de acțiuni:

1. Prețul curent al activului suport, S
2. Prețul de exercitare, K
3. Timpul de expirare, scadența, T
4. Volatilitatea, σ
5. Rata dobânzii fără risc, r_f

În continuare se prezintă impactul valorii opțiunilor la schimbarea parametrilor principali:

Prețul activului suport și prețul de exercitare

Opțiunile call devin mai valoroase pe măsură ce prețul activului suport crește și mai puțin valoroase pe măsură ce prețul de exercitare crește. Pentru opțiunile put comportamentul e exact invers, acestea fiind mai puțin valoroase pe măsură ce prețul activului suport crește și mai valoroase pe măsură ce prețul de exercitare crește.

Volatilitate

Volatilitatea activului suport este o măsură a incertitudinii evoluției viitoare. Deținătorul opțiunii call beneficiază de creșterea prețului activului suport dar și de un risc limitat în cazul scăderii prețului, pierderea maximă fiind dată de prețul opțiunii. În mod similar, deținătorul opțiunii put beneficiază de scăderile de preț, dar cu protecție față de pierderi în cazul mizării eronate pe creșterea valorii activului suport.

Rata dobânzii fără risc

Rata dobânzii fără risc afectează prețul unei opțiuni într-un mod corelat cu impactul asupra randamentului activului suport.

7.7.4 Analiza scenariilor cu ajutorul opțiunilor reale

Analiza opțiunilor reale este utilă nu numai pentru evaluarea unei firme prin prisma opțiunilor sale strategice de afaceri: poate fi utilizată, de asemenea, ca un instrument strategic de afaceri în deciziile de investiții de capital și de achiziții. Decizia de investiții într-un proiect nou de arhitectură de radiolocație implică înțelegerea valorii diferitelor strategii asociate strategiilor alternative.

A. Formularea problemei investițiilor în mentenanța sistemelor de radiolocație.

Scenariile de realizare a unei investiții în arhitectura de radiolocație poate fi normalizată și se consideră că investiția (I) este de 100 pe o perioadă tipică acestor proiecte, de 5 ani. Parametrii problemei sunt R_f – rata fără risc, T- timpul și fluxurile beneficiilor nete F_i ($i=1-5$), $F_i = B_i + C_i$

$$I < \frac{\sum F_i}{(1 + a)^i}$$
$$F_i = 10 * (1 + a)^i$$

Unde:

a - reprezintă factorul de actualizare și poate lua valori între 0,05-0,20, în contextul actual poate chiar mai mult. Acest factor de actualizare este influențat de inflație, rata dobânzilor și elemente financiare adverse

B_i – beneficii - creșterea securității naționale prin asigurarea disponibilității operaționale a sistemelor de Radiolocație

C_i – costuri implicate (cu implementarea, mentenanța și cu deprecierea fizică și morală a instalațiilor)

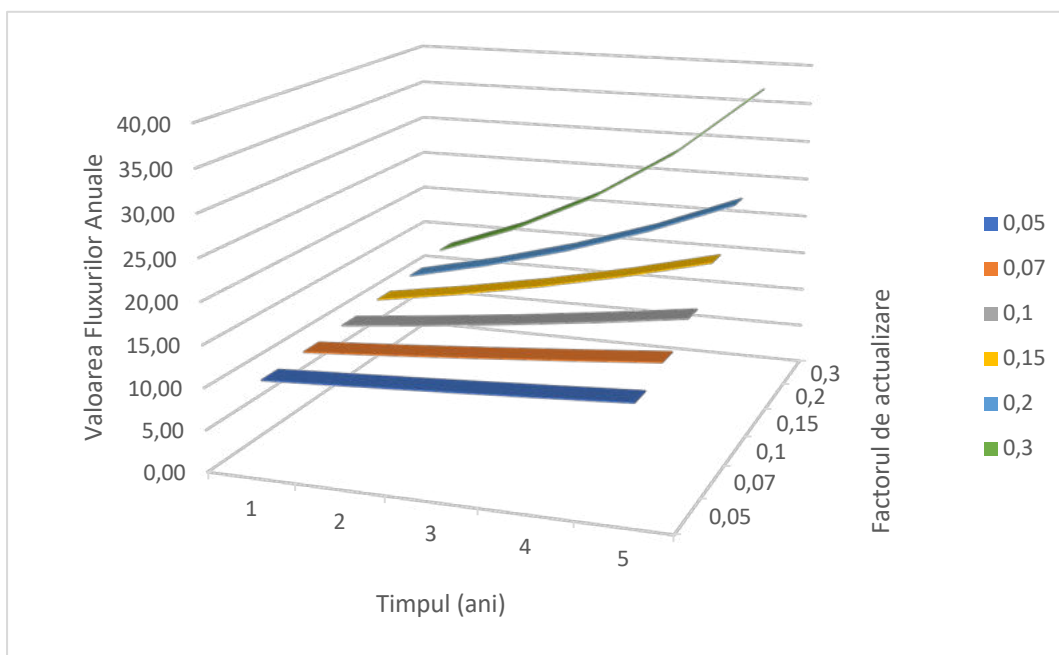


Figura 7.10: Variația valorii fluxurilor anuale exprimată în raport cu diferiți indici ai actualizării

- B. Evaluarea costurilor, riscurilor și selecția alternativelor manageriale
- C. Determinarea volatilității (ca expresie a incertitudinii mediului extern) și a ratei fără risc aceștia reprezentând parametrii principali în cadrul analizei propuse.
- D. Analiza pe baza opțiunilor reale
 - a. formularea de alternative flexibile,
 - b. evaluarea valorii flexibilității încorporate prin utilizarea opțiunilor
- E. Formularea de optimizări pornind de la evaluarea alternativelor flexibile
 - a. analize de sensibilitate
 - b. compararea alternativelor flexibile
- F. Finalizarea procesului decizional

Trebuie menționat că incertitudinea crește în timp (așa numitul con al incertitudinii) dar riscul poate sau nu să crească în timp. Previțiunile la nivelul fluxurilor viitoare de beneficii nete ale proiectelor flexibile implică înțelegerea distribuțiilor de probabilități. Se poate utiliza o modelare bazată pe mișcarea Browniană geometrică (process Wiener generalizat):

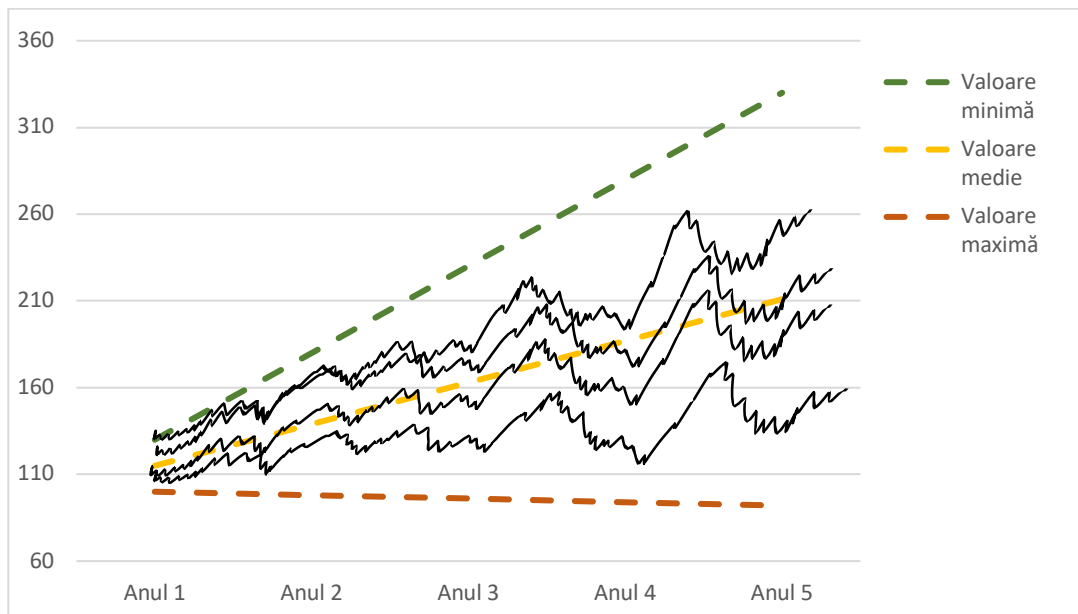


Figura 7.11 Conul incertitudinii si vizualizarea efectului volatilității

Modelarea bazată pe mișcarea Browniană geometrică (process Wiener generalizat) este utilizată în estimarea prețurilor acțiunilor în condițiile unei volatilități constante. Modelul poate fi adaptat la evaluarea opțiunilor reale cu mențiunea că în acest caz se introduce tehnica bazată pe laticile binomiale (și simularea discretă a conului de incertitudine).

7.7.5 Analiza flexibilității în cazul opțiunii de Expansiune

Se consideră valoarea statică normalizată (S) a proiectului de investiții în arhitectura deschisă de sisteme de radiolocație (ca sumă a fluxurilor nete actualizate) și o durată de implementare (T) de 5 ani. Ideea de aprofundare a deciziei de expansiune e reprezentată de implementarea unei investiții suplimentare (S_p) de 62,5% din valoarea statică a proiectului care în urma analizei experților ar dubla beneficiile obținute. Pentru această analiză se iau în calcul volatilitatea (σ) 35%, rata fără risc (r_f) 15%, fără plata dividendelor.

În pasul 1 (evoluția în cadrul laticii este în acest caz din stânga în dreapta) se evaluează dinamica activului suport reprezentat prin valoarea (S) a proiectului static considerând drept parametri: rata de creștere (u), rata de scădere (d), probabilitatea neutră (p). Acești parametri se calculează în baza următoarelor formulele:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{0,35\sqrt{1}} = 1,4191 \quad (7.1)$$

$$d = 1/u = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{-0,35\sqrt{1}} = 0,7074 \quad (7.2)$$

$$p = \frac{e^{r_f(\delta t)} - d}{u - d} = \frac{e^{0,07(1)} - 0,7074}{1,4191 - 0,7074} = \frac{1,0725 - 0,7074}{0,7117} = \frac{0,3651}{0,7117} = 0,5149 \quad (7.3)$$

Pentru confirmare am introdus datele de intrare în softul DerivaGem_400 (un supliment pentru foaia de calcul Microsoft Excel). Se introduc date de intrare dorite, se alege opțiunea „call” corespunzătoare exprimării dorinței de „cerere” și se apasă tasta „Calculate”.

Underlying Type: Equity

Stock Price: 100,00
 Volatility (% per year): 35,00%
 Risk-Free Rate (% per year): 7,00%

Option Type: Binomial: American

Life (Years): 5,0000
 Strike Price: 62,50
 Tree Steps: 5

Implied Volatility
 Put
 Call

Calculate Display Tree

Figura 7.12: Fereastră de dialog din softul DerivaGem pentru introducerea datelor de intrare

Softul realizează calculele în baza datelor de intrare și afișează un buton prin care arborele binomial creat este afișat (Figura 7.12).

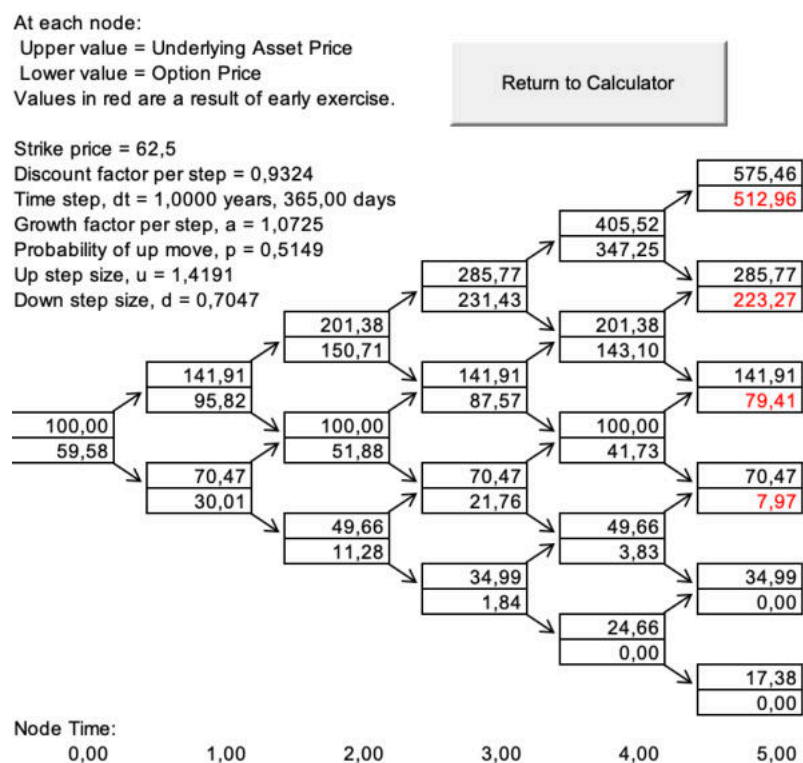


Figura 7.13: Arborele binomial pentru opțiunea de expansiune

2A

100,00	141,91	201,38	285,77	405,52	575,46
	70,47	100,00	141,91	201,38	285,77
		49,66	70,47	100,00	141,91
			34,99	49,66	70,47
				24,66	34,99
					17,38

figura: 1.5 Evaluarea opțiunii de expansiune în 5 pași (cu Deriva Gem)

În al doilea pas (lattice evoluează de la dreapta la stânga) se evaluează opțiunea de expansiune. Se pornește de la nodul extrem dreapta 5A având valoarea asociată de 1088,42 calculată din condiția de maximizare a expansiunii și considerând costul achiziției suplimentare:

$$1088,42 = 2 * 575,46 - 62,5 \quad (7.4)$$

NPVE		2A	3A		5A
159,58	237,73	352,09	517,20	752,77	1088,42
Continue	Continue	Continue	Continue	Continue	Expand
	100,48	151,88	229,48	344,48	509,03
	Continue	Continue	Continue	Continue	Expand
		60,94	92,23	141,73	221,31
		Continue	Continue	Continue	Expand
			36,83	53,48	78,44
			Continue	Continue	Expand
				24,66	34,99
				Continue	End
					17,38
					End

La nodul decizional intermediar 2A valoarea alocată este:

$$201,38 * 2 - 62,5 = 352,09 \quad (7.5)$$

Această valoare se regăsește în calculul pe baza mediei ponderate a valorii opțiunii rezultată din analiza pe baza probabilității cu risc neutru și condiția de menținere deschisă a opțiunii de expansiune:

$$517,20(3A) * p + 229,48 * (1-p) = 352,09 \quad (7.6)$$

În nodul final rezultă că pentru $r_f = 7\%$ valoarea proiectului de expansiune cu flexibilitatea inclusă NPVE = 159,58. De aici se evidențiază valoarea opțiunii, interpretată ca valoarea flexibilității strategiei de expansiune:

$$159,6 - 137,5 = 22,1$$

$$(7.7)$$

Aceste calcule au fost efectuate pentru diverse valori ale volatilitatii și ratei fără risc rezultând reprezentarea grafică a valorii proiectului cu flexibilitate încorporată din Fig..

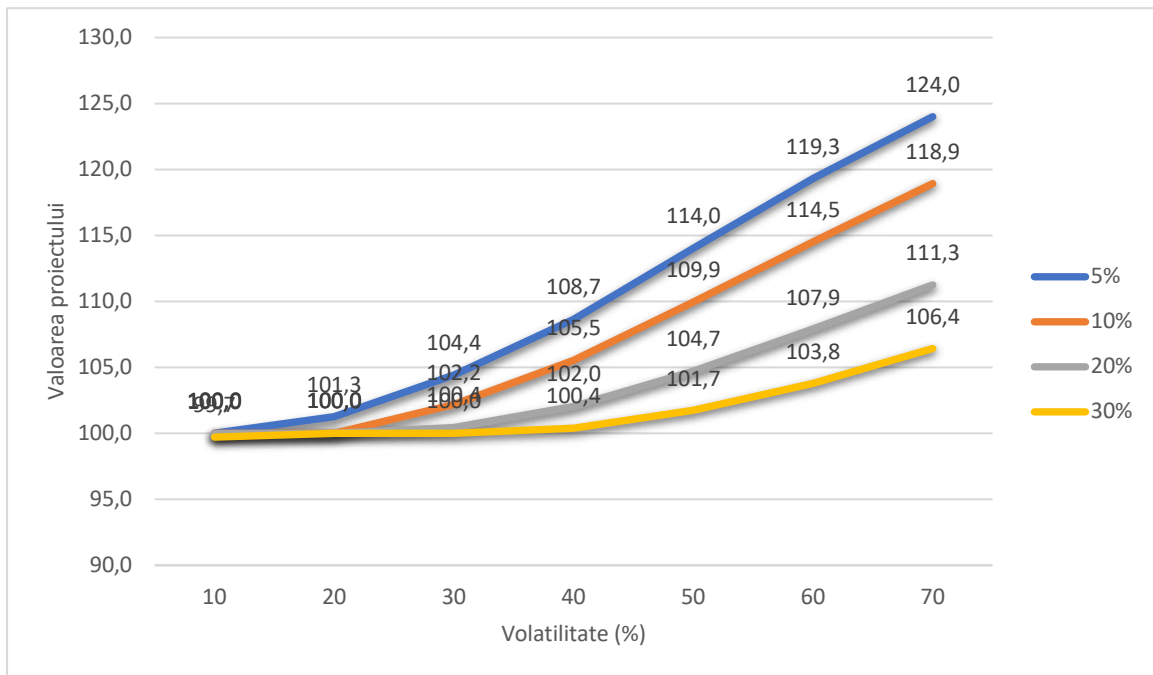


Figura 7.14: Linii de izovolatilitate pentru opțiunea de expansiune exprimată în funcție de diverse valori ale ratelor fără risc

7.7.6 Analiza flexibilității în cazul opțiunii de Abandon

Se consideră valoarea statică normalizată a proiectului de investiții în arhitectura deschisă de sisteme de radiolocație (ca sumă a fluxurilor nete actualizate) și o durată de 5 ani. Ideea de aprofundare a deciziei de abandon e reprezentată de implementarea unei bariere de abandon de 2/3 din valoarea statică normalizată a proiectului.

În primul pas (evoluția în cadrul lăței este în acest caz din stânga în dreapta) se evaluează dinamica activului suport reprezentat prin valoarea S a proiectului static considerând drept parametri: rata de creștere (u), rata de scădere (d), probabilitatea neutră (p).

$$U = 1,35, d = 1/u = 0,7408 \text{ și } p = 0,51 \quad (7.8)$$

100,00	134,99	182,21	245,96	332,01	448,17
	74,08	100,00	134,99	182,21	245,96
		54,88	74,08	100,00	134,99
			40,66	54,88	74,08
				30,12	40,66
					22,31

În faza a doua (lattice evoluează de la dreapta la stânga) se evaluează opțiunea de abandon considerând maximizarea profitului în variantele abandon versus continuare

2A					
104,42	136,21	182,21	245,96	332,01	448,17
Continue	Continue	Continue	Continue	Continue	End
	82,28	102,63	134,99	182,21	245,96
	Continue	Continue	Continue	Continue	End
		69,72	79,72	100,00	134,99
		Continue	Continue	Continue	End
			66,60	66,98	74,08
			Abandon	Continue	End
				66,60	66,60
				Abandon	Abandon
					66,60
					Abandon

În cea de-a doua lattice este încorporată și valoarea opțiunii care asigură protecția față de risc. Pentru bariera de abandon de 2/3 din valoarea proiectului static, în nodul 2A valoarea asociată este 182,21, proiectul rămâne deschis și investiția nu se abandonează.

Rezultă astfel că prin creșterea flexibilității, realizată odată cu încorporarea unei opțiunii în valoare de doar 4,42, s-am asigurat eliminarea riscului de pierderi din nodurile inferioare 5E, 5F, 4E, 3D. Aceasta evidențiază un mod simplu și eficient de asigurare a riscului cu un cost suplimentar foarte redus.

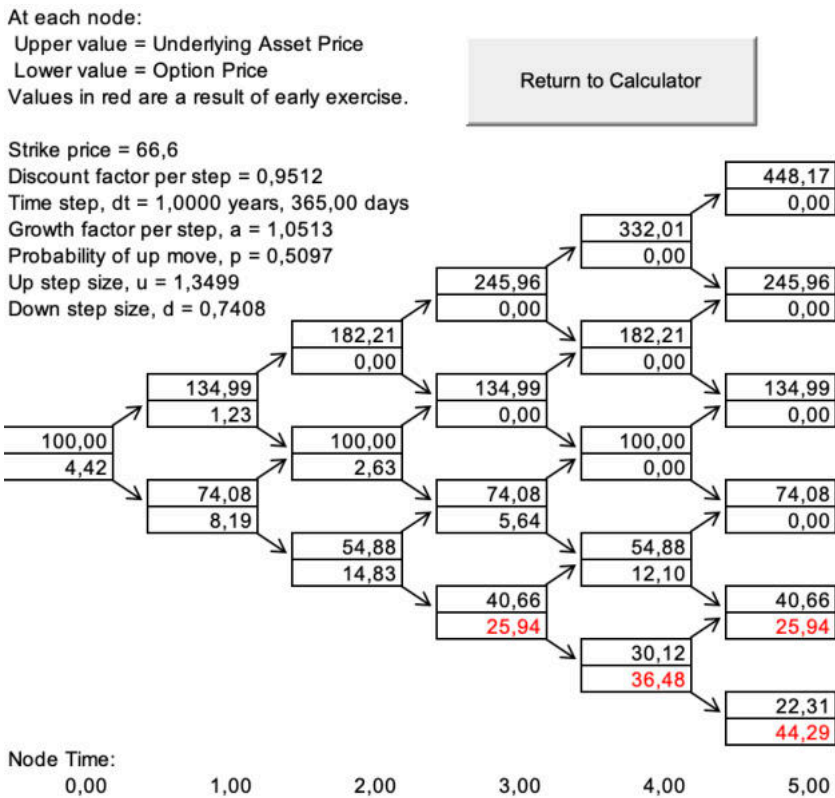


Figura:

Aceste calcule au fost efectuate pentru diverse valori ale volatilității și ratei fără risc rezultând reprezentarea grafică a valorii proiectului cu flexibilitate incorporată din Fig...

7.7.7 Rezultate și Concluzii

Decidenții actuali pot fructifica proceduri analitice mai avansate pentru a lua decizii strategice de investiții în arhitecturile de sisteme de radiolocație.

Prin integrarea paradigmei opțiunilor reale s-a evidențiat un mod inedit de evaluare și înțelegere a modului de formulare a deciziei strategice. Aplicarea metodei opțiunilor reale a evidențiat soluții strategice de creștere a valorii unui proiect gestionând în același timp riscurile. Au fost considerate opțiunile de expansiune și respectiv de abandon, calculele fiind efectuate pentru mai multe seturi de variabile (volatilitate și rata fără risc). S-a arătat că aplicarea opțiunilor reale conferă și o nouă viziune asupra dinamicii portofoliilor riscurilor demers esențial în îmbunătățirea procesului decizional strategic.

Contribuțiile pentru acesta aplicație, au la bază implementarea paradigmei opțiunilor reale de abandon respectiv expansiune în cazul unor proiecte sau programe de investiții desfășurate în condiții reale, în care incertitudinea avansată cuprinde pe lângă setul relevant de elemente tehnico-manageriale indicatori macroeconomici reprezentativi pentru mediul extern (volatilitatea și rata fără risc). Valoarea statică S a proiectelor a fost normalizată pentru a oferi decidentului imaginea de ansamblu într-un mod rapid și sugestiv; în acest mod se poate incorpora atât scalabilitate rezultatelor cât și elemente de dinamică utile în cazul extinderii cercetării prin opțiuni compuse Volatilitatea exprimă dispersia rezultatelor posibile evidențiind un risc compozit multidimensional și a fost testată pentru diverse valori specifice domeniului supus atenției. Rata fără risc este un indicator macroeconomic relevant mai ales pentru mediul actual caracterizat prin inflație ridicată și măsuri

antiinflaționiste exprimate prin politici monetare restrictive, cu impact major asupra concepției și derulării proiectelor majore. Impactul volatilitatea și ratei fără risc a fost analizate simultan atât pentru expansiune cat si pentru opțiunea reală de abandon. Aceasta contribuție oferă decidenților o imagine rapidă dar sugestivă asupra modului de integrare a flexibilității în proiectele și programele din domeniile supus atenției, pentru a asigura adaptarea managerială specifică în perioadele de incertitudine avansată. Acest mode de lucru cu opțiunile reale este deosebit de eficient în mediile „VUCA”(volatilitate, incertitudine, complexitate, ambiguitate), specifice sistemelor militare complexe

7.8 Soluții de bune practici în realizarea mentenanței: utilizarea BodyCam, baze de date în cloud guvernamental cu achiziții video a operațiunilor de mentenanță categorisite pe echipamente componente și sisteme de Radiolocație

În viața de zi cu zi și îndeosebi în mediul profesional, tot mai utilizat este conceptul de Lecții învățate și de asemenea cel de Bune Practici. Întrucât în mentenanța sistemelor de radiolocație, mediul de lucru presupune interacțiunea omului asupra componente tehnice, în ceea ce am definit ca SSTC.

Începând cu anul 2017 au fost repartizate polițiștilor din unitățile teritoriale dispozitive audio-video Motorola, tip Body Worn Camera (Cameră Video Purtată pe Corp – CVPC) uz militar. Scopul implementării proiectului de dotare a polițiștilor cu CVPC s-a bazat pe 3 obiective importante:

- Realizarea materialului probator pentru abaterile de la lege constatate de polițist,
- Realizarea materialului probator în situația infracțiunii de ultraj
- Realizarea protecției polițistului în raport cu false acuzații de purtare abuzivă



Figura 7.15 CVPC Motorola din dotarea MAI

Caracteristici tehnice CVPC, Motorola, seria VB400:

- rezoluție 1920x1080P@30fps, HD 1080p (2mp);
- Wifi 802.11 a/b/g/n (2.4GHz & 5GHz);
- capacitate de stocare 64GB;
- senzor de monitorizare Bluetooth;
- audio: microfon dual;
- senzor GPS încorporat;

- baterie Li-Pol - până la 12 ore de funcționare;
- dimensiuni 68mm x 89mm x 26.6mm;
- greutate 162g.

7.8.1 Proiectul IMRMSRdlc. (Îmbunătățirea Managementului Riscului în Menținerea Sistemelor de Radiolocație)

Pentru îmbunătățirea managementului riscului în menținerea sistemelor de radiolocație propun implementarea unui proiect care să conțină și să utilizeze sisteme de tip CVPC similare celor utilizate de polițiștii din cadrul MAI. Scopul major al proiectului propus este de a identifica factorii din cadrul menținerii de radiolocație care au impact asupra disponibilității operative. Altfel spus, proiectul își propune să minimizeze rata de apariție a defecțiunilor care pot scoate din disponibilitate operativă radarele din cadrul sistemului național de supraveghere a spațiului aerian național. Acest deziderat are la bază următoarele obiective importante:

- ▣ realizarea în timp, calitativ și în volum complet a operațiunilor de menținere;
- ▣ asigurarea colectării datelor de către sistem pe categorii de radare și subsisteme;
- ▣ constituirea unei baze de date (asemeni unei cutii negre – jurnal de menținere) disponibilă pentru a fi auditată tehnic în timp real sau ulterior;
- ▣ stocarea materialului audio-video pe fiecare sistem/echipament în parte pentru ținerea evidenței clare a operațiunilor asupra sistemului/echipamentului;
- ▣ protejarea personalului implicat în realizarea menținerii în raport cu personalul de audit tehnic ce puteau invoca anterior utilizării platformei, neconcordanțe între planificarea și executarea operațiunilor de menținere;
- ▣ identificarea elementelor de risc prin omisiune /de comitere de către personalul implicat în realizarea menținerii sistemelor de radiolocație;
- ▣ realizarea de bază didactică pentru instruirea personalului tehnic în instituții de învățământ /cursuri de specializare;
- ▣ realizarea unei hărți care evidențiază defecțiunile critice ale echipamentelor/subansamblelor/instalațiilor care duc la indisponibilizarea operativă a sistemelor de radiolocație;
- ▣ constituirea unor pachete de remediere a elementelor critice din cadrul sistemelor de radiolocație;
- ▣ luarea de către decident a deciziilor legate de managementul riscului.

Proiectul presupune parcurgerea succesivă a fazelor propuse:

7.8.2 Faza premergătoare

presupune colectarea datelor din teritoriu, categorisirea echipamentelor pe grad de interes și importanță ca disponibilitate operativă, categorisirea personalului de realizare a menținerii pe nivel de pregătire, realizarea aplicației informatice, organigrama sistemului și stabilirea atributelor personalului implicat în proiect, scrierea proiectului, simularea rulării proiectului, realizarea buclor de

feedback cu personal specializat, corectarea breșelor identificate, găsirea variantelor de finanțare a proiectului, propunerea și susținerea proiectului către beneficiar în vederea aprobării și implementării.

Tabel 7.1 Corespondența între gradul de complexitate al operațiunii și nivelul de calificare al personalului destinat mentenanței

Grad de complexitate al operațiunii	Nivel de calificare al personalului destinat mentenanței	Necesitatea auditării de la distanță	Restricții
Foarte complex – operații asigurate de producător	N0 - operatori desemnați de producător	Facultativ la decizia echipei din teren	Operatori N3 și N2
Complexe –	N1 – operatori certificați de producător	Facultativ de către echipa suport a producătorului DA în cazul operatorilor nivel inferior N2	Operatori N3
Mediu	N2 – operatori antrenați și certificați de op.N1	Facultativ de către specialiști audit tehnic nivel N1 sau N0 DA în cazul operatorilor N3	
Ușor – operații curente	N3 – operatori antrenați și certificați de op.N2	La cerere de către specialiști audit tehnic superior nivel N2	

7.8.3 Faza implementării

se realizează în paralel pe mai multe direcții:

- a. Constituirea comisiei tehnice de specialitate pentru trasarea direcțiilor de implementare a proiectului și categorisirea operațiunilor de în funcție de tipul de echipament și responsabilități ce revin personalului;
- b. Realizarea bazei materiale presupune achiziția de dispozitive CVPC, etichetarea zonelor de lucru în baza categorisirii comisiei tehnice de specialitate;
- c. Instruirea personalului destinat utilizării sistemelor CVPC în vederea utilizării corecte a dispozitivelor CVPC, a înregistrării în platformă și a salvării înregistrării operațiunii de mentenanță executate;
- d. Realizarea de către echipa IT desemnată a platformei cu dosare și fișiere, găzduită de Autoritatea Guvernamentală specializată în zona cloud cu posibilitatea de accesare în funcție de nivelul de acces al utilizatorilor și administratorilor,

7.8.4 Faza de derulare

a proiectului presupune înregistrarea audio-video a operațiunilor de mentenanță. Această fază presupune ca personalul destinat mentenanței să pornească dispozitivul CVPC, respectiv să pornească înregistrarea pe dispozitiv. Din acest moment toate datele vor fi înregistrate la nivelul

dispozitivului în spațiul de stocare (necesitând a fii încărcate în platformă ulterior) sau dacă operațiunea cu grad de complexitate mai mare impune auditarea tehnică în timp real, se poate realiza transmiterea în direct utilizând caracteristica Wifi a dispozitivului.

Operatorul desemnat pentru executarea operațiunii de mentenanță se autentifică pe platforma IMRMSRdlc. cu datele unice și demarează lucrările de mentenanță conform graficului și fișei standard. În baza datelor GPS și a datelor de autentificare, precum și a codului QR a echipamentului respectiv a fișei standard de mentenanță se realizează identificarea sistemului la care se intervine, se certifică operațiunea planificată și de asemenea se consemnează în jurnalul de evidență al mentenanței echipamentului. Auditarea tehnică în direct se realizează în cazuri fortuite și are rolul de a realiza asistența de la distanță a personalului tehnic care are o pregătire de nivel inferior operațiunii ce trebuie executată.

7.8.5 Faza de auditare tehnică

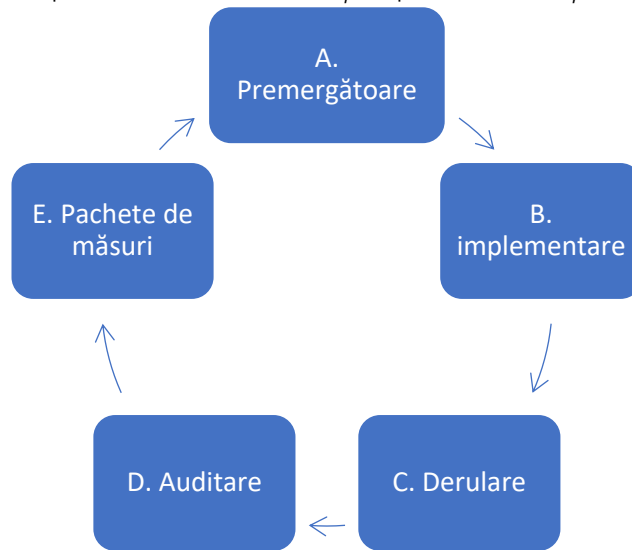
este proiectată pentru a răspunde cerințelor în mai multe planuri, două dintre aceste fiind esențiale. Modalitatea de alegere a operațiunilor auditate poate fii:

- Modelul PARETO, prin identificarea celor mai des întâlnite 20% de evenimente;
- În urma unui grafic prestabilit;
- la întâmplare (funcția random);
- la sesizare asupra activității unui operator;
- pe categorii de sisteme.

Am definit anterior faptul că datele sunt înregistrate și salvate de așa manieră încât operațiunea să poată fii identificată la nivelul platformei IMRMSRdlc. atât ca operațiune în succesiune la nivelul unui echipament, cât și ca operațiune specifică unui subansamblu. Astfel la nivelul platformei se poate realiza o analiză care să identifice mai multe aspecte:

- a.** Pe deoparte, în baza analizei generale asupra sistemului, la identificarea defectării unui subansamblu critic la un sistem de radiolocație, comisia de audit tehnic are la dispoziție înregistrările operațiunilor de mentenanță de la toate sistemele dintr-o categorie desemnată. Astfel se pot identifica cauzele și natura acestora (de exemplu se poate identifica dacă la nivelul acelu subansamblu se realizează operațiunile în volum complet sau cu sculele sau materialele adecvate, așadar se pot identifica erorile de omisiune sau comitere). În urma acestui tip de auditare tehnică se pot trage concluzii și se pot lua decizii:
 - de îmbunătățire a fișei standard de mentenanță la nivelul acelu subansamblu;
 - de instruire specifică a personalului strict pe acea operațiune;
 - de categorisire a operației către un alt nivel.
- b.** Un al doilea scenariu este defectarea critică a unui sistem de radiolocație cu scoaterea lui din starea de disponibilitate operativă și pentru identificarea cauzelor producerii defectiunii se urmărește lanțul de operațiuni de mentenanță efectuate asupra sistemului (asemeni investigării cutiei negre la aeronave). Concluziile raportului comisiei de audit tehnic pot constitui un pachet de măsuri pentru celelalte radare din acel tip aflate în exploatare.

Un aspect extrem de important al acestei faze de auditare este realizarea buclei de feedback, cu rol definitoriu în dezvoltarea platformei IMRMSRdlc, și implicit a rezilienței acesteia.



Figură 7.1 Etapele proiectului IMRMSRdlc.

7.8.6 Avantajele și dezavantajele platformei:

AVANTAJELE platformei:

- ▣ Identificarea în timp real a riscurilor ce pot apărea datorită erorilor umane de omitere sau de comitere, utilizând personal redus în cadrul comisiilor de audit,
- ▣ protejarea personalului implicat în realizarea mentenanței în raport cu personalul de audit tehnic ce puteau invoca anterior utilizării platformei, neconcordanțe între planificarea și executarea operațiunilor de mentenanță
- ▣ realizarea unei normări corecte a operațiunilor de mentenanță cu efecte vizibile asupra climatului de lucru al personalului, fapt ce va duce la reducerea probabilității de producere a riscurilor cauzat de factorul uman,
- ▣ conștientizarea de către personalul de mentenanță a importanței respectării tuturor pașilor din fișa standard de mentenanță,
- ▣ realizarea imaginii de ansamblu cu defecțiunile ce pot provoca iminent scoaterea din disponibilitate operativă a unui sistem cu influențe nefaste asupra sistemului național de supraveghere aeriană,
- ▣ constituirea unei baze de date solide pentru identificarea curențelor la nivelul mentenanței sistemelor de radiolocație, care exploatată adecvat poate realiza recomandări pentru producătorul de sisteme.

Dezavantajele platformei:

- ▣ Costuri de implementare a proiectului
- ▣ Rezistență la nou din partea personalului implicat în proiect, motivând apariția unor operații suplimentare,

7.9 Provocări și direcții viitoare: Pariu cu viitorul - Inteligența Artificială în managementul riscului în mentenanța sistemele de radiolocație

Pentru a înțelege ce poate schimba IA în viețile noastre, profesorii Yolanda GIL și Bart SELMAN au trasat Harta direcțiilor de dezvoltare IA pentru următorii 20 de ani. Autorii anticipează că IA va reduce costurile de îngrijire de sănătate, va personaliza educația, va accelera descoperirile științifice, va ajuta sistemul de apărare național și altele.

În secțiunea dedicată digitalizării și a identificării obstacolelor în implementarea IA am tras concluzia că IA, deși este atât de mediatizată, este într-o mică măsură integrată la nivelul companiilor și societății.

7.10 Concluzii parțiale

8 CONCLUZII, CONTRIBUȚII, DIRECȚII VIITOARE, IMPLICAȚII MANAGERIALE

8.1 Concluzii

Electronica, electrotehnica și ulterior radiolocația, au reprezentat pentru mine domenii de suflet și de interes. Sistemul de radiolocație este definit ca un sistem socio-tehnic complex de a cărei bună funcționare este responsabil personalul specializat în mentenanța acestuia, cu îndeplinirea atribuțiilor din fișele tehnice și documentația tehnică a echipamentelor. Această duală interacțiune a factorului uman cu sistemul tehnic, nu este lipsită de riscuri potențiale a căror cauze acoperă un întreg spectru.

Teza de doctorat, **Managementul riscului în mentenanța sistemelor de radiolocație**, a constituit o provocare în a identifica, interpreta și asocia riscurile inerente și de a căuta soluții viabile pentru diminuarea și limitarea cauzelor de producere precum și a efectelor acestora, reprezentate de vătămări corporale, pierderi de vieți omenești și/sau pierderi materiale. Scopul esențial al sistemelor de radiolocație îl reprezintă supravegherea permanentă, 24/7, a spațiului aerian din zona de responsabilitate. Aceste zone de responsabilitate se suprapun astfel că se poate analiza această arhitectură complexă ca un sistem de sisteme. Disponibilitatea operativă reprezintă principalul deziderat, iar lipsa acestuia provoacă breșe în zona de responsabilitate, care se identifică ca vulnerabilitate a sistemului de supraveghere aeriană. Așadar, odată identificate aceste posibile curențe, am ales să analizez și să tratez în paginile tezei, aspecte care acoperă întreg palierul de situații, de la nivelul de bază reprezentat de sistemul de radiolocație, până la nivelul superior reprezentat de factorul decident responsabil de arhitectura sistemului de sisteme, de proiectarea, achiziția, implementarea, exploatarea și dezafectarea sistemelor. Contribuțiile personale s-au transpus în propuneri de îmbunătățire a gestionării riscurilor astfel încât mediul de lucru să devină mai sigur, componenta de stres să scadă, cu obiectiv final menținerea cu resurse minime a stării de operativitate a sistemelor de radiolocație avute în exploatare.

Disponibilitatea operativă se impune a fi asigurată în orice condiții. **Contextul actual** marcat de insecuritate regională, de crize multiple (sanitară, geopolitică, a resurselor, a lanțurilor de aprovizionare, a semiconductorilor, a dinamicii de personal, a evoluției tehnologice etc) pune presiune suplimentară pe sistemul de radiolocație și îndeosebi pe personalul implicat în operarea și mentenanța sistemelor.

Tema de cercetare propusă se încadrează în tabloul general privind managementul riscului la nivelul sistemelor socio-tehnice care privesc securitatea zborului. La o detaliată căutare am identificat cercetări efectuate privind factorul uman și performanțele pilotului respectiv ale controlorilor de trafic aerian, însă problematica privind managementul riscului la nivelul mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit a personalului care o execută, nu am regăsit-o analizată pertinent. Din cercetările efectuate am identificat că managementul riscului este tratat și analizat la nivelul corporațiilor și companiilor multinaționale la un nivel destul de ridicat. Totuși, analiza din această perspectivă a managementului riscului în domenii specializate, de nișă, precum mentenanța sistemelor de radiolocație nu este abordată îndeajuns, fapt care mi-a suscitat intens interesul.

Tema tezei este **de actualitate și importanță deosebită** datorată de nevoia de asigurare permanentă a disponibilității operative a sistemelor de radiolocație din perspectiva conflictului regional Ucraina - Federația Rusă, România aflându-se la granița NATO. Teza tratează aspecte

actuale privind managementul riscului în contextul crizelor multiple (criza resurselor, criza lanțurilor de aprovizionare, criza schimbării generațiilor, criza semiconductorilor) prin abordarea utilizării flexibilității ca instrument de opțiuni reale în procesul de implementare și mentenanță a sistemelor de radiolocație. În tot parcursul său, teza suscită interes, modalitatea de tratare a studiilor de caz venind să întărească această convingere. Abordarea se realizează progresiv, de la implementarea integrată a mentenanței preventive la nivelul sistemelor de radiolocație, până la soluții de realizare și îmbogățire a bazelor de date, auditarea tehnică eșantionată a acțiunilor personalului destinat mentenanței, culminând cu utilizarea instrumentelor inovative de AR (Augmented Reality – Realitate Augmentată și IoT (Internet of Things)). Pentru clarificarea conceptelor am formulat concis problematica identificată și soluțiile propuse. Caracterul multidisciplinar și interdisciplinar al tezei o evidențiază în literatura de specialitate, fiind un bun instrument pentru personalul ce realizează mentenanța, precum și celor ce implementează soluții pentru reducerea riscurilor la nivelul sistemelor de radiolocație.

Din orice perspectivă am analiza un anumit domeniu, acesta cuprinde laolaltă zona universitară/academică, cea de cercetare, dezvoltare și inovare fundamentală și evident zona practic/aplicativă, cea apropiată de industrie. Aceste zone nu au demarcații clare ele coexistând într-un ecosistem care are ca scop stabilitatea și disponibilitate operativă neîntreruptă pe de o parte, iar pe de altă parte **progresul științific** și dezvoltarea continuă a domeniului menționat. Zona academică, cea de formare a viitorilor specialiști de radiolocație, are rolul clar determinat de a motiva și instrui pe tineri, de a pune toate resursele materiale și de cunoaștere în slujba celor ce reprezintă viitorii pionieri ai radiolocației. Zona de cercetare, dezvoltare și inovare utilizează metode, tehnici și instrumente specifice pentru a răspunde provocărilor contemporane și celor de viitor. Zona practic/aplicativă pune la dispoziție resursele materiale și tehnologice, pentru implementarea produselor cercetării și inovației.

Contextul științific actual, ca în orice domeniu, este în continuă dinamică. O imagine clară, prin realizarea analizei literaturii de specialitate în cel de-al doilea capitol al tezei, a evidențiat autorii cu interes în domeniu managementului riscului, metode și instrumente utilizate în managementul riscului în procesele industriale și în mentenanța echipamentelor, sistemelor, precum și domeniile în care se aplică (aviație, marină, nuclear etc). În prisma rezultatelor obținute, am demonstrat că este oportună renunțarea la metode reactive sau corective în realizarea managementului riscului și adoptarea cu precădere a metodelor cele mai potrivite pentru contextul actual și anume metodele predictive și interactive.

De asemenea pentru a realiza imaginea cât mai apropiată de realitate, pentru micșorarea ecartului între componenta teoretică din literatura de specialitate și cea practică din mediul de lucru operațional, am realizat, aplicat și analizat un chestionar ale cărui produse mi-au direcționat cercetarea pentru identificarea și propunerea unor soluții ce pot îmbunătăți realizarea mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit optimiza managementul riscului în domeniu de interes. Tot odată identificarea din surse deschise a nevoilor de mentenanță a echipamentelor din cadrul sistemelor de radiolocație, reprezintă fără echivoc cea mai veridică și actuală resursă și imbold de cercetare. Am identificat faptul ca există lansate licitații publice prin care se caută parteneri pentru asigurarea pieselor de schimb și subansamble din compunerea radarelor TPS-79(R) - Gap Filler în valoare de

82.060,00 dolari (ianuarie 2016), pentru asigurarea serviciului de reparație tip Repair and return a echipamentelor defecte specifice radarelor TPS-79(R) – Gap Filler (21 ianuarie 2019) cu preț estimativ de 201.898.153,94 lei, echivalentul la acea dată a 48.000 dolari (**Error! Reference source not found.**

8.2 Contribuții

Din dorința de a acoperi adecvat tema aleasă, am defalcat obiectivul general menționat anterior în pe obiective operaționale, pentru tratarea etapizată a temei de cercetare.

Prima contribuție. Am identificat/cartografiat prin produsele unui chestionar dedicat, situațiile și nevoile colegilor specialiști în mediul operativ și a sistemelor pe care le încadrează. Tot odată am verificat vizibilitatea sistemelor de radiolocație, am identificat din surse deschise, aspectele specifice mentenanței de radiolocație raportate de instituții dedicate. Am constatat care sunt cele mai importante riscuri raportate: radiațiile ionizante, electrocutarea și problemele logistice de asigurare rapidă cu componente și accesorii de schimb.

Cea de a **doua contribuție** foarte importantă o reprezintă analiza literaturii de specialitate și implicit identificarea lucrărilor cu aplicabilitate specifică temei de cercetare aleasă. În realizarea analizei am folosit instrumentele Web of Science și Scopus cu scopul filtrării și selectării documentelor relevante pentru tema tezei. Rezultatele aceste analize s-au materializat în categorisirea tehnicilor și modelelor folosite în mentenanță și a autorilor dedicați acestui domeniu. Un alt rezultat important din acest demers de analizare a literaturii de specialitate îl reprezintă domeniile comune tratate în literatura:

- ▣ Metode de identificare a erorilor latente sau factori latenți
- ▣ Interacțiunea dintre interfața de om și mașină
- ▣ Taxonomie nouă sau revizuire a unei taxonomii vechi
- ▣ Impactul lipsei de cunoștințe sau al conștientizării

O remarcă importantă este că nicăieri nu este identificat, respectiv tratat riscul nominalizat **sabotaj**. De aceea am ales să fac referire la acest element în capitolul destinat monitorizării activității operatorului de mentenanță prin intermediul CVPC.

O a **treia contribuție majoră**, a fost identificarea evenimentelor înregistrate și a cauzelor ce au determinat producerea lor și măsuri/acțiuni trasate. Pe modelul analizei evenimentelor aviatice, pentru identificarea acestora am recurs la deplasarea în teritoriu și culegerea informațiilor de interes. Am identificat astfel o problemă deosebită a structurii platformei pe care este poziționată antena la un tip de stație de radiolocație, precum și o problemă adiacentă ce ține de procedura de intervenție la vânt în rafală sau cu viteze foarte mari. De asemenea am constatat că măsurile trasate ca sarcini nu acopereau în totalitate problematică. Ca soluție am propus consolidarea tuturor pedestalelor sau acoperirea cu protecții specifice tip RADOM, sau dotarea cu senzori de vibrație pentru identificarea predictivă a șocurilor produse de rafalele de vânt sau uzura rulmenților. O altă soluție în acest sens a fost dotarea cu stații meteorologice dedicate, sau cuplarea la un sistem dedicat preexistent cu posibilitatea opririi de urgență a stației de radiolocație și trecerea antenei în poziție liberă pentru minimă rezistență vântului.

Cea de-a **patra contribuție** o reprezintă faptul că am identificat ecartul între ceea ce este reglementat prin fișele tehnologice și documentația tehnică a sistemelor de radiolocație și realitatea existentă în mediul operativ, unde nu întotdeauna se respectă normele impuse, iar presiunea situației și neajunsurile logistice creează premise de accident. Soluția propusă a fost de dotare și implementare a unui sistem de înregistrare a intervențiilor executate la sistem, cu posibilitatea de auditare tehnică de specialitate la distanță. Prin acest sistem se pot realiza beneficii strategice. Nominalizez câteva dintre acestea: identificarea unor probleme latente, evaluarea unor decizii nepotrivite, prioritizare acțiunilor, îmbunătățirea timingului de execuție, implementarea unor procese de schimbare. Odată cu evidențierea acestui ecart sau gap consider că va deveni evidentă necesitatea unui management performant al riscurilor

A cincea contribuție personală o reprezintă un concept de integrare a mentenanței predictive la nivelul elementelor de rotire. Pentru acest proiect am conceput, executat și testat un stand de probe experimental 2D (în Laborator), pretabile sistemelor de radiolocație dispuse la sol, ce integrează componente din industrie (traductoare de mișcare, PLC, componentă software) pentru identificarea vibrațiilor la elementele în mișcare. Pentru realizarea mișcării de rotire am utilizat un radar didactic din dotarea laboratorului de radiolocație din cadrul instituției în care îmi desfășor activitatea ca instructor superior – Academia Forțelor Aeriene „Henri Coandă”. În cadrul studiului am realizat simulări și am tratat 2 probleme:

- Identificarea rulmenților din cadrul sistemelor ECU, ce vor necesita mentenanță în perioada imediat următoare; metoda constă în măsurarea și monitorizarea variației nivelului de vibrații datorate în principal de uzura mecanică,
- Identificarea șocurilor în antena sistemului de radiolocație, cauzată de uzura rulmentului de rotire sau condiții de vreme nefavorabilă cu vânt puternic sau în rafale; soluția propusă, odată integrată, este în măsură să avertizeze personalul de serviciu că există probleme la nivelul antenei, iar la nevoie, în caz de urgență poate realiza oprirea automată a rotirii și lăsarea liberă a antenei pentru rezistență minimă. Acest aspect l-am realizat prin setarea nivelurilor de prag: Atenționare (Galben), Defecțiune majoră (roșu) transpusă în comandă de oprire a rotirii antenei.

Contribuția șase constă în faptul că am proiectat și executat un concept de măsurare a vibrațiilor în condiții 3D (condiții reale) pentru simularea efectelor zborului asupra echipamentelor de radiolocație dispuse la bordul vectorilor aerieni. Înregistratorul este constituit dintr-o placă de lucru Arduino UNO, senzor GPS cu antenă, Bază de timp (RTC), senzor de detectare și măsurare a accelerațiilor în 3 axe, interfață suport pentru card de memorie SD. Rezultatele obținute și interpretate conferă elementele necesare de implementare/transfer către beneficiar printr-un program pilot.

A șaptea contribuție cu scopul de modelarea riscurilor factorului uman este reprezentată de propunerea unui concept în care se realizează înregistrarea lucrărilor de mentenanță utilizând BodyCam/Ochelari AR. Aceste înregistrări permit constituirea și dezvoltarea unei baze de date cu filmările operațiunilor de mentenanță, clasificate pe sisteme, salvate în cloud guvernamental cu acces privilegiat echipelor de audit tehnic. În baza acestuia și a altor indicatori consider că poate fi integrată scalabil și modular componenta de analiza a fiabilității umane.

Contribuția opt am realizat-o în cadrul unor scenarii folosind softurile specializate DerivaGem și CrystalBall. Cu ajutorul acestora am demonstrat Integrarea flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice cu impact asupra mentenanței (componenta tehnică și componenta umană) sistemelor de radiolocație. Decidenții actuali pot fructifica proceduri analitice mai avansate pentru a lua decizii strategice de investiții în arhitecturile de sisteme de radiolocație. Prin integrarea paradigmei opțiunilor reale am evidențiat un mod inedit de evaluare și înțelegere a modului de formulare a deciziei strategice. Prin aplicarea metodei opțiunilor reale am evidențiat soluții strategice de creștere a valorii unui proiect gestionând în același timp riscurile. Au fost considerate opțiunile de expansiune și respectiv de abandon, calculele fiind efectuate pentru mai multe seturi de variabile (volatilitate și rata fără risc). Am demonstrat că aplicarea opțiunilor reale conferă și o nouă viziune asupra dinamicii portofoliilor riscurilor demers esențial în îmbunătățirea procesului decizional strategic.

Contribuția nouă este reprezentată de elaborarea unui set integrat de instrumente decizionale bazate pe direcții/pași de urmat pentru a realiza bune practici în mentenanța sistemelor de radiolocație. Am evidențiat necesitatea de trecerea de la modele statice (cauză-efect) la modele dinamice (adaptive, reziliente, ciclice) asistate IT. Această contribuție, reprezintă în aceeași măsură și o direcție viitoare de cercetare. Propunerea pe care o fac este la acest moment ideatică și reprezintă **un pariu cu viitorul**. Cred cu tărie că într-un viitor nu foarte îndepărtat, în baza unei analogii cu modelul prelevării de celule STEM, înregistrările propuse la contribuția anterioară să reprezinte baza de date, colectată deja, necesară dezvoltării unei Inteligențe Artificiale dedicate mentenanței sistemelor de radiolocație și implicit managementului riscurilor acestora.

8.3 Metodologia cercetării și dezvoltarea arhitecturii tezei

În realizarea tezei am utilizat o abordare panoramică, de ansamblu caracteristică leadership-ului, însă acolo unde am considerat că situația o impune am punctat concis. Am integrat tehnici și metode convenționale specifice domeniului supus atenției dar și modele inovative, care să suplinească lipsa unor date sau elemente aflate la confluența dintre factorul tehnologic și factorul uman. Studiile realizate prezintă relevanță științifică prin abordarea îndrăzneță a unor concepte specifice managementul schimbării, managementului mentenanței și managementul de proiect în condiții de incertitudine. Propunerile de upgrade-are a componentei mecanice, analiza vibrațiilor pe două platforme, analiza flexibilității ca instrument de opțiuni reale și implementarea tehnologiilor inovative, conferă elemente de valoare prezentei teze.

Rezultatele obținute prin analiza flexibilității ca instrument de creștere a capacității de implementare a proiectelor asociate schimbării tehnologice au un impact semnificativ asupra eficienței proceselor de mentenanță sistemelor de radiolocație. Adaptarea prin creșterea flexibilității se analizează cu ajutorul opțiunilor reale de expansiune și respectiv de abandon și oferă imaginea de ansamblu a procesului decizional, respectiv avantaje legate de reducerea riscului în condiții de schimbare tehnologică și mediile incerte multi-criză. De asemenea rezultatele obținute din achiziția și prelucrarea datelor de vibrație, precum și propunerile de bune practici aduc contribuții substanțiale mediului operativ. Tratarea obiectivelor în maniera descrisă conferă tezei originalitate și caracter inovativ, reușind să suscite interesul specialiștilor dar și cel al cercetătorilor din domeniu.

În realizarea studiului temei de cercetare am utilizat instrumente moderne: VOSviewer pentru filtrarea literaturii de specialitate, dispozitive specifice utilizate în ingineria industrială și în sistemele de vectorii aerieni autonomi, soft de analiza și interpretare a datelor, analize comparative utile pentru a fi integrate în domeniul mentenanței sistemelor de radiolocație.

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 și înțeles. Aceste rezultate pot reprezenta un punct de plecare pentru viitoarele studii, metodele propuse fiind scalabile. Atât literatura de specialitate, informațiile transparente din surse deschise, cât și interesele și nevoile de bază din mediul operativ, au fost aprofundate și au constituit baza studiilor și contribuțiilor personale.

Diseminarea rezultatelor (Anexa) cercetării cuprinde publicarea de 5 articole BDI și un articol ISI Proceedings la 35th IBIMA 2020 din tematica domeniului de cercetare. În teză am folosit experiența mea practică, metode din inginerie și management precum și metode din statistica. Teza este organizată în 8 capitole și anexe aferente cu rol de întregire a imaginii realizată în capitole. Prin modul de abordare teza este interdisciplinară dar și multidisciplinară, iar obiectivele sunt ancorate în specificitatea tratării sistemelor de radiolocație din România.

Integrarea tuturor aplicațiilor, studiilor de caz, analizelor și aplicațiilor realizate și demonstrate, consider că au adus clarificări în domeniu și oferă soluții eficiente și fezabile pentru îmbunătățirea managementul riscului din perspectiva mentenanței sistemelor de radiolocație în contextul schimbării tehnologice disruptive și a derulării crizelor actuale multiple, acesta traducându-se în: reducerea numărului de evenimente cauzatoare de vătămări corporale sau chiar deces a personalului, reducerea efectelor riscurilor, implementarea unor soluții noi în cadrul sistemelor de radiolocație respectiv luarea celor mai potrivite decizii de către decidenți.

8.3.1 Implicarea multidisciplinară în proiecte

8.3.1.1 Proiecte naționale



În cadrul Schemei de granturi Digitalizarea universităților și pregătirea acestora pentru profesiile digitale ale viitorului, finanțat prin Planul Național pentru Redresare și Reziliență, Academia For elor Aeriene "Henri Coanda" Brasov, a participat cu proiectul F-PNRR-GDU-1-2022-0073, cod minister 1357725267. Proiectul a fost declarat eligibil și apare pe poziția 6 în lista intermediară a proiectelor eligibile/neeligibile.

Fac parte din echipa unui proiect ce coordonează, dezvoltă și implementează drone (UAV) cu destinație specială, senzori FLIR, GPS cu beneficiar elemente de forțe operații speciale.



8.3.1.2 Proiecte internaționale

Participarea activă în cadrul proiectului Erasmus+ DDHE

PROJECT IMPLEMENTATION OF DIGITALIZATION IN DEFENCE HIGHER EDUCATION (DDHE)

Source of financing	European Commission / Erasmus+ / The National Agency for Community Programmes in the Fields of Education and Vocational Training
Project type	KA 226 - Partnerships for Digital Education Readiness in the Field of Higher Education
Number of contract	2020-1-RO01-KA226-HE-095411
Total funds	137740 Euro
Project period	01.04.2021 – 31.03.2023
Manager of the project	Assoc prof. eng. Ecaterina Liliana Miron, PhD
Involved universities	Coordinator:- "Henri Coandă" Air Force Academy, Brasov, Romania Partners: -Vasil Levski National Military University, Bulgaria -Hellenic Air Force Academy, Greece -War Studies University, Poland

Project summary
Project activities
Website

Implementation of Digitalization in Defence Higher Education (DDHE)

Prin intermediul acțiunii KA2 a programului Erasmus+, au fost create module de studiu comune, pentru uniformizarea curriculei, pe programe specializate din sistemul de apărare, inclusiv mobilități stagii de practică pentru studenți și personal didactic. Module de învățare constituite înainte de perioada pandemică aveau rol complementar învățământului F2F. Într-o cercetare atentă s-a constatat că dezavantajul major al acestor module este dat de faptul că metodele de predare/învățare nu sunt adaptate la situația pandemică. Ca urmare, AFAHC, împreună cu partenerii săi, propune o soluție pentru a elimina, la nivelul cel puțin parțial, formatul clasic al materialelor didactice concepute pentru module.

De ce este propus acest proiect la nivel transnațional? Pentru a continua proiectul finalizat

în 2018 de către AFAHC și parteneri, dar și pentru a continua procesul de standardizare a competențelor, pentru fiecare specialitate în parte, la nivel european. Un motiv în plus pentru conceperea acestui proiect este ritmul de dezvoltare a sistemelor tehnice utilizate în toate domeniile de activitate și digitalizarea acestora. În vederea atingerii scopului proiectului, de creștere a nivelului de pregătire a studenților prin actualizarea metodelor de predare/învățare la contextul actual, și ca urmare a nevoilor analizei de nevoi în akademiile parteneri, au fost stabilite următoarele obiective parțiale:

- ❑ Ridicarea nivelului de competențe digitale ale cadrelor didactice din universitățile parteneri
- ❑ Creșterea nivelului de implicare și atracție a studenților față de procesul de cercetare
- ❑ Introducerea de resurse educaționale digitale
- ❑ Prezența și introducerea în procesul de predare/învățare a sistemelor VR și AR în toate universitățile parteneri
- ❑ -Înființarea unei biblioteci în care se pot găsi toate materialele proiectului

Rezultatele obținute fac ca cele 2 categorii de participanți la proiect, grupul țintă și beneficiarii, să se contopească în mare măsură. De-a lungul proiectului, colegii (profesori și studenți) din

organizațiile europene vor fi implicați, în principal în procesul de diseminare, în diferite etape, pentru a obține un nivel ridicat de impact la nivel internațional, dar și o rată ridicată de transferabilitate a rezultatelor proiectului.

O dezvoltare corectă și de succes a proiectului conține etape de proiectare, implementare și evaluare, diseminare. În conformitate cu obiectivele proiectului, prin categoriile de grupuri țintă, au fost avute în vedere următoarele activități:

- Proiectarea de resurse educaționale în format digital pentru un număr de 12 discipline, tehnice și umaniste
- Proiectarea/dezvoltarea de aplicații VR/AR pentru disciplinele stabilite, în funcție de profilul și specificul acestora. Aceste aplicații sunt potrivite pentru disciplinele tehnice care includ lecții practice.
- Introducerea tuturor resurselor educaționale într-o bibliotecă digitală cu acces liber la universităților din cadrul proiectului și partenerilor acestora, în viitor.

8.3.2 Contribuții personale în proiectele implicate

În cadrul proiectului Implementation of Digitalization in Defence Higher Education (DDHE) am dezvoltat conținuturi digitale pentru disciplina Radar Fundamentals cu evaluare a progresului și elemente interactive, atractive create cu soft-ul eXe_learning. Materialele au constat în 10 cursuri și 7 aplicații ce vor fi puse la dispoziție studenților din cadrul instituțiilor implicate.

În cadrul Schemei de granturi Digitalizarea universităților și pregătirea acestora pentru profesiile digitale ale viitorului, finanțat prin Planul Național pentru Redresare și Reziliență am proiectat arhitectura laboratorului de radiolocație și război electronic cu aparatură modernă, console Chrome Book, software dedicat RF, display interactiv de mari dimensiuni.

Participare activă alături de dl Sebastian POP și dl Cătălin CIOACĂ într-un program de dezvoltare drone (UAV) cu destinație specială, senzori FLIR, GPS.

8.4 CARACTERUL DE ORIGINALITATE

Centrul de greutate al tezei este reprezentat de aplicațiile practice cu caracter unic, studiile de caz bazate pe discuțiile cu colegii specialiști din teritoriu. Un element de originalitate este dezvoltarea chestionarului aplicat specialiștilor de radiolocație, fapt declarat chiar de acești. Una din întrebările chestionarului chiar acest aspect a vizat. 83,3% dintre respondenți au selectat că NU au cunoștință sau NU au mai participat la un astfel de proiect care să trateze subiectul.

8.5 DIRECȚII viitoare de cercetare (pe limita cercetării)

Produsele rezultate în urma măsurărilor pentru elementele de rotire – rulment rotire și analiză vibrații rulmenți ECU- realizate pe bancul de probe respectiv sistemul bazat pe Arduino UNO dispus la bordul planorului, oferă posibilitate de transfer a cunoașterii către beneficiar. Implementarea acestor proiecte vor putea dezvoltate ulterior la nivelul tuturor aeronavelor din forțele aeriene.

O viitoare direcție de cercetare poate fii reprezentată de dezvoltarea chestionarelor și aplicarea lor periodică pentru racordarea decidenților la situația pragmatică din zona operațională.

Utilizarea ochelarilor HoloLens pentru vizualizare AR, precum și crearea de articole AR presupune echipament mai rafinat și actual.

O altă direcție viitoare de cercetare este reprezentată de implementarea dispozitivelor corporale CVPC în cadrul echipelor de test. Dezvoltarea platformei software în server cloud guvernamental reprezintă o altă viitoare direcție de cercetare.

8.6 DISEMINAREA REZULTATELOR

Diseminarea rezultatelor cercetării cuprinde publicarea de 5 articole BDI și un articol ISI Proceedings la 35th IBIMA 2020. Pornind de la recunoașterea onestă a limitelor cercetării, doctorandul propune ca direcții viitoare de cercetare implementarea la nivel național în toate structurile din cadrul sistemului național de supraveghere aeriană precum și extins la nivel structurilor de specialitate din cadrul alianțelor din care România face parte.

CÂRSTEA, C., SÂNGEORZAN, L., DAVID-ENACHE, N., **GĂINĂ, L.**, „Security and encryption of classified information shamir data sharing system”, 35th IBIMA (International-Business-Information-Management-Association) Conference , Seville, Spain, 1-2 aprilie 2020, Pag:16623-16630, WOS:000661489807058, ISBN: 978-0-9998551-4-0, IDS Number: BR6JR, /<https://www-webofscience-com.am.e-nformation.ro/wos/woscc/full-record/WOS:000661489807058>

GĂINĂ, L., BĂLOS, I.D., „Socio-Technical Challenge in the Selection of the Remote E-Learning Platform”, 27th edition of the (KBO 2021) International Conference, Sibiu, 12 iulie 2021, Volume 27 (2021) - Edition 2 (June 2021), pag. 125 – 132, <https://doi.org/10.2478/kbo-2021-0060>, eISSN 2451-3113

GĂINĂ, L., MECLEA, M.A., BOȘCOIANU, M., „Research on the maintenance of air surveillance systems management in the context of technological development Industry 4.0”, 22nd Edition of the International Conference AFASES 2021, Scientific research and education in the air force, Brașov, 14-17 octombrie 2021, pag.37-40, [DOI:10.19062/2247-3173.2021.22.5](https://doi.org/10.19062/2247-3173.2021.22.5)

MECLEA, M.A., **GĂINĂ, L.**, BOȘCOIANU, M., „ The current state of research in electronic surveillance systems management; jamming and counter jamming”, 22nd Edition of the International Conference AFASES 2021, Scientific research and education in the air force, Brașov, 14-17 octombrie 2021, pag.41-44, [DOI:10.19062/2247-3173.2021.22.6](https://doi.org/10.19062/2247-3173.2021.22.6)

GĂINĂ, L., MECLEA, M.A., BOȘCOIANU, M., „Socio-Technical Implications of Digitalization in the Maintenance of Air Surveillance Systems”, 23rd Edition of the International Conference AFASES 2022, Scientific research and education in the air force, Brașov, 26-28 mai 2022, https://www.afahc.ro/afases/guide_afases_2022.pdf

MECLEA, M.A., **GĂINĂ, L.**, BOȘCOIANU, M., „ The Practical Limits of Digitalization in Military Air Defence”, 23rd Edition of the International Conference AFASES 2022, Scientific research and education in the air force, Brașov, 26-28 mai 2022, https://www.afahc.ro/afases/guide_afases_2022.pdf

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- [AAP, 06] *AAP 06*, Edition 2021
- [AER, 00] ***, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, no. 10, Jubilee issue, p. 119, 2000
- [AJU, 15] Aju Kumar, V.N., Gandhi, M.S., Gandhi, O.P., *Identification and assessment of factors influencing human reliability in maintenance using fuzzy cognitive maps. Qual. Reliab. Eng. Int.* 31, 169–181, 2015
- [AKY, 16] Akyuz, E., Celik, M., Cebi, S., *A phase of comprehensive research to determine marine-specific EPC values in human error assessment and reduction technique, Saf. Sci.* 87, 63–75, 2016
- [ALE, 02] Ale, B. J. M., *Risk assessment practices in The Netherlands, Safety Science*, 40(1–4), 105–126, 2002
- [ALE, 06] Ale, B.J.M., Bellamy, L.J., Cooke, R.M., Goossens, L.H.J., Hale, A.R., Roelen, A.L.C., Smith, E., *Towards a causal model for air transport safety—an ongoing research project, Saf. Sci.* 44, 657–673, 2006
- [ALE, 09] Ale, B., Aven, T., & Jongejan, R., *Review and discussion of basic concepts and principles in integrated risk management, ESREL (European Safety and Reliability Conference)*, Prag, London: Taylor and Francis Group, 2009
- [ALL, 17] Allison, C.K., Revell, K.M., Sears, R., Stanton, N.A., *Systems Theoretic Accident Model and Process (STAMP) safety modelling applied to an aircraft rapid decompression event, Saf. Sci.* 98, 159–166, 2017
- [ANT, 97] Antonik P., Schuman H., Li P., Melvin W., Wicks M., *Knowledge-based space-time adaptive processing, Proc. of the IEEE National Radar Conference*, Syracuse, NY, 1997
- [ARU, 02] Arulampalam M. S., Maskell S., Gordon N., Clapp T., *A tutorial on particle filters for online nonlinear / nonGaussian Bayesian tracking, IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 50, no. 2, pp. 174–188, 2002
- [AUS, 84] Ausherman D., Kozma A., Walker J., Jones H., Poggio E., *Developments in radar imaging, IEEE Trans on Aerospace and Electronic Systems*, pp. 363–400, 1984
- [AYR, 19] Ayra, E.S., Insua, D.R., Cano, J., *Bayesian network for managing runway overruns in aviation safety, J. Aerospace Inf. Syst.* 16, 546–558, 2019
- [BAI, 83] Bainbridge, L., *Ironies of automation, Automatica* 19, 775–779, 1983.
- [BAL, 93] Baldygo W., et. al., *Artificial intelligence applications to constant false alarm rate (CFAR) processing, Proc. of IEEE 1993 National Radar Conference*, pp. 275–280, 1993
- [BAN, 09] Bangash, M. Y. H., *Shock, impact and explosion—Structural analysis and design*, Berlin: Springer, 2009
- [BAR, 88] Bar-Shalom Y., Fortmann T., *Tracking and data association*, Academic Press, 1988
- [BAR, 88] Barton D. K., *Modern radar system analysis*, Artech House, Norwood, MA, 1988
- [BAR, 95] Bar-Shalom Y., X-Rong Li, *Multi target, multi-sensor tracking principles and techniques*, YBS, 1995
- [BAŞ, 20] Başar, S., Kucuk, Y.A., Karaca, M., Lapçın, H.T., Başar, S. I., *Fleet modelling in strategic multi-criteria decision-making of approved training organization from capacity building and resource dependency theory perspective: risk taxonomy methodology, Aircraft Eng. Aerospace Technol.* 92, 917–923, 2020

- [BAU, 20] Baur, M., Albertelli, P. & Monno, M., *A review of prognostics and health management of machine tools*. 107, 2843–2863 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05202-3>
- [BAZ, 00] Bazelyan E. M., Raizer Y. P., *Meteo radar: Lightning Physics and Lightning Protection*, CRC Press, pp. 283, 2000
- [BEE, 12] Beekhuis H., Leijnse H., *An operational radar monitoring tool*, Proc. Seventh European Conf. on Radar in Meteorology and Hydrology, Toulouse, France, pp. 25–29, 2012
- [BIC, 21] Bicen, S., Kandemir, C., Celik, M., *A Human Reliability Analysis to Crankshaft Overhauling in Dry-Docking of a General Cargo Ship*, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, Vol. 235 pp.93-109, 2021
- [BIL, 02] Billingsley J. B., *Low-angle radar land clutter: measurements and empirical models*, Scitech Publishing Inc., William Andrew publishing, IEE, 2002
- [BLA, 86] Blackman S., *Multiple target tracking with radar applications*, Artech House, Norwood, MA, 1986
- [BOB, 19] Bobancu, Ş, Dumitraşcu, R, *Creativity and Invention (C&I) – Course – Section 1 and 2*, 11th Edition, UniTBv, 2019
- [BOD, 96] Boden, M.A. ed., *Artificial intelligence*, Elsevier, 1996
- [BOG, 90] Bogler P., *Radar principles with applications to tracking systems*, John Wiley&Sons, New York, 1990
- [BOK, 17] Bokrantz J., Skoogh A., Berlin C., Stahre J., *Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030*. *Int. J. Prod. Econ.*, 191, 154–169 (2017)
- [BOL, 96] Bollini P., Chisci L., Farina A., Giannelli M., Timmoneri L., Zappa G., *QR versus IQR algorithms for adaptive signal processing: performance evaluation for radar applications*, *Proceedings of IEE on Radar, Sonar and Navigation*, vol. 143, , no. 5, pp.328-340, 1996
- [BOS, 18] Boscoianu, M., Prelipcean, G., Lupan, M., *Innovation enterprise as a vehicle for sustainable developmnet - A general framework for the design of typical strategies based on enterprise systems engineering, dynamic capabilities, and option pricing*, *Journal of Cleaner Production* vol 172, 2018
- [BRO, 00] Brookner E., *Phased array for the new millennium*, Invited paper, Millennium Conference on Antennas and Propagation, AP-2000, Davos, Switzerland, 2000
- [BRO, 88] Brookner E., *Aspects of modern radars*, Artech House, Norwood, MA, 1988
- [CAN, 89] Cantafio L. J., *Space-based radar handbook*, Artech House, Norwood, MA, 1989
- [CHA, 10] Chang, Y.-H., Wang, Y.-C., *Significant human risk factors in aircraft maintenance technicians*, *Saf. Sci.* 48, 54–62, 2010
- [CHA, 15] Chandrasekar V., Baldini L., Bharadwaj N., P. Smith L., *Calibration procedures for global precipitation-measurement ground-validation radars*, *Radio Science Bull*, pp. 45-73, 2015
- [CHE, 18] Chen, W., Huang, S., *Evaluating flight crew performance by a Bayesian network model*, *Entropy*, Vol. 20 pp., 2018
- [CHE, 21] Chen, Y., Feng, W., Jiang, Z., Duan, L., Cheng, S., *An accident causation model based on safety information cognition and its application*, *Reliab. Eng. Syst. Saf.* Vol, 207 pp. 2021
- [CHE, 21] Cheng, P., Tang, H., Dong, Y., Liu, K., Jiang, P., Liu, Y., *Knowledge Mapping of Research on Land Use Change and Food Security: A Visual Analysis Using CiteSpace and VOSviewer*, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18 (24), 13065, 2021

- [CHE, 98] Chernyak V. S., *Fundamentals of multisite radar systems*, Gordon and Breach Science Publishers, 1998
- [CIC, 03] Cicolani M., Farina A., Giaccari E., Madia F., Ronconi R., Sabatini S., *Phased array systems and technologies in AMS*, IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology, 14- 17 October 2003, Boston (Ma). Invited Paper, 2003
- [CÎR, 20] CÎRSTEĂ C., SÂNGEORZAN L., GĂINĂ L., *Security and encryption of classified information. Shamir data sharing system*, 35th IBIMA (International-Business-Information-Management-Association) Conference „EDUCATION EXCELLENCE AND INNOVATION MANAGEMENT: A 2025 VISION TO SUSTAIN ECONOMIC DEVELOPMENT DURING GLOBAL CHALLENGES”, Seville, Spain, 1-2 april 2020, WOS:000661489807058, ISBN: 978-0-9998551-4-0, IDS Number: BR6JR, Available at <https://ibima.org/accepted-paper/security-and-encryption-of-classified-information-shamir-da-ta-sharing-system/> <https://www-webofscience-com.am.e-nformation.ro/wos/woscc/full-record/WOS:000661489807058>, accessed on 10 Oct. 2021, pp. 16623-16630, 2020
- [CLA, 17] Claros, B., Sun, C., Edara, P., *Enhancing safety risk management with quantitative measures*, Transp. Res. Rec. 2603, 1–12, 2017
- [DAV, 93] Davis R.A., 'Human factors in the global market place', Keynote Address, Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, Seattle, WA, 12 October 1993. See also Boeing, Statistical Summary of Commercial Jet Aircraft Accidents, 1959–92, Seattle, WA: Boeing Commercial Airplane Group, 1993
- [DAV, 94] Davoudian, K., Wu, J.-S., Apostolakis, G., *The work process analysis model (WPAM)*, Reliab. Eng. Syst. Saf. 45, 107–125, 1994.
- [DEN, 09] Denyer, D., Tranfield, D., *Producing a systematic review. In: Buchanan, D., Bryman, A. (Eds.), The Sage Handbook of Organizational Research Methods*, Sage Publications, London, pp. 671–689, 2009
- [DHI, 09] Dhillon, B.S., *Human reliability, error, and human factors in engineering maintenance: with reference to aviation and power generation*, CRC Press, 2009
- [DIB, 20] Di Bona, G., Cesarotti, V., Arcese, G., Gallo, T., *Implementation of Industry 4.0 technology*, ISM 2020, vol. 180, 424-429, DOI 10.1016/j.procs.2021.01.258
- [DIC, 91] Dickey F.R., Staudaher F.M., Labitt M., *IEEE AESS 1991 Pioneer Award*, IEEE Aerospace and Electronic System Magazine, 1991, vol. 32, pp. 32, 1991
- [DOB, 10] Dobre, I., *Studiu critic al actualelor sisteme de e-learning*, Academia Română, Institutul de cercetări pentru inteligență artificială, București, 2010
- [DOR, 06] Dörr, A., & Häring, I., *Introduction to risk analysis 2*. In N. Gebbeken, M. Keuser, M. Klaus, I. Mangerig & K. Thoma (Eds.), Workshop Bau-Protect, 2006
- [DOR, 08] Dörr, A., & Häring, I., *Introduction to methods applied in hazard and risk analysis 3*. In N. Gebbeken (Ed.), Workshop Bau-Protect, 2008
- [DOU, 01] Doucet A., de Freitas N., Gordon N. J., editors, *Sequential Monte Carlo methods in practice*, New York: Springer-Verlag, 2001
- [EDK, 98] Edkins, G.D., *Evaluation of a method to proactively improve airline safety performance*, 1998
- [FAR, 14] Farcasiu, M., Prisecaru, I., *MMOSA - A new approach of the human and organizational factor analysis in PSA*, Reliab. Eng. Syst. Saf. 123, 91–98, 2014
- [FAR, 85] Farina A., F.A. Studer, *Radar data processing. Introduction and tracking* (vol. I), Research Studies Press. England, John Wiley, 1985

- [FAR, 86] Farina A., F.A. Studer, *Radar data processing. Advanced topics and applications (vol. 2)*, Research Studies Press, England, John Wiley, 1986
- [FAR, 86] Farina A., F.A. Studer, *A review of CFAR detection techniques in radar systems*, Microwave Journal, Vol. 29, no. 9, 1986, pp. 115-128, 1986
- [FAR, 87] Farina A. (Editor), *Optimized radar processors*, On behalf of IEE, Peter Peregrinus Ltd. London, 1987
- [FAR, 88] Farina A., Protopapa E., *New results on linear prediction theory for clutter cancellation*, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES - 24, no. 3, 1988, pp. 275-286, 1988
- [FAR, 90] Farina A., *Electronic Counter-Counter Measures*, Chapter 9 of Radar Handbook, 2nd Edition (Editor M.I. Skolnik), Mc Graw Hill, 1990
- [FAR, 92] Farina A., *Antenna based signal processing techniques for radar systems*, Artech House, Norwood, MA, 1992
- [FAR, 95] Farina A., Graziano R., Lee F., Timmoneri L., *Adaptive space-time processing with systolic algorithm: experimental results using recorded live data*, Proc. of Int. Conf. on Radar, Washington D.C. (USA), pp. 595-602, 1995
- [FED, 15] Federal Aviation Administration (FAA), *Safety Management Systems for Aviation Service Providers*. AC 12-92B Retrieved from the FAA, US, 2015
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-92B.pdf
- [FEN, 10] Feng, C., Zhao, T., *Case knowledge-based system safety risk model*, Hangkong Xuebao/Acta Aeronautica et Astronautica Sinica 31, 724-731, 2010
- [FIG, 12] Figueras i Ventura J., Boumahmoud A.-A., Fradon B., Dupuy P., Tabary P., *Long-term monitoring of French polarimetric radar data quality and evaluation of several polarimetric quantitative precipitation estimators in ideal conditions for operational implementation at C-band*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 138, 2212-2228, doi:10.1002/qj.1934., 2012
- [FIN, 10] Finke, A., Bicans, J., *E-learning System Content and Architecture Evolution*, Proc. of 16th International Conference on Information and Software Technologies IT 2010
- [FIS, 03] Fischhoff, B., *Hindsight is not equal to foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty*, J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform. 1, 288-299, 1975
- [FLE, 03] Fleiss, J.L., Levin, B., Paik, M.C., *Statistical Methods for Rates and Proportions*, 3rd ed. Wiley, New Jersey, 2003
- [FLE, 71] Fleiss, J.L., *Measuring nominal scale agreement among many raters*, Psychol. Bull. 76 (5), 378, 1971
- [FON, 03] Fontana W. J., Krueger R. H., *An/SPY-3: the Navy's next generation force protection radar system*, Naval Surface Warfare Center, Dahlgreen Division Technology Digest, 2000-2001 Issue: Theater Air Defense, pp. 230-239, 2003
- [FRI, 07] Friedrich K., Germann U., Gourley J. J., Tabary P., *Effects of radar beam shielding on rainfall estimation for the polarimetric C-band radar*, J. Atmos. Oceanic Technol., 24, 1839-1859, doi:10.1175/JTECH2085.1., 2007
- [GAB, 16] Gabella M., Sartori G., Germann M. U., Bosanci M., *Calibration accuracy of the dual-polarization receivers of the C-band Swiss weather radar network*, Atmosphere, 7, 76, doi:10.3390/atmos7060076., 2016
- [GAG, 17] Gagniuc P. A., *Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation*, John Wiley&Sons, USA, NJ, ISBN 978-1-119-38755-8, pp. 159-163, 2017

- [GĂI, 21] **GĂINĂ L.**, MECLEA, M.A., BOȘCOIANU M., *Research on the maintenance of air surveillance system, management in the context of technological development Industry 4.0*, 22nd Edition of the International Conference AFASES 2021, Scientific research and education in the air force, Brașov, 14-17 octombrie 2021, [DOI:10.19062/2247-3173.2021.22.5](https://doi.org/10.19062/2247-3173.2021.22.5), pp. 37-40, 2021
- [GĂI, 21] **GĂINĂ L.**, BĂLOS I.D., *Socio-Technical Challenge in the Selection of the Remote E-Learning Platform*, 27th edition of the KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION (KBO 2021) International Conference, Sibiu, 12 iulie 2021, Volume 27 (2021) - Edition 2 (June 2021), <https://doi.org/10.2478/kbo-2021-0060>, eISSN2451-3113, pp. 125- 132, 2021
- [GĂI, 22] **GĂINĂ L.**, MECLEA M.A., BOȘCOIANU M., *Socio-Technical Implications of Digitalization in the Maintenance of Air Surveillance Systems*, 23rd Edition of the International Conference AFASES 2022, Scientific research and education in the air force, Brașov, 26-28 mai 2022, https://www.afahc.ro/afases/guide_afases_2022.pdf, 2022
- [GAL, 00] Galejs R. J., *Volume surveillance radar frequency selection*, Proc. of IEEE Int. Radar Conference, Alexandria (Va), pp. 187-192, 2000
- [GAL, 20] Gallo, T., Santolamazza, A., *Industry 4.0 and human factor: How is technology changing the role of the maintenance op?*, ISM 2020, vol. 180, 388-393, DOI 10.1016/j.procs.2021.01.364
- [GAM, 06] Gamerman D., Hedibert F. L., *Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference - Second Edition*, CRC Press. ISBN 978-1-58488-587-0 Archived from the original on 23 March 2017, 2006
- [GER, 93] Gertman, D., *Representing cognitive activities and errors in HRA trees*, pp. 25-34, 1993
- [GIN, 01] Gini F., Farina A., Greco M., *Selected list of references on radar signal processing*, IEEE Trans. On Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-37, no. 1, January 2001, pp. 329-359, 2001
- [GIN, 99] Gini F., Greco M.V., Farina A., *Clairvoyant and adaptive signal detection in non-Gaussian clutter: a data-dependent threshold interpretation*, IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 47, no. 6, pp. 1522-1531, 1999
- [GOH, 10] Goh, Y.M., Chua, D.K.H., *Case-based reasoning approach to construction safety hazard identification: Adaptation and utilization*, J. Constr. Eng. Manage. 136, 170–178, 2010
- [GOR, 99] Gorgucci E., Scarchilli G., Chandrasekar V., *A procedure to calibrate multiparameter weather radar using properties of the rain medium*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 37 doi:10.1109/36.739161., pp.269-276, 1999
- [GRA, 94] Graeber R.C., *The value of human factors awareness for airline management*, Paper presented to conference on Human Factors for Aerospace Leaders, Royal Aeronautical Society, London, 28 May 1996; D.A. Marx and R.C. Graeber, 'Human error in aircraft maintenance', in N. Johnston, N. MacDonald and R. Fuller (eds), *Aviation Psychology in Practice*, Aldershot: Avebury, 1994.
- [GRO, 10] Groth, K., Wang, C., Mosleh, A., *Hybrid causal methodology and software platform for probabilistic risk assessment and safety monitoring of socio-technical systems*, Reliab. Eng. Syst. Saf. 95, 1276–1285, 2010
- [GUE, 02] Guerci J. R, *Knowledge-Aided Sensor Signal Processing and Expert Reasonings*, Proc. Knowledge-Aided Sensor Signal Processing and Expert Reasoning (KASSPER) Workshop, Washington DC, 2002

- [GUI, 16] Guillén A. J., Crespo A., Macchi M., Gómez J.: *On the role of Prognostics and Health Management in advanced maintenance systems*. Prod. Plan. Control, 27(12), 991–1004 (2016)
- [GUO, 19] Guo, Y., Sun, Y., Yang, X., Wang, Z., *Flight Safety Assessment Based on a Modified Human Reliability Quantification Method*, Int. J. Aerospace Eng. 2019
- [GUO, 20] Guo, X., Meng, B., Liu, Y., Lu, N., Fu, S., Si, Q., *A human error mechanism for pilot based on fault tree analysis and Bayesian network*, J. Intell. Fuzzy Syst. 38, 6863–6871, 2020
- [HAL, 01] Halls D., Llinas J., *Handbook of multi-sensor data fusion*, CRC, 2001
- [HAL, 05] Halford, G.S., Baker, R., McCredden, J.E., Bain, J.D., *How Many Variables Can Humans Process? Psychol*, Sci. Vol, pp., 2005
- [HAL, 97] Hale, A.R., Heming, B.H.J., Carthey, J., Kirwan, B., *Modelling of safety management systems*, Safety science, Vol. pp.Vol.26(1), pp.121-140-Systemic review about tools to evaluate or audit SMS, 1997
- [HAN, 02] Hanle, E., *Radar and general radiolocation. Glossary of terms and definition in English, French and German*, VDE, Verlag, 2002
- [HAN, 86] Hanle, E., Farina A., Pell C., *Bistatic/Multistatic radar bibliography*, Special issue on bistatic and multistatic radar, IEE Communications, Radar and Signal Processing, Pt. F. vol. 133, no. 7, 1986, pp. 664-668, 1986
- [HAS, 06] Hassan, R., de Neufville, R., *Design of Engineering Systems under Uncertainty via Real Options and Heuristic Optimization*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA (U.S.A.), 2006
- [HOB, 97] Hobbs A., *Human Factors in Aircraft Maintenance: A Study of Incident Reports, Canberra: Bureau of Air Safety Investigation*, 1997
- [HOG, 68] Hogg D.C., *Millimeter-wave communication through the atmosphere.*, Science 159, doi:10.1126/science.159.3810.39., pp. 39-46, 1968
- [HOL, 10] Holleman I., Huuskonen A., Kurri M., Beekhuis H., *Operational monitoring of weather radar receiving chain using the sun.*, J. Atmos. Oceanic Technol., 27, 159–166, doi:10.1175/2009JTECHA1213.1., 2010
- [HOW, 99] Howland P.E., *Target tracking using television-based bistatic radar*, IEE Proc. Radar, Sonar and Navigation, vol. 146, no. 3, pp. 166-174, 1999
- [HUD, 02] Hudlicka, E., McNeese, M.D., *Assessment of user affective and belief states for interface adaptation: Application to an Air Force pilot task*, User Model. User-Adap. Inter. 12, 1–47, 2002
- [HUE, 02] Hue C., Le Cadre J.-P., Perez P., *Sequential Monte Carlo methods for multiple targets tracking and data fusion*, IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 50, no. 2, pp. 309-325, 2002
- [HUU, 07] Huuskonen A., Holleman I., *Determining weather radar antenna pointing using signals detected from the sun at low antenna elevations*, J. Atmos. Oceanic Technol., 24, 476–483, doi:10.1175/JTECH1978.1., 2007
- [HUU, 14] Huuskonen A., Saltikoff E., Holleman I., *The Operational Weather Radar Network in Europe*, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00216.1>, 2014
- [ICA, 13] ICAO, *Safety Management Manual(SMM)* (Doc 9859), 2013
- [INT, 06] ***, *Introduction to Radar Signal & Data Processing: The Opportunity*, 1 - 14 RTO-EN-SET-063, 2006

- [IPS, 20] Ipsos, *European enterprise survey on the use of technologies based on Artificial Intelligence*, 2020
- [ISL, 17] Islam, R., Abbassi, R., Garaniya, V., Khan, F., *Development of a human reliability assessment technique for the maintenance procedures of marine and offshore operations*, J. Loss Prev. Process Ind. 50, 416–428, 2017
- [ISL, 20] Islam, R., Anantharaman, M., Khan, F., Abbassi, R., Garaniya, V., *A hybrid human reliability assessment technique for the maintenance operations of marine and offshore systems*, Process Safety Progress, Vol. 39 pp., 2020
- [ISO, 09] ISO, ISO Guide 73, *Risk management vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2009
- [JAR, 06] Jardinea. K. S., Lin D., Banjevic D., *A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance*. Mech. Syst. Signal Proc., 20(7), 1483–1510 (2006)
- [JUL, 00] Julier S., Uhlmann J., Durrant_Whyte H. F., *A new method for the nonlinear transformation of means and covariances in filters and estimators*, IEEE Trans. on Automatic Control, vol. AC-45, no. 3, pp. 477–482, 2000
- [JUL, 97] Julier S., Uhlmann J., *A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems*, in *The Proceedings of Aero Sense*, The 11th International Symposium on Aerospace/Defense Sensing, Simulation and Controls, Orlando, Florida, 1997, SPIE, Multi Sensor Fusion, Tracking and Resource Management II, SPIE volume 3068, pp. 182-193., 1997
- [KIR, 97] Kirwan, B., *The validation of three human reliability quantification techniques — THERP, HEART and JHEDI: Part 1 — technique descriptions and validation issues*, pp. 359-373, 1996
- [KIR, 97] Kirwan, B., Basra G., Taylor-Adams S.E., *CORE-DATA: a computerised human error database for human reliability support*, 1997
- [KIR, 01] Kirwan, B., *The role of the controller in the accelerating industry of air traffic management*, Saf. Sci. 37, 151–185, 2001
- [KLE, 98] Klemm R., *Space Time Adaptive Processing: Principles and applications*, IEE Radar, Sonar, Navigation and Avionics 9, IEE Press, 1998
- [KLO, 21] Klock, A.C.T., Wallius, E., Hamari, J., *Gamification in freight transportation: extant corpus and future agenda*, Int. J. Phys. Distribution & Logistics Manage. 51 (7), 685–710, 2021
- [KLO, 97] Klomfass, A., & Thoma, K. *Selected Chapters of High-Speed Dynamics Part 1—Explosions in Air*, Freiburg: Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst Mach Institute, pp. 1, 1997
- [KNI, 21] Knight, F., *Riscul, incertitudinea și profitul*, 1921
- [KON, 09] Kontogiannis, T., Malakis, S., *A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control*, Saf. Sci. 47, 693–706, 2009
- [KRO, 14] Kroese D. P., Brereton, T., Taimre T., Botev Z. I., *Why the Monte Carlo method is so important today*, WIREs Comput Stat. 6 (6), doi:10.1002/wics.1314. S2CID 18521840., pp. 386-392, 2014
- [KUC, 19] Kucuk, Y.A., *Strategic approach to managing human factors risk in aircraft maintenance organization: risk mapping*, Aircraft Eng. Aerospace Technol. 91, 654–668, 2019
- [KUR, 08] Kurri M., Huuskonen A., *Measurements of the transmission loss of a radome at different rain intensities*, J. Atmos. Oceanic Technol., 25, doi:10.1175/2008JTECHA1056.1., pp. 1590–1599, 2008

- [LAT, 00] Latorella, K.A., Prabhu, P.V., *A review of human error in aviation maintenance and inspection*, Int. J. Ind. Ergon. 26, 133–161, 2000
- [LEA, 20] *Learning at a distance. Survey on educational activities carried out in Romania during the suspension of school courses face-to-face*, study carried out by the National Centre Of Policy And Evaluation In Education The Education Research Unit, August 2020, http://www.ise.ro/wp-content/uploads/2020/08/Invatarea-la-distanta_Raport-de-cercetare_august-2020.pdf
- [LEE, 11] Lee J., Ghaffari M., Elmeligy S., *Self-maintenance and engineering immune systems: Towards smarter machines and manufacturing systems*. Annu. Rev. Control, 35(1), 11–122, (2011)
- [LEV, 06] Levy, Y., Ellis, T.J., *A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research*, 2006
- [LEV, 16] Leveson, N.G., *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety* (p. 560), The MIT Press, 2016
- [LIY, 18] Li, Y., Guldenmund, F.W., *Safety management systems: A broad overview of the literature*, Saf. Sci. 103, 94–123, 2018
- [LIZ, 16] Li, Z., Wang, K.S., He, Y.F., *Industry 4.0-Potentials for Predictive Maintenance*, AEBMR, vol. 24, 42-46, (2016)
- [LOF, 10] Lofquist, E.A., *The art of measuring nothing: The paradox of measuring safety in a changing civil aviation industry using traditional safety metrics*, Saf. Sci. 48, 1520–1529, 2010
- [LOM, 08] Lombardo P., Greco M.V., Gini F., Farina A., Billingsley J.B., Carlton B., *Impact of clutter spectra on radar performance prediction*, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-37, no. 3, best paper award for 2001, pp. 1022–1038, 2001
- [LOW, 18] Lower, M., Magott, J., Skorupski, J., *A System-Theoretic Accident Model and Process with Human Factors Analysis and Classification System taxonomy*. Saf. Sci. 110, 393–410, 2018
- [MAY 10] Mayrhofer, C., *Urban risk analysis - final report* Fraunhofer Institute for Short-Term Dynamics, Ernst Mach Institute, EMI, Federal Office for Civil Protection and Disaster Assistance, 2010
- [MAR, 17] ***, *Markov chain Definition of Markov chain in US English by Oxford Dictionaries*, Oxford Dictionaries, English. Retrieved 2017-12-14. https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/markov_chain
- [MAR, 21] Marvin, S., Rutherford, J., *Understanding the socio-technical hybridisation of indoor-outdoor relations: Emergent, merged and stretched*, doi: 10.1111/area.12715, May 2021
- [MAS, 17] Masoni, R and Co, *Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality*, FAIM2017, vol. 12, 1296-1302 DOI 10.1016/j.promfg.2017.07.257, (2017)
- [MCM, 04] McMillan L. G., *McMillan on Options*, ed. a 2-a. New Jersey: Wiley, 2004
- [MEC, 21] MECLEA M.A., GĂINĂ L., BOȘCOIANU M., *The current state of research in electronic surveillance systems management; jamming and counter jamming*, 22nd Edition of the International Conference AFASES 2021, Scientific research and education in the air force, Brașov, 14-17 octombrie 2021, DOI:10.19062/2247-3173.2021.22.6, pp. 41-44, 2021
- [MEC, 22] MECLEA M.A., GĂINĂ L., BOȘCOIANU M., *The Practical Limits of Digitalization in Military Air Defence*, 23rd Edition of the International Conference AFASES 2022, Scientific research

- and education in the air force, Braşov, 26–28 mai 2022,
https://www.afahc.ro/afases/guide_afases_2022.pdf, 2022
- [MEG, 63] Megginson, *Lessons from Europe for American Business*, Southwestern Social Science Quarterly (1963) 44(1): 3–13, at p. 4.
- [MEI, 97] Meischner, P., Collier C., Illingworth A., Joss J., Randeu W., *Advanced weather radar systems in Europe*, The COST 75 action. Bull. Amer., 1997
- [MOG, 18] Mogles, N., Padget, J., Bosse, T., *Systemic approaches to incident analysis in aviation: Comparison of STAMP, agent-based modelling and institutions*, Saf. Sci. 108, 59–71, 2018
- [MOO, 06] Moore W. J. and Starra. G., *An intelligent maintenance system for continuous cost-based prioritisation of maintenance activities*. Comput. Ind., 57(6), 595–606 (2006)
- [MOR, 01] Morgan C., Moyer L., *Knowledge-based applications to adaptive space-time processing, volume IV: Knowledge-based tracking*, AFRL-SN-TR-2001-146 vol. IV (of vol. VI), Final Technical Report , 2001
- [MOR, 90] Morchin W. C., *Airborne early warning radar*, Artech House, Norwood, MA , 1990
- [MUN, 19] Munoz-Garcia F., Toro-Gonzalez D., *Strategy And Game Theory: Practice Exercises With Answers*, 2nd ed., Springer, 2019
- [MUM, 01] Mumford, E., *Tips for an action researcher*, *Information technology and people*, 14 (1): 12–27. doi:10.1108/09593840110384753, March 2001
- [NAT, 91] Nathanson F. E., *Radar design principles*, 2nd ed., McGraw Hill, New York , 1991
- [NEA, 12] Neagoe B.S., *Cercetări privind aplicarea Analizei Modurilor și a Efectelor Defectărilor în fabricația componentelor auto, Teză de doctorat*, Universitatea „Transilvania” din Braşov, Braşov, 2012
- [NED, 14] Naderpour, M., Lu, J., Zhang, G., *A situation risk awareness approach for process systems safety*, Saf. Sci. 64, 173–189, 2014
- [NYC, 07] Nyce, C., *Predictive Analytics White Paper*, American Institute for Chartered Property Casualty Underwriters/Insurance Institute of America, p. 1, 2007
- [OST, 13] Oster, C.V., Strong, J.S., Zorn, C.K., *Analyzing aviation safety: Problems, challenges, opportunities*, Res. Transp. Econ. 43, 148–164, 2013
- [OZT, 10] Oztekin, A.E., Luxhøj, J.T., *An inductive reasoning approach for building system safety risk models of aviation accidents*, J. Risk Res. 13, 479–499, 2010
- [PAN, 10] Panziera L., Germann U., *The relation between airflow and orographic precipitation on the southern side of the Alps as revealed by weather radar*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 136, doi:10.1002/qj.544., pp. 222–238, 2010
- [PAT, 17] Patriarca, R., Di Gravio, G., Costantino, F., *A Monte Carlo evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to assess performance variability in complex systems*, Saf. Sci. 91, 49–60, 2017
- [PEL, 16] Pellegrino J., Justiniano M., Raghunathan A., *Measurement Science Roadmap for PHM for Smart Manufacturing Systems*. NIST Adv. Manuf. Ser.100(2) (2016)
- [PET, 15] Petersen, K., Vakkalanka, S., Kuzniarz, L., *Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update*, Inf. Softw. Technol. 64, 1–18, 2015
- [PHI, 18] Philippart, M., *Human reliability analysis methods and tools*. In: *Space Safety and Human Performance*, Butterworth-Heinemann, pp. 501–568, 2018
- [PIL, 03] Pillay, A., Wang, J., *Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning*, pp. 69–85, 2003
- [PRA, 92] Pratt and Whitney, *Open Cowl*, March issue, 1992

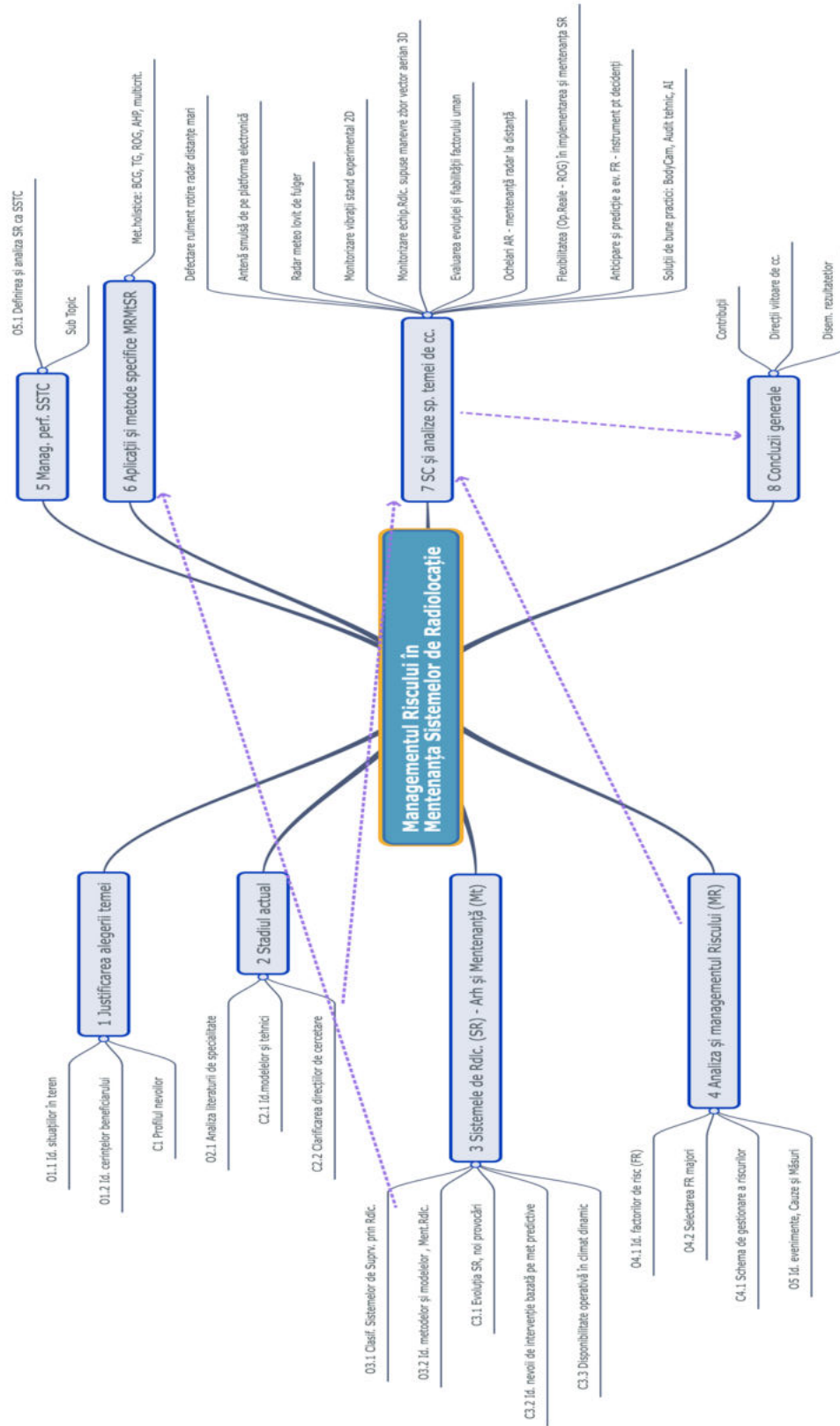
- [PRE, 14] Prelipcean, G., Boscoianu, M., Lupan, M., Nastase, C. E., *Innovative financing solutions based on Venture Capital and Private Equity to support the development of entrepreneurship in Romania*, Transformations in Business & Economics 13, 2014
- [PRE, 20] Prelipcean, G., Boscoianu, M., *Risk analysis of a hedge fund oriented on sustainable and responsible investments for emerging markets*, Amfiteatru Economic, Volume: 22, Issue: 55, pp. 653-667, doi: 10.24818/EA/2020/55/653, Published: Aug 2020
- [RRO, 04] Proske, D., *Catalog of Risks, Risks and their Presentation*, Dresden: self-published, 2004
- [RAA, 87] Raafat, H.M.N., Abdouni, A.H., *Development of an expert system for human reliability analysis*, J. Occup. Accidents 9, 137–152, 1987
- [RAD, 91] Rader C. M., *Wafer-scale integration of a large systolic array for adaptive nulling*, MIT-Lincoln Laboratory Journal, 1991, vol. 4, no. 1, pp. 3-29, 1991
- [RAN, 00] Rankin, W., Hibit, R., Allen, J., Sargent, R., *Development and evaluation of the maintenance error decision aid (MEDA) process*. Int. J. Ind. Ergon. 26, 261–276, 2000
- [RAS, 14] Rashid, H.S.J., Place, C.S., Braithwaite, G.R., *Eradicating root causes of aviation maintenance errors: Introducing the AMMP*, Cogn. Technol. Work 16, 71–90, 2014
- [RAS, 97] Rasmussen, J., *Risk management in a dynamic society: A modelling problem*, Saf. Sci. 27, 183–213, 1997
- [RAT, 16] Ratnayake, R.M.C., *Knowledge based engineering approach for subsea pipeline systems' FFR assessment*, TQM J. 28, 40–61, 2016
- [REA, 06] Reason, J., Hollnagel, E., & Paries, J., *Revisiting the „Swiss Cheese“ Model of Accidents*, EUROCONTROL, EEC, Vol. pp., 2006
- [REA, 08] Reason, J., *The human contribution: unsafe acts, accidents and heroic recoveries*, CRC Press, 2008
- [REA, 16] Reason, J., *Managing the risks of organizational accidents*, 2016
- [REA, 95] Reason, J., *Understanding adverse events: human factors*, Quality in health care: QHC 4, 80–89, 1995
- [REE, 85] Reed I.S., *A brief history of adaptive arrays*, Sudbury/Wayland Lecture Series, (Raytheon Div. Education) Notes, 1985
- [REN, 01] Rendleman, RJ, *Covered Call Writing from an Expected Utility Perspective*, Journal of Derivatives, 8, 3, pp.63-75, Spring, 2001
- [REN, 17] Ren, H., Chen, X., Chen, Y., *Reliability based aircraft maintenance optimization and applications*, Academic Press, 2017
- [ROB, 19] Robinson, S.D., *Temporal topic modeling applied to aviation safety reports: A subject matter expert review*, Saf. Sci. 116, 275–286, 2019
- [ROB, 92] Robey F., Fuhrmann D., Kelly E., Nitzberg R., *A CFAR adaptive matched filter detector*, EEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, vol. AES-28, no. 1, pp. 208-216, 1992
- [ROE, 11] Roelen, A.L.C., Lin, P.H., Hale, A.R., *Accident models and organisational factors in air transport: The need for multi-method models*, Saf. Sci. 49, 5–10, 2011
- [RTO, 02] RTO Lecture Series 228, *Military applications of Space Time Adaptive Processing*, NATO, Research and Technology Organisation, BP 25, 7 rue Ancelle, F-9221, Neuilly-sur-Seine Cedex France., 2002
- [SAB, 94] Sabatini S., Tarantino M., *Multifunction Array Radar: System Design and Analysis*, Artech House, Inc., Norwood MA, USA, 1994

- [SAL, 01] Salama Y., Senne R., *Knowledge-based applications to adaptive space-time processing, volume I: Summary*, AFRL-SN-TR-2001-146 vol. I (of vol. VI), Final Technical Report, 2001
- [SAL, 01] Salama Y., Senne R., *Knowledge-based applications to adaptive space-time processing. volume VI: Knowledge-based space-time adaptive processing (KBSTAP) user's manual and programmer's manual*, AFRL-SN-TR-2001-146 vol. VI (of vol. VI), Final Technical Report, 2001
- [SAL, 12] Salmon, P.M., Cornelissen, M., Trotter, M.J., *Systems-based accident analysis methods: A comparison of Accimap, HFACS, and STAMP*, Saf. Sci. 50, 1158–1170, 2012
- [SAL, 14] Saltikoff E., Holleman I., *The operational weather radar network in Europe*, Bull. Amer. Meteor. Soc., 95 doi:10.1175/BAMS-D-12-00216.1., pp. 897-907, 2014
- [SAS, 99] Sasou, K., Reason, J., *Team errors: Definition and taxonomy*, Reliab. Eng. Syst. Saf. 65, 1–9, 1999
- [SCH, 01] Schuman H., *Knowledge-based applications to adaptive space-time processing, volume II: Airborne radar filtering*, AFRL-SN-TR-2001-146 vol. II (of vol. VI), Final Technical Report, 2001
- [SCH, 01] Schuman H., *Knowledge-based applications to adaptive space-time processing, volume III: Radar filtering rulebook*, AFRL-SN-TR-2001-146 vol. III (of vol. VI), Final Technical Report, 2001
- [SEO, 13] Seo B.C., Krajewski W. F., Smith A., *Four-dimensional reflectivity data comparison between two ground-based radars: Methodology and statistical analysis*, Hydrol. Sci. J., 59, pp. 1320–1334, 2013
- [SER, 00] Serafin R., Wilson J., *Operational weather radar in the United States: Progress and opportunity*, Bull. Amer. Meteor. Soc., 81, doi:10.1175/1520-0477(2000)081<0501:OWRITU>, pp. 501–518, 2000
- [SIL, 08] Silberstein D. S., Wolff D. B., Marks D. A., Atlas D., Pippit J. L., *Ground clutter as a monitor of radar stability at Kwajalein*, RMI. J. Atmos. Oceanic Technol., 25, doi:10.1175, pp. 2037–2045, 2008
- [SIR, 11] Sireci O., *Evaluation of CIMO weather radars survey and web-based weather radar database*, WMO IOM Rep. 118, [Available online at www.wmo.int/pages/prog/www/WRO/docs/radar, pp. 71, 2011
- [SKO, 01] Skolnik M.I., *Introduction to radar systems*, 3rd ed., Mc Graw Hill, pp. 14-19, 2001
- [SKO, 02] Skolnik M.I., *Opportunities in radar*, IEE Electronic, Communication and Engineering Journal (ECEJ), pp. 263-272, 2002
- [SKO, 85] Skolnik M.I., *Fifty years of radar*, PIEEE, vol. 73, pp. 182-197, 1985
- [SKO, 90] Skolnik M.I., *Radar handbook*, 2nd ed., Mc Graw Hill, 1990
- [SMI, 05] Smith, D.J., *Reliability, Maintainability and risk: practical methods for engineers; 1993*, 2005
- [SMI, 92] Smith A., *Reliability-Centered Maintenance*, McGraw Hill, 1992
- [SPE, 99] ***, *Special issue on STAP*, Electronics & Communication Engineering Journal, vol. 11, no. 1, pp. 1-63, 1999
- [STA, 01] Stapleton R. A., Horman S.R., Szu H.H., *DAR technology for volume surveillance radar application*, Naval Surface Warfare Center, Dahlgreen Division Technology Digest, 2000-2001 Issue: Theater Air Defense, pp. 240-249, 2001

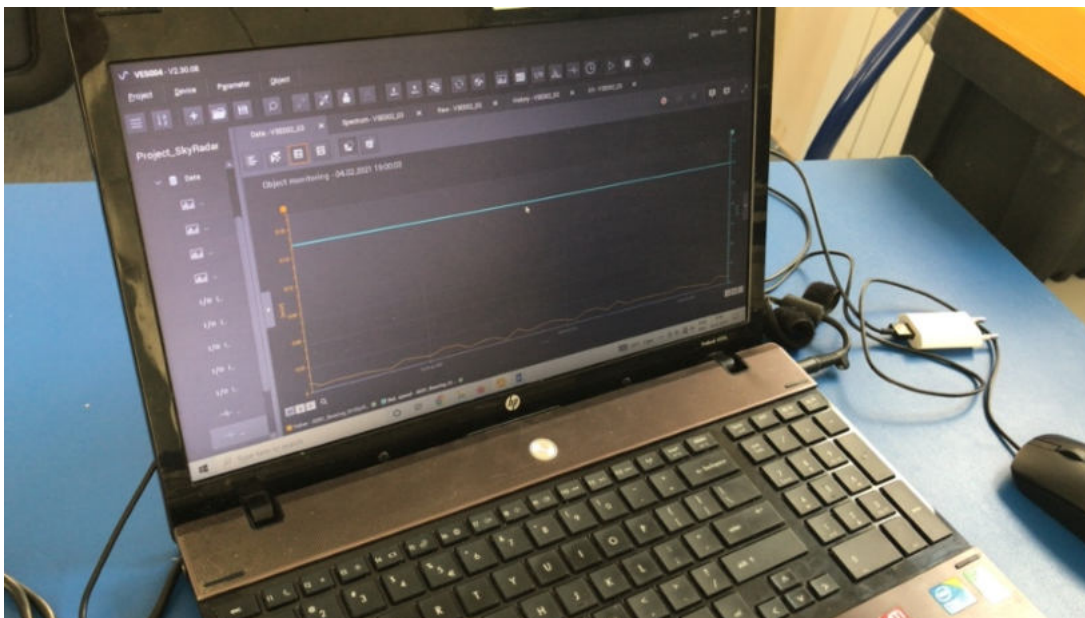
- [STA, 02] ***, IEEE Standard (521TM) *Letter Designations for Radar-Frequency Bands Sponsored by Letter Band Standard Committee of the IEEE Aerospace and Electronic Systems Society for the IEEE Standards Activity Department*, Piscataway, NJ, USA, 2002
- [STE, 08] Stelmach, A., *Some Aspects of Safety Management in Air Transport*, J. Konbin 5, 255–269, 2008
- [SWA, 83] Swain, A.D., Guttman, H.E., *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications: Final Report*, NUREG/CR-1278, SAND80-0200. Prepared by the Sandia National Laboratories for the U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983
- [THO, 16] Thome, A.M.T., Scavarda, L.F., Scavarda, A.J., *Conducting systematic literature review in operations management*, Production Planning & Control 27 (5), 408–420, 2016
- [TIM, 94] Timmoneri L., Proudler I.K., Farina A., J McWhirter.G., *QRD-based MVDR algorithm for adaptive multi pulse antenna array signal processing*, IEE Proc. on Radar, Sonar and Navigation, vol. 141, no. 2, pp. 93-102., 1994
- [TRA, 03] Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P., *Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*. Br. J. Manag. 14, 207–222, 2003
- [VAC, 16] Vaccarone M., Bechini R., Chandrasekar V., Cremonini R., Cassardo C., *An integrated approach to monitor the calibration stability of operational dual-polarization radars*, Atmos. Meas. Tech., 9, 5367–5383, doi:10.5194/amt-9-5367-2016., 2016
- [VER, 13] Verzea I., Luca G.P., *Managementul tripletei „Producție-Calitate-Mentenanță” prin metoda AMDEC*, Ed. Performantica, Iași, pp. 80-85, 2013
- [VUK, 14] Vukovic Z. R., Young J. M. C., Donaldson N., *Inter-radar comparison accounting for partially overlapping volumes*, Proc. Eighth European Conf. on Radar in Meteorology and Hydrology, Garmish-Partenkirchen, Germany, Deutscher Wetterdienst. [Available online at www.pa.op.dlr.de/erad2014/programme/ExtendedAbstracts], 2014
- [WAL, 18] Walton, P., *Artificial intelligence and the limitations of information*, Information 9 (12), 332, 2018
- [WAR, 94] Ward J., *Space-time adaptive processing for airborne radar*, MIT Lincoln Laboratory, Technical report TR-1015, 1994
- [WIL, 14] Wilke, S., Majumdar, A., Ochieng, W.Y., *A framework for assessing the quality of aviation safety databases*, Saf. Sci. 63, 133–145, 2014
- [WIL, 95] Willis N.J., *Bistatic Radar*, TSC, Silver Spring, MD, 2nd Edition. Introduction to Radar Signal & Data Processing: The Opportunity RTO-EN-SET-063 1 – 13, 1995
- [WIR, 01] Wirth W., *Radar techniques using array antennas*, The Institution of Electrical Engineers Editions, London, 2001
- [ZHE, 21] Zhen, X., Vinnem, J.E., *Prioritization of critical risk influencing factors in quantitative risk analyses for offshore petroleum installations*, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Part O: J. Risk and Reliab., Vol. 235 pp.63-79, 2021

ANEXE

Anexa 1: Arhitectura tezei: Relațiile între obiective și contribuții

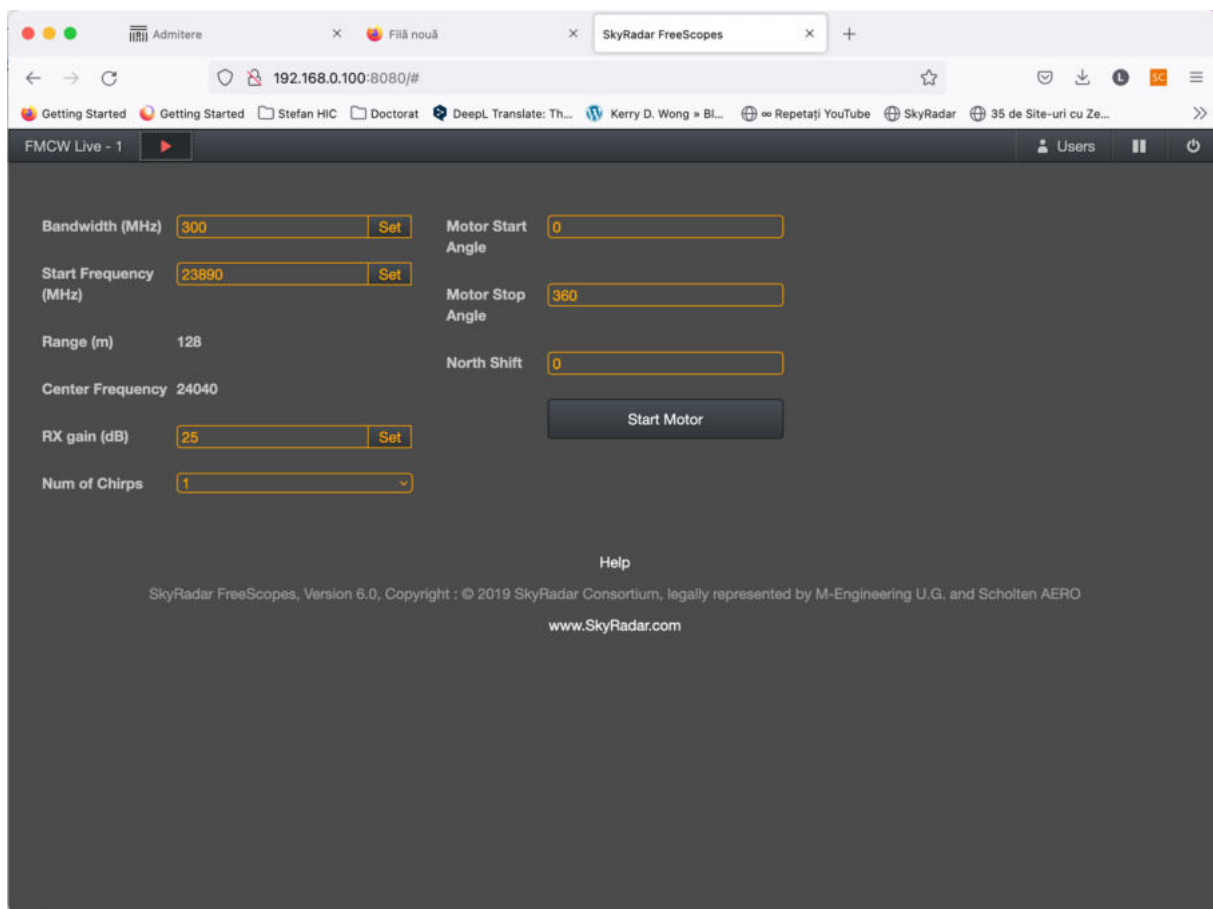


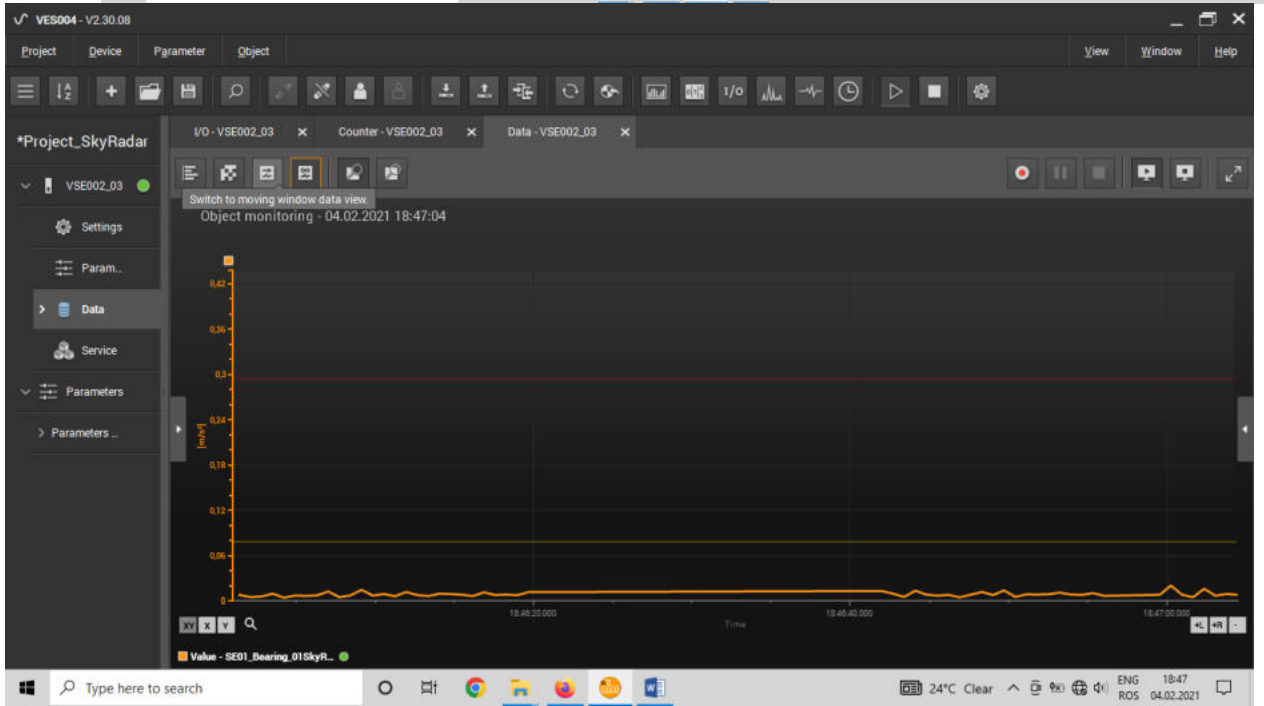
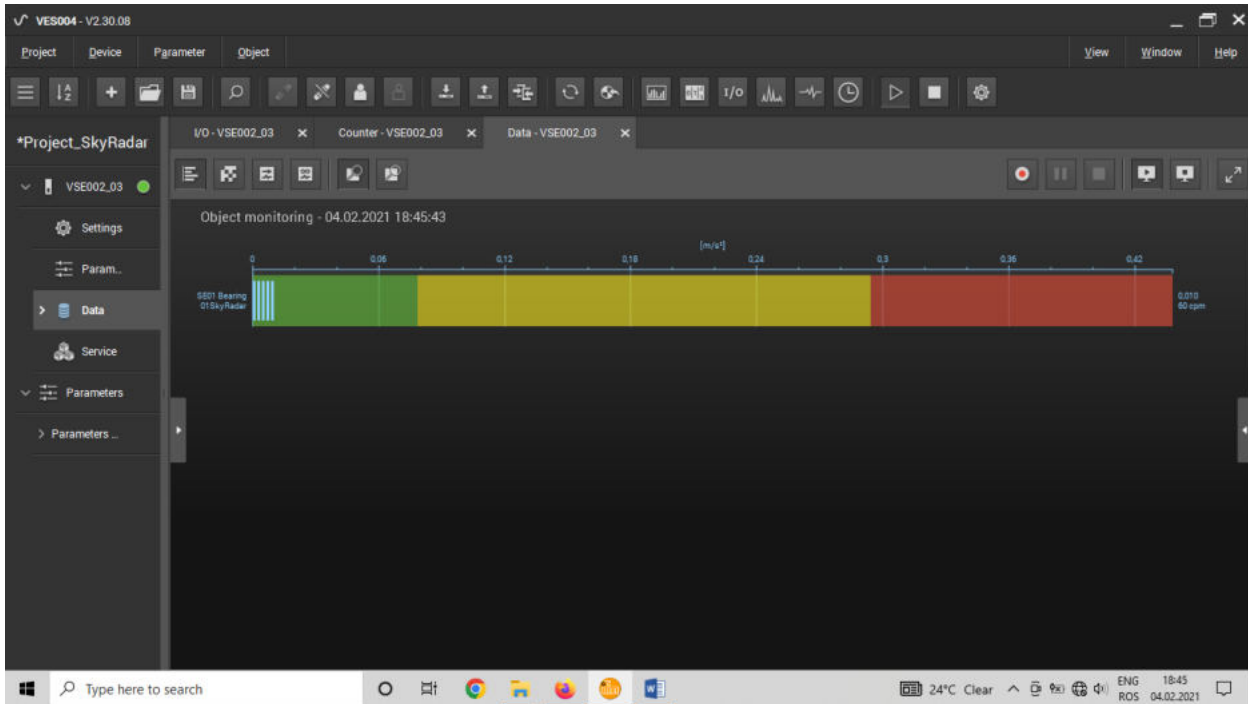
Anexa 8: Stand experimental pentru măsurarea vibrațiilor

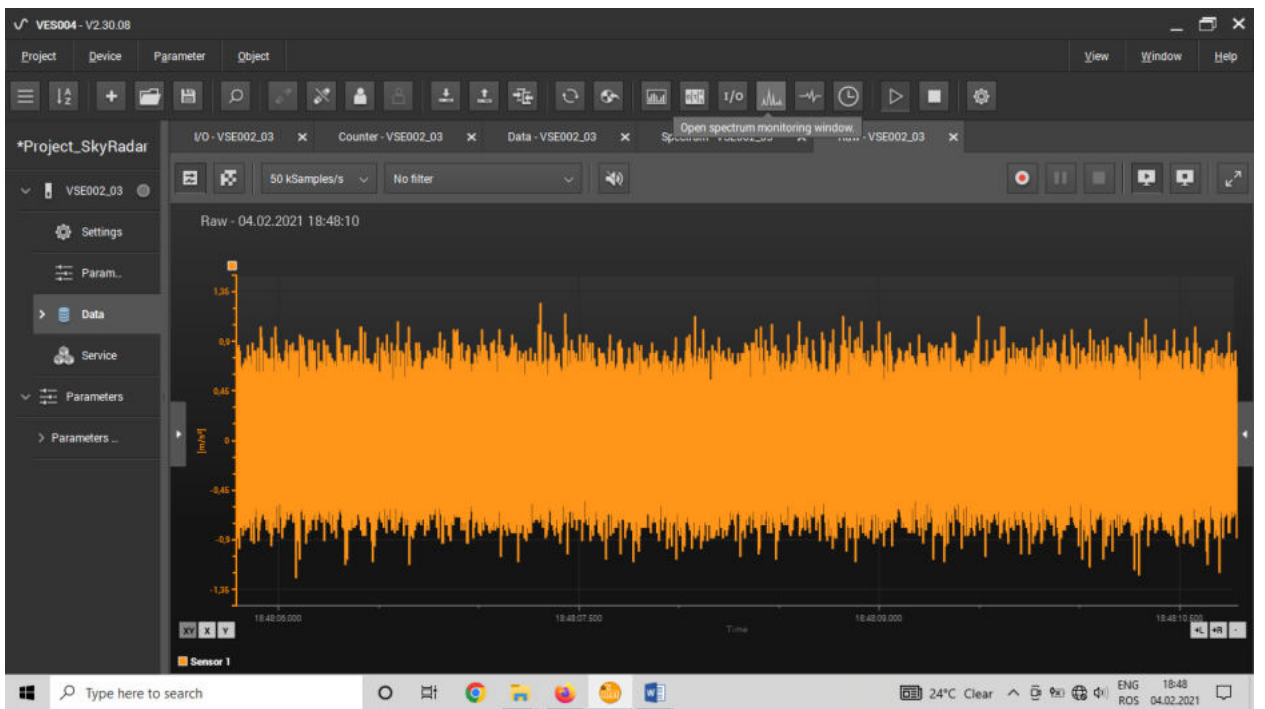
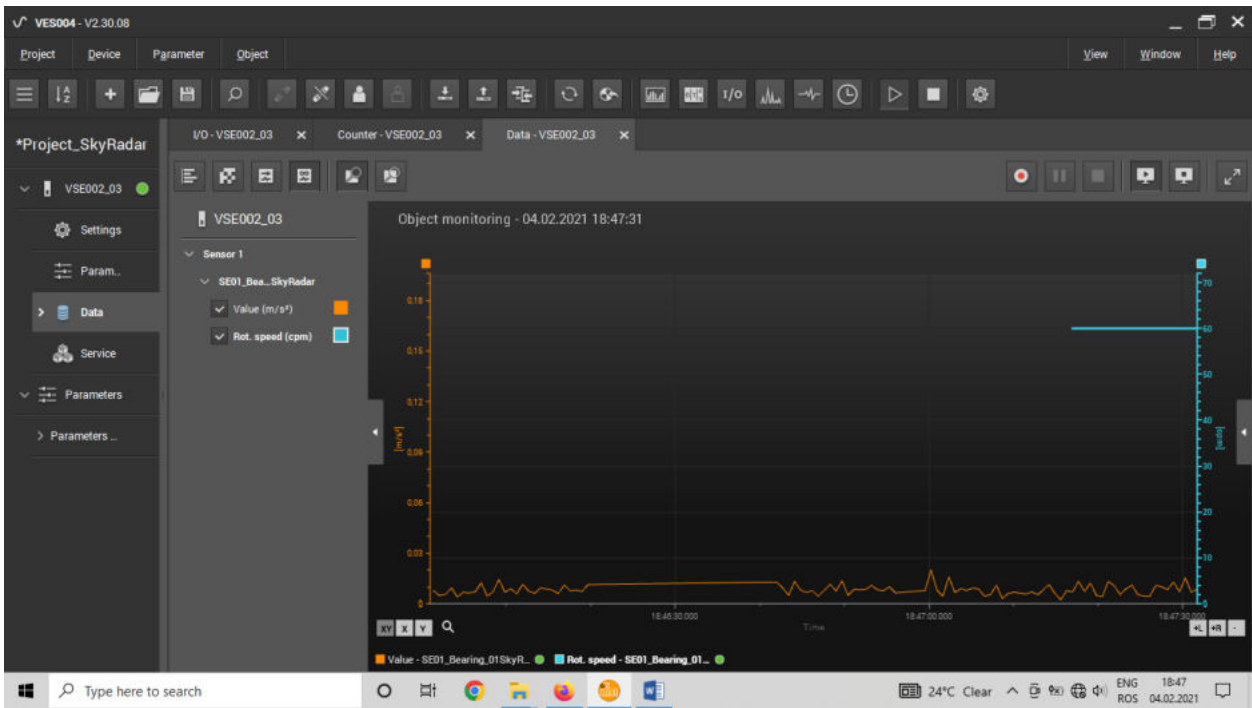


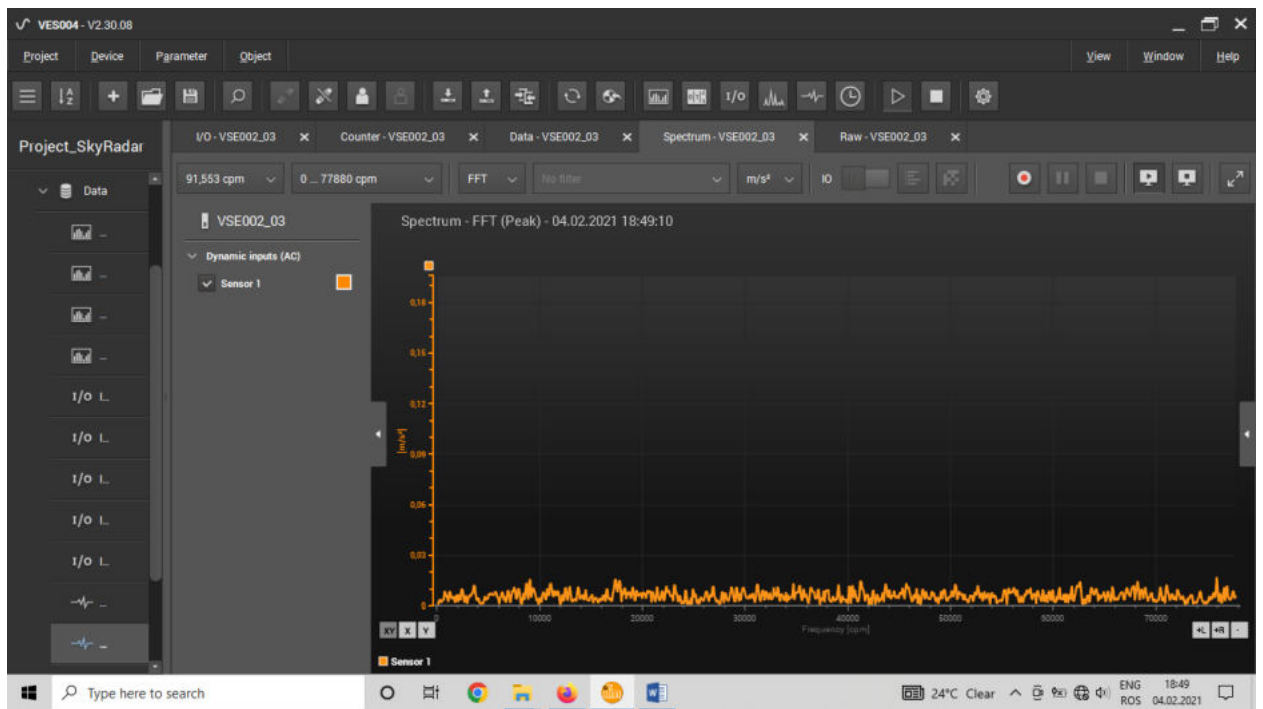
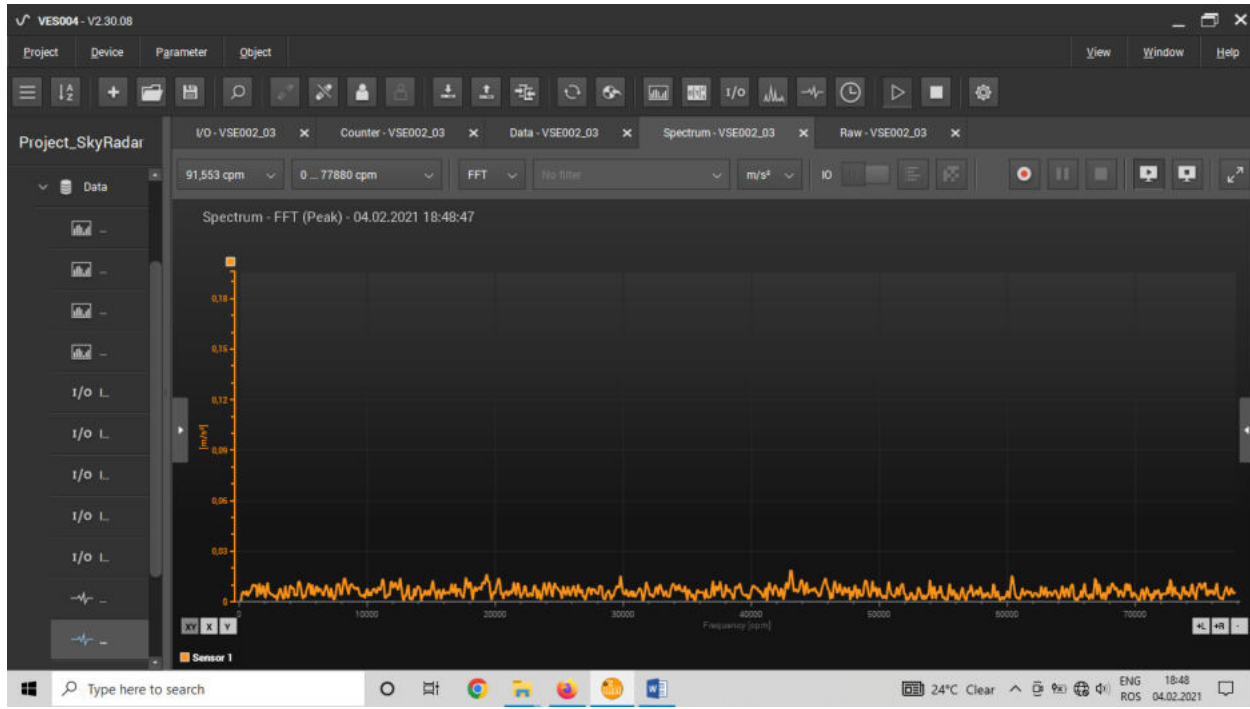


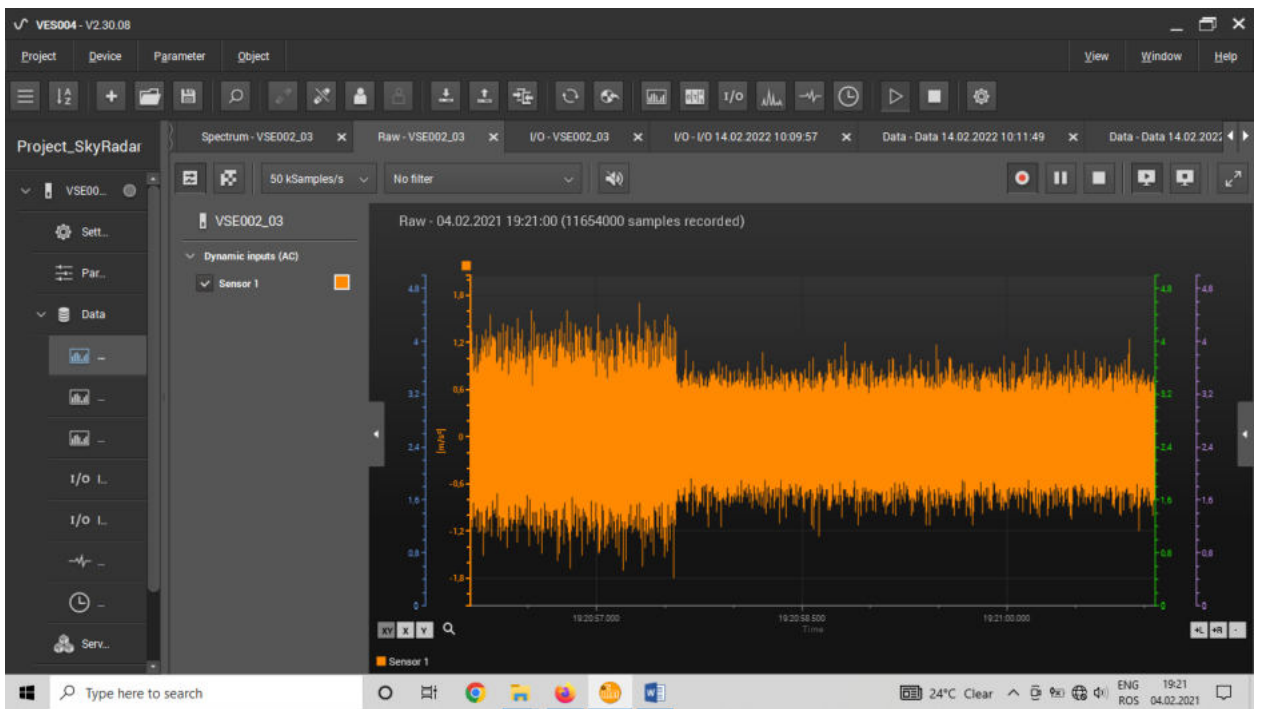
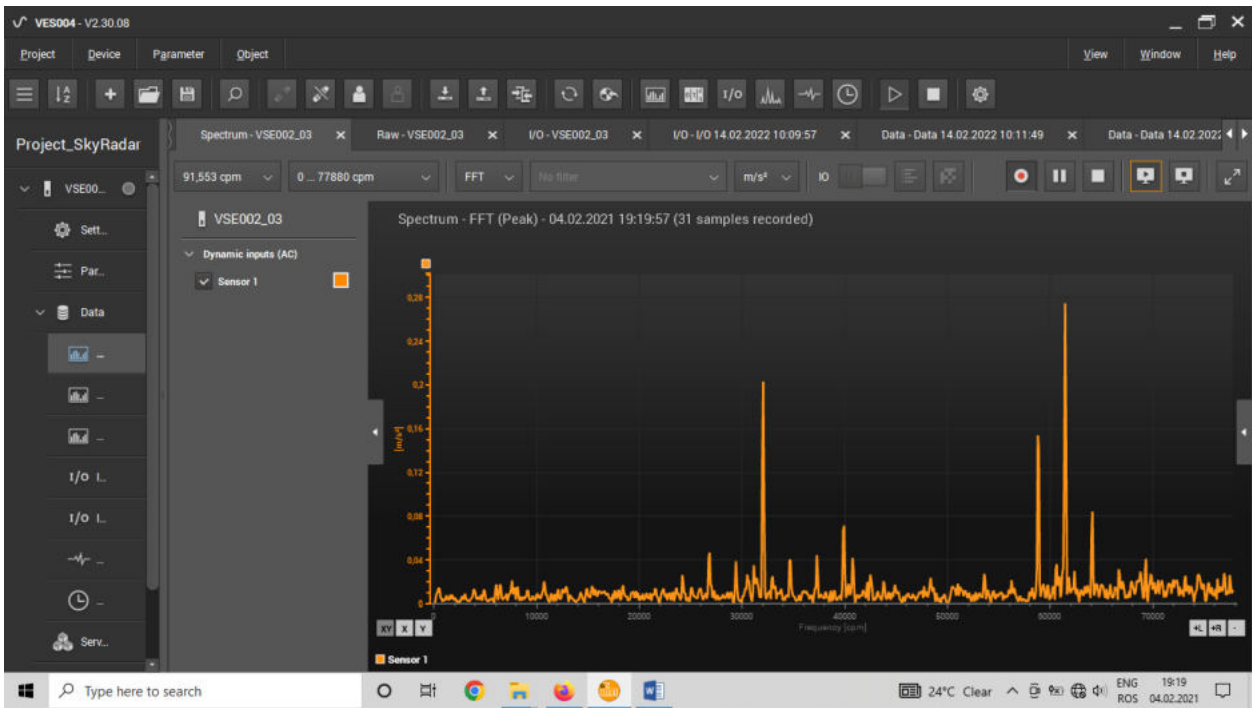
Anexa 9: Capturi ecran Software IFM VES004 v2.30.08 pe timpul executării măsurării vibrațiilor pe standul experimental

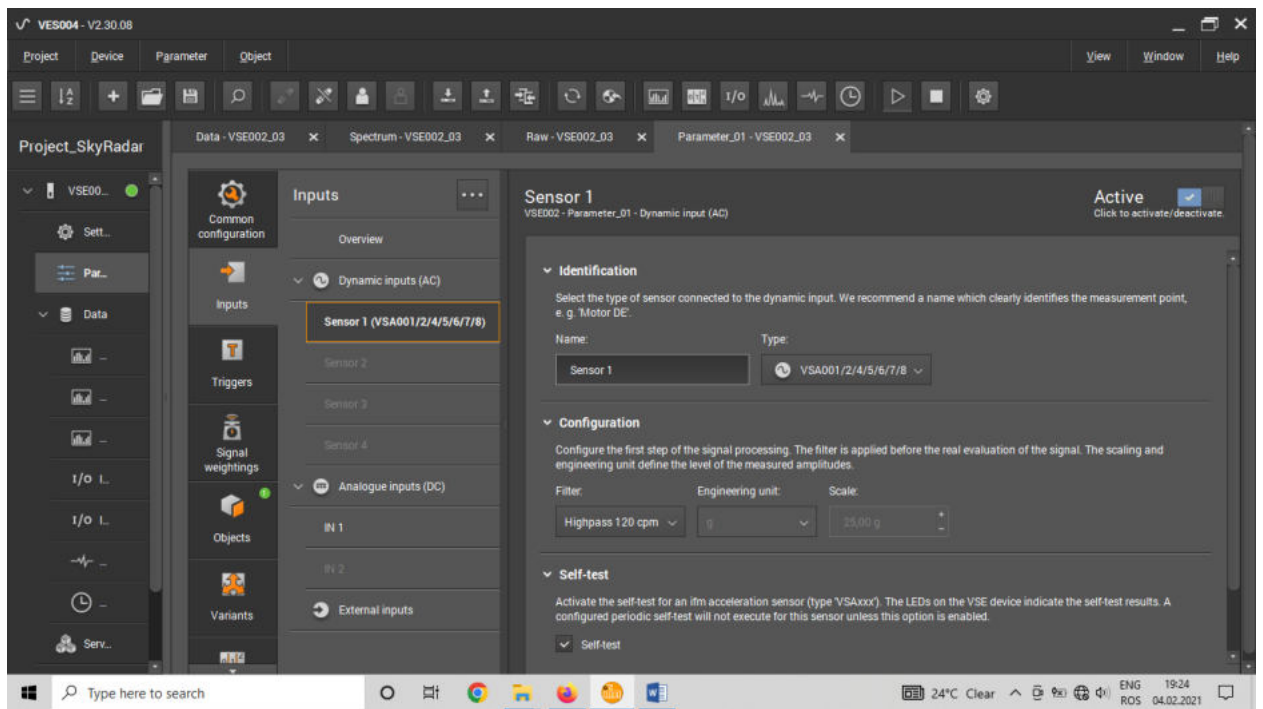
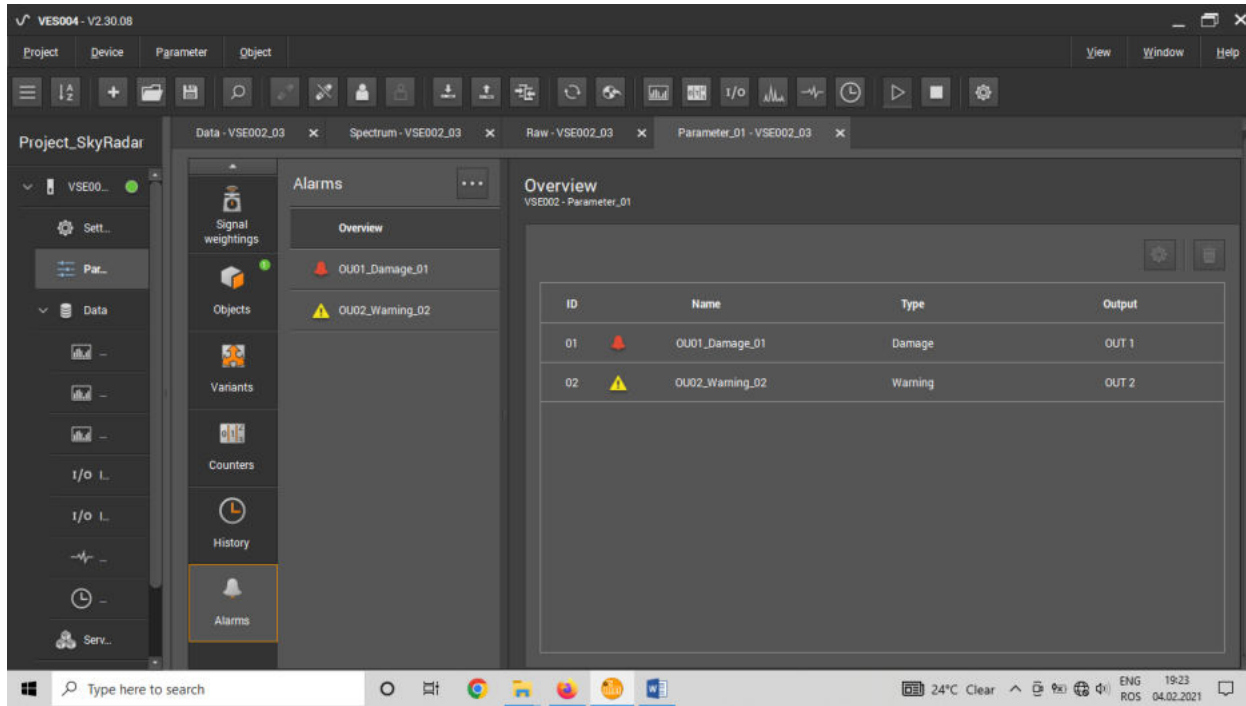


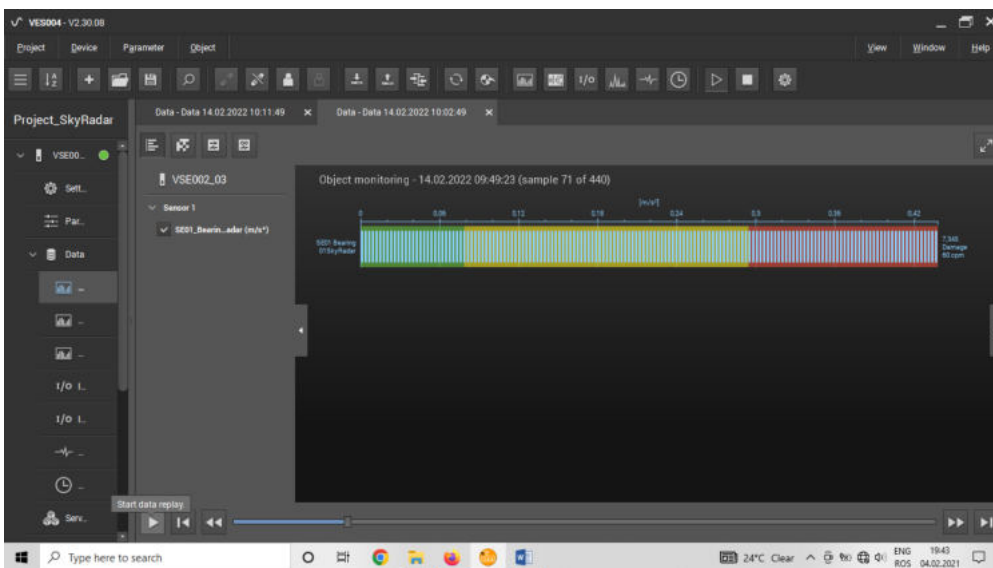
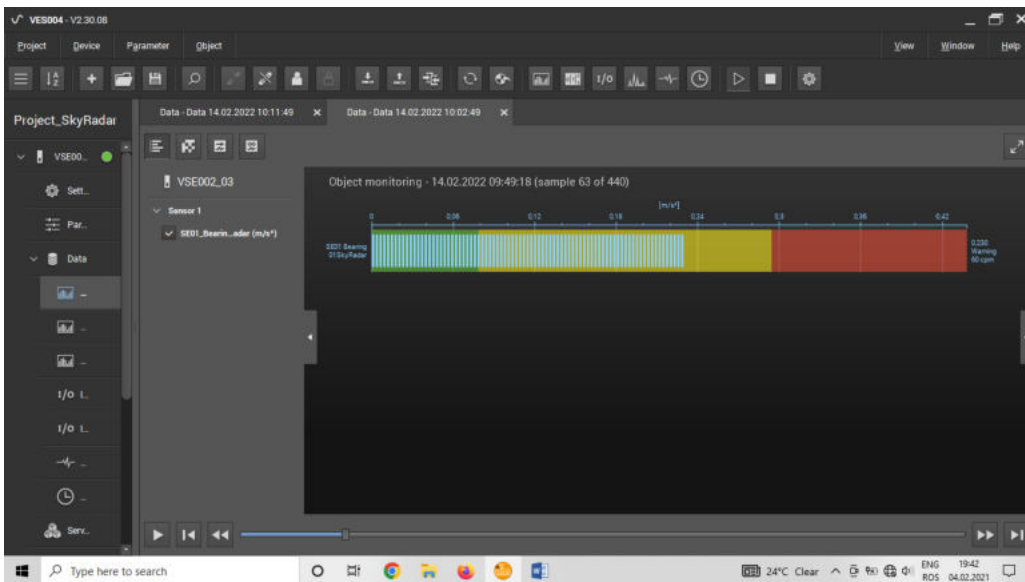
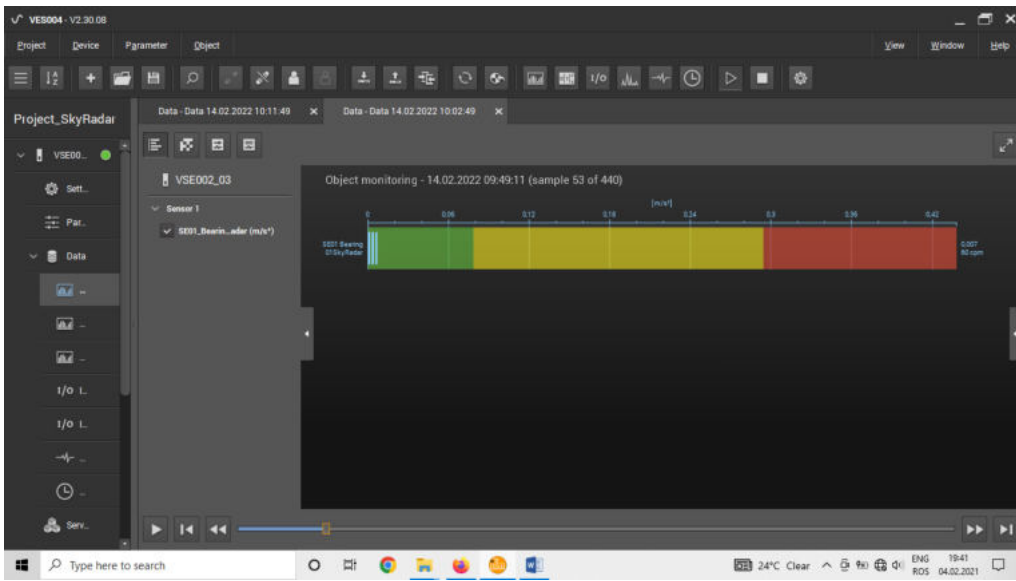






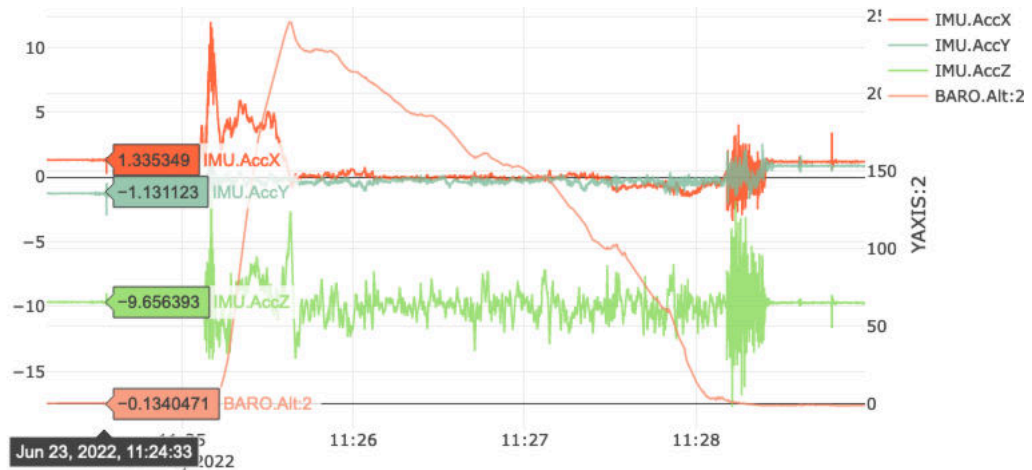






Anexa 10: Achiziția și interpretarea datelor în cadrul Vectorului aerian 3D Planor IS28B2

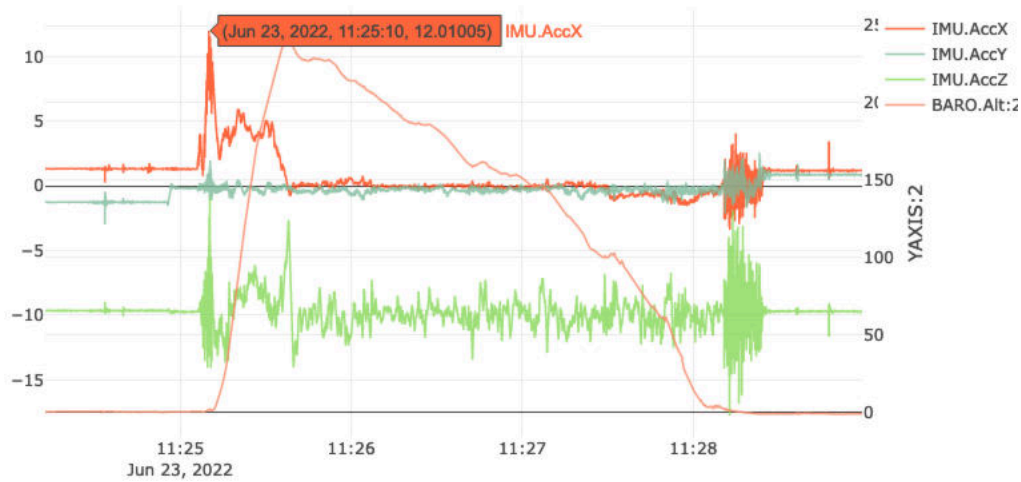
Folosim un soft online dedicat reprezentarilor grafice a parametrilor de zbor, printre care si cei de interes (vibratiile,/ acceleratiile pe cele 3 axe) care nu necesita instalare sau licenta: <https://plot.dronee.aero/>



Punctul A – momentul începerii rulajului, primele accelerații înregistrare, socul tractiunii dat de automosor



Punctul B, Momentul desprinderii de pe sol (11:25:07) și inceperea ascensiunii pe pantă



La desprindere Valori maxime ale accelerației pe axa toate cele 3 axe, îndeosebi axa X, valoare 12,01mm/s², care dau șocuri instalațiilor montate la borbul aeronavei, implicit echipamentelor de radiolocație care ar fi montate.



Punctul C, Punctul de maxim (Altitudine 246 m față de locul de decolare)

Momentul atingerii altitudinii maxime și moment al decuplării de autosor 11:25:38

Timp pe panta 21secunde



Decuplarea de automotor este reliefată de lipsa tracțiunii care se observă din accelerațiile cu valori neutre care se mentipe toata durata zborului lin,



Punctul D+02, Momentul aterizării 11:28:16

Durata zborului 2 min 38 sec



Momentul punctării pe pistă, accelerații și implicit șocuri mari pe toate cele 3 axe, cu efecte asupra fuzelajului și echipamentelor montate la bordul aeronavei

După punctare, rezultatele sistemul de achiziție a datelor evidențiază vibrații datorate denivelărilor de teren și iarbă de pe pista îniebată



Oprirea completă a aeronavei, fără variații ale valorilor accelerațiilor

