



MINISTERUL EDUCAȚIEI

Universitatea POLITEHNICA din București

Școala Doctorală de Inginerie Industrială și Robotică

Domeniul fundamental de doctorat Științe inginerești

Domeniul de doctorat Inginerie și management

Gheorghe-Ioan POP

**REZUMATUL
TEZEI DE DOCTORAT**

**Contribuții privind dezvoltarea unui model de îmbunătățire a
calității produselor și eficientizare a proceselor de inginerie
într-o organizație industrială bazată pe cunoștințe din
domeniul aeronautic**

Conducător științific,

Prof. univ. dr. ing. Aurel Mihail ȚÎȚU

- 2022 -

Cuprinsul tezei de doctorat

Cuvânt înainte	7
Introducere	8
Listă abrevieri	11
Lista cuvintelor cheie	12
Lista formelor grafice	13
PARTEA I STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL ABORDĂRII ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN CADRUL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	18
Capitolul 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE	19
1.1 Organizația ca sistem	19
1.2 Organizații industriale	19
1.3 Organizația care învață	22
1.4 Organizații bazate pe cunoștințe	23
1.5 Organizația viitorului	24
Capitolul 2 STADIUL ACTUAL AL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	26
2.1 Organizațiile din domeniul aeronautic	26
2.1.1 Evoluția domeniului industrial aeronautic	26
2.1.2 Structura actuală a organizațiilor din domeniul aeronautic	29
2.1.3 Aspecte economice privind industria aeronautică	31
Capitolul 3 ABORDAREA ACTUALĂ A MANAGEMENTULUI CALITĂȚII ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ	34
3.1 Calitatea și conceptele asociate	34
3.2 Percepte actuale privind sistemele de management al calității în industria aeronautică	40
Capitolul 4 STADIUL ACTUAL PRIVIND MANAGEMENTUL PROCESELOR ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ	47
4.1 Percepte actuale privind managementul proceselor în organizațiile industriale din domeniul aeronautic	47
4.1.1 Procesele clasice de inginerie în domeniul industrial	54
4.1.2 Procesul global de inginerie aplicat în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic	57
4.2 Stadiul actual al proceselor în organizația industrială și integrarea lor în sistemul de management al calității	64
Capitolul 5 CONCLUZII PRIVIND STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN ABORDAREA ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	70
PARTEA II CONTRIBUȚII PRIVIND CERCETAREA ȘI DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ BAZATĂ PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	79

Capitolul 6	DIRECȚIILE, OBIECTIVUL PRINCIPAL ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE A MODELULUI DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE	80
6.1	Direcții de cercetare	80
6.2	Obiectivul fundamental al cercetării și obiectivele specifice	80
6.3	Metodologia de cercetare.....	81
Capitolul 7	PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CERINȚELOR PRODUSELOR STRUCTURALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC.....	84
7.1	Interpretarea și operaționalizarea cerințelor calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic în contextul modelării proceselor	84
7.1.1	Cerințe ale calității produselor structurale metalice	84
7.1.2	Tipuri de cerințe care definesc calitatea produsului	91
7.2	Contribuții cu privire la încadrarea tipurilor de cerințe posibil a fi cuantificate în contextul cercetării	93
Capitolul 8	METODE DE INTEGRARE A CERINȚELOR PRODUSELOR DIN DOMENIUL AERONAUTIC ÎN PROCESELE DE INGINERIE.....	96
8.1	Metode de integrare a cerințelor produselor structurale metalice	96
8.2	Matricea de influență (cerințe versus livrabilele procesului global de inginerie)	101
Capitolul 9	PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CUNOȘTINȚELOR IMPLICATE ÎN PROCESUL GLOBAL DE INGINERIE	108
9.1	Model de analiză a cunoștințelor într-o organizație industrială	108
9.2	Analiza și structurarea activităților proceselor de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic	115
Capitolul 10	MODELAREA PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC.....	120
10.1	Procese de inginerie integrate în procesul global de inginerie	120
10.2	Modelarea grafică a procesului folosind metodologia IDEF0.....	121
10.2.1	Generalități privind metodele IDEF	121
10.2.2	Aplicarea metodei IDEF0 în modelarea procesului global de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic.....	122
Capitolul 11	CORELAREA CERINȚELOR CALITĂȚII PRODUSELOR STRUCTURALE METALICE CU CUNOȘTINȚELE PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE DIN CADRUL UNEI ORGANIZAȚII INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	148
11.1	Evaluarea cunoștințelor implicate în procesul global de inginerie și corelarea acestora cu cerințele calității produselor	148
11.2	Folosirea graficelor spațiale și diagramelor de dispersie în analiza corelării cerințelor calității și cunoștințele din cadrul procesului global de inginerie	151
Capitolul 12	MODELAREA MATEMATICĂ A PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC	158
12.1	Construirea modelului matematic pentru procesul global de inginerie.....	158
12.2	Simularea modelului matematic identificat folosind evaluările cunoștințelor pentru livrabila „G1.3.1.L1 - Model 3D”	162
Capitolul 13	VALIDAREA MODELULUI MATEMATIC PENTRU LIVRABILA „MODELUL 3D” ȘI APLICABILITATEA SA ÎN MEDIUL ECONOMIC	173

13.1	Evaluarea impactului proceselor de inginerie într-o organizație industrială.....	173
13.2	Propunerea unei metodologii de implementare a modelului dezvoltat	177
Capitolul 14	CONCLUZII FINALE și CONTRIBUȚII PRINCIPALE PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC	179
Bibliografie	184
Anexa 1	- Diagrama de flux VSM	a1-1
Anexa 2	- Abordarea cercetării folosind harta mentală (<i>de la pag. a2-1 până la pag. a2-8</i>).....	a2-1
Anexa 3	- Matricea activităților din procesele de inginerie (<i>de la pag. a3-1 până la pag. a3-4</i>)...	a3-1
Anexa 4	- Matricea cunoștințelor vs. activitățile din procesele de inginerie (<i>de la pag. a4-1 până la pag. a4-12</i>)	a4-1
Anexa 5	- Model IDEF0 al procesului global de inginerie (<i>de la pag. a5-1 până la pag. a5-26</i>)..	a5-1
Anexa 6	- Matrice de corelare a cerințelor și cunoștințelor (<i>de la pag. a6-1 până la pag. a6-7</i>)...	a6-1
Anexa 7	- Modelul matematic al procesului global de inginerie (<i>de la pag. a7-1 până la pag. a7-50</i>)	a7-1
Anexa 8	- Chestionar de evaluare a cunoștințelor privind realizarea livrabilei model 3D (<i>de la pag. a8-1 până la pag. a8-6</i>).....	a8-1

Cuprinsul rezumatului tezei de doctorat

Listă abrevieri	9
Cuvânt înainte	10
Introducere	11
PARTEA I STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL ABORDĂRII ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN CADRUL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	14
Capitolul 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE	14
1.1 Organizația ca sistem	14
1.2 Organizații industriale	14
1.3 Organizația care învață	14
1.4 Organizații bazate pe cunoștințe	14
1.5 Organizația viitorului	15
Capitolul 2 STADIUL ACTUAL AL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	15
2.1 Organizațiile din domeniul aeronautic	15
2.1.1 Evoluția complexității domeniului industrial aeronautic	15
2.1.2 Structura actuală a organizațiilor din domeniul aeronautic	15
2.1.3 Aspecte economice privind industria aeronautică	16
Capitolul 3 ABORDAREA ACTUALĂ A MANAGEMENTULUI CALITĂȚII ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ	17
3.1 Calitatea și conceptele asociate	17
3.2 Percepte actuale privind sistemele de management al calității în industria aeronautică	18
Capitolul 4 STADIUL ACTUAL PRIVIND MANAGEMENTUL PROCESELOR ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ	20
4.1 Percepte actuale privind managementul proceselor în organizațiile industriale din domeniul aeronautic	20
4.1.1 Procesele clasice de inginerie în domeniul industrial	21
4.1.2 Procesul global de inginerie aplicat în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic	22
4.2 Stadiul actual al proceselor în organizația industrială și integrarea lor în sistemul de management al calității	23

Capitolul 5 CONCLUZII PRIVIND STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN ABORDAREA ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	24
PARTEA II CONTRIBUȚII PRIVIND CERCETAREA ȘI DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ BAZATĂ PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	34
Capitolul 6 DIRECȚIILE, OBIECTIVUL PRINCIPAL ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE A MODELULUI DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE	34
6.1 Direcții de cercetare.....	34
6.2 Obiectivul fundamental al cercetării și obiectivele specifice	35
6.3 Metodologia de cercetare.....	35
Capitolul 7 PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CERINȚELOR PRODUSELOR STRUCTURALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC.....	37
7.1 Interpretarea și operaționalizarea cerințelor calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic în contextul modelării proceselor	37
7.1.1 Cerințe ale calității produselor structurale metalice	37
7.1.2 Tipuri de cerințe care definesc calitatea produsului	39
7.2 Contribuții cu privire la încadrarea tipurilor de cerințe posibil a fi cuantificate în contextul cercetării	40
Capitolul 8 METODE DE INTEGRARE A CERINȚELOR PRODUSELOR DIN DOMENIUL AERONAUTIC ÎN PROCESELE DE INGINERIE.....	41
8.1 Metode de integrare a cerințelor produselor structurale metalice	41
8.2 Matricea de influență (cerințe versus livrabilele procesului global de inginerie)	42
Capitolul 9 PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CUNOȘTINȚELOR IMPLICATE ÎN PROCESUL GLOBAL DE INGINERIE	43
9.1 Model de analiză a cunoștințelor într-o organizație industrială	43
9.2 Analiza și structurarea activităților proceselor de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic	44
Capitolul 10 MODELAREA PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC.....	45
10.1 Procesele de inginerie integrate în procesul global de inginerie	45
10.2 Modelarea grafică a procesului folosind metodologia IDEF0.....	45
10.2.1 Generalități privind metodele IDEF	45

10.2.2	Aplicarea metodei IDEF0 în modelarea procesului global de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic.....	46
Capitolul 11	CORELAREA CERINȚELOR CALITĂȚII PRODUSELOR STRUCTURALE METALICE CU CUNOȘTINȚELE PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE DIN CADRUL UNEI ORGANIZAȚII INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC	47
11.1	Evaluarea cunoștințelor implicate în procesul global de inginerie și corelarea acestora cu cerințele calității produselor	47
11.2	Folosirea graficelor spațiale și diagramelor de dispersie în analiza corelării cerințelor calității și cunoștințele din cadrul procesului global de inginerie	48
Capitolul 12	MODELAREA MATEMATICĂ A PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC	49
12.1	Construirea modelului matematic pentru procesul global de inginerie.....	49
12.2	Simularea modelului matematic identificat folosind evaluările cunoștințelor pentru livrabila „G1.3.1.L1 - Model 3D”	50
Capitolul 13	VALIDAREA MODELULUI MATEMATIC PENTRU LIVRABILA „MODELUL 3D” ȘI APLICABILITATEA SA ÎN MEDIUL ECONOMIC	53
13.1	Evaluarea impactului proceselor de inginerie într-o organizație industrială.....	53
13.2	Propunerea unei metodologii de implementare a modelului dezvoltat	54
Capitolul 14	CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PRINCIPALE PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC	55
Bibliografie	60

Notă:

Rezumatul tezei de doctorat cuprinde capitole, subcapitole, figuri, tabele, relații matematice etc. preluate din teza de doctorat.

Acestea sunt numerotate identic ca și în teza de doctorat.

Anexele din teza de doctorat nu sunt prezentate în rezumatul tezei de doctorat.

Prezentul material este parte integrantă a tezei de doctorat.

Autorul

Listă abrevieri

AAC - Autoritatea Aviației Civile

APQP - Advance Product Quality Planning / Planificarea avansată a calității produsului

CAA - Civile Aeronautical Authority / Autoritatea aeronautica civilă

CAD - Computer Aided Design / Proiectare asistată de calculator

CAM - Computer Aided Manufacturing / Programare asistată de calculator

CMM - Coordinate Measurement machine / Mașina de măsurat în coordonate

CNC – Computer Numeric Control / Mașina de prelucrat în coordonate

DMS - Document Management System / Sistem de gestionare a documentelor

DPD - Digital Product Data Definition / Date digitale de execuție a produselor

EASA - Agenția Europeană de Siguranță în Aviație

ERP - Enterprise Resource Planning / Planificarea resurselor organizației

FAA - Federal Aviation Administration / Administrația federală a aviației

FAR - Federal Aviation Regulations / Administrația federală de reglementări în aviație

IAQG - International Aerospace Quality Group / Grupul internațional de calitate aerospațială

MBD - Model Base Definition / Date de execuție a produselor bazate pe un model virtual

NADCAP - Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program / Programul de acreditare a furnizorilor din industria aerospațială și de apărare

NC – Numerical Command / Comandă numerică

OACI - Organizația aviației civile internaționale

PDM - Product Data Management / Gestionarea datelor produselor

PLC - Product Life Cycle / Ciclul de viață al produsului

PLM - Product Lifecycle Management / Gestionarea ciclului de viață al produselor

PPAP - Production Part Approval Process / Procesul de aprobare al producției produsului

SIPR - Standarde internaționale și practici recomandate

Cuvânt înainte

Teza intitulată „*Contribuții privind dezvoltarea unui model de îmbunătățire a calității produselor și eficientizare a proceselor de inginerie într-o organizație industrială bazată pe cunoștințe din domeniul aeronautic*” constituie subiectul unei cercetări privind îmbunătățirea calității produselor realizate în cadrul unor organizații industriale din domeniul aeronautic. Acest subiect a fost și este de o importanță ridicată atât pentru autor, cât și pentru organizațiile industriale în care acesta a fost implicat aproximativ 11 ani.

Cercetările și elaborarea tezei de doctorat au avut loc sub riguroasa îndrumare a coordonatorului științific, prof. univ. dr. ing. Aurel Mihail ȚÎȚU, căruia îi adresez întreaga mea recunoștință și sincere mulțumiri pentru competența îndrumare, ajutor, bunăvoință și disponibilitate acordate pe parcursul întregii cercetări și la elaborarea acestei teze de doctorat.

Adresez sincere mulțumiri domnului prof. univ. dr. ing. Nicolae Ionescu, domnului prof. univ. dr. ing. Cristian Doicin, domnului prof. univ. emerit dr. ing. Constantin Oprean și domnului prof. univ. dr. ing. Mihail Dragomir, care pe parcursul cercetării și elaborării acestei teze au avut răbdarea, bunăvoința și disponibilitatea de a mă îndruma pentru atingerea dezideratului propus.

Totodată îmi exprim mulțumiri sincere administratorilor societății S.C. Universal Alloy Corporation Europe S.R.L, Brian Weed și Daniel Vărzaru, pentru disponibilitatea de a-mi pune la dispoziție informațiile necesare acestei cercetări și de asemenea pentru deschiderea dovedită pentru implementarea metodelor dezvoltate în această cercetare. Îi mulțumesc de asemenea domnului Kevin Loebbaka pentru îndemnul și ideile privind direcțiile de cercetare.

Doresc în mod deosebit să mulțumesc familiei mele, Bianca și David, care m-au susținut, încurajat și totodată suportat pe parcursul întregii acestei perioade. Încrederea lor că pot atinge acest deziderat personal și profesional a reprezentat principalul meu sprijin în momentele dificile ale procesului de cercetare.

Autorul

Introducere

În contextul actual al tendinței de creștere a calității produselor cu costuri minime, teza de față abordează acest subiect din perspectiva organizațiilor industriale din domeniul aeronautic. Obiectivul principal al acestei teze este acela de a *„implementa în cadrul unei organizații industriale bazate pe cunoștințe din domeniul industriei aeronautice o metodologie dedicată, special creată, pentru îmbunătățirea managementului sistemelor integrate în vederea eficientizării calității proceselor de producție*. Acest obiectiv este generat de nevoia de îmbunătățire a proceselor din cadrul organizațiilor industriale.

Teza este structurată în două părți. Prima parte prezintă stadiul actual al cunoașterii în domeniu, iar în a doua parte sunt prezentate direcțiile de cercetare, obiectivul principal, obiectivele specifice, metodologia de cercetare și contribuțiile originale ale acestei cercetări.

Abordarea subiectului enunțat în obiectivul principal a necesitat o documentare privind stadiul actual al modului în care sunt structurate organizațiile din ziua de azi și a modului lor de funcționare. Acest subiect este dezvoltat în capitolul 1. Studiul literaturii de specialitate relevă o tendință în dezvoltarea organizațiilor de a acorda importanță tot mai ridicată a capitalului intelectual. Identificarea modelului de tip de organizație și a modului de organizare ne ajută să stabilim obiectivele specifice pentru atingerea obiectivului principal.

Cunoscând stadiul actual al organizațiilor din domeniul industrial abordate dintr-o perspectivă generală și având în vedere domeniul de interes pentru autor, și anume cel aeronautic, pe parcursul capitolului 2 s-a realizat un studiu mai specific asupra stadiului actual al organizațiilor din acest domeniu.

Dat fiind că zona de cercetare a tezei de față se suprapune peste managementul cerințelor calității produselor, s-a considerat oportun ca tot în capitolul 2 să fie prezentată evoluția istorică a produselor acestui domeniu și anume aeronavele. Această abordare, evidențiază dezvoltarea gradului de complexitate a aeronavelor, respectiv a fiecărei componente din structura lor. Această dezvoltare a complexității este legată direct proporțional de volumul și complexitatea cerințelor calității produselor, subiecte abordate în capitolele următoare ale acestei teze.

Managementul cerințelor calității produselor în context organizațional poate fie realizat prin intermediul unui sistem de management al calității corect implementat. Din acest motiv, capitolul 3 prezintă stadiul actual al modului în care calitatea și principiile calității sunt abordate în organizațiile industriale. Sunt evidențiate acele aspecte ale managementului calității care sunt definite în standardele de management al calității, dar care în cadrul organizațiilor sunt interpretate și implementate parțial. În același timp, această implementare a cerințelor sistemului de management al calității și a conceptelor calității dă posibilitatea organizațiilor să abordeze procesul de îmbunătățire în mod continuu.

Tot în cadrul studiului privind situația actuală, în capitolul 4 s-a analizat și prezentat stadiul actual al managementului proceselor. Astfel, zona abordată în această cercetare a fost adusă mai aproape de subiectul obiectivului principal al cercetării, anume îmbunătățirea proceselor.

În cercetarea de față, îmbunătățirea și eficientizarea proceselor de producție sunt abordate prin perspectiva intrărilor principale și anume livrabilele proceselor de inginerie, care au impact direct asupra calității produselor. De asemenea, nivelul calității livrabilelor are impact semnificativ asupra eficienței proceselor de producție. Din aceste considerente, analiza stadiului actual al proceselor de

inginerie în cadrul organizației studiate face parte din prima parte a acestei teze, fiind considerat un punct de referință.

Capitolul 5 al tezei prezintă concluziile asupra stadiului actual al cunoașterii în domeniul cercetării și o analiză critică asupra acestuia, evidențiind zonele care pot fi îmbunătățite.

Partea a doua a tezei prezintă contribuțiile originale rezultate în urma procesului de cercetare. Astfel, în primul capitol din această parte (capitolul 6 al tezei) sunt definite direcțiile de cercetare, obiectivul principal al cercetării, obiectivele specifice și metodologia cercetării. Pe lângă metoda celor șase pași, a fost utilizată și o metodă originală de dezvoltare a cercetării. Această metodă, numită *metoda hărților mentale*, permite cercetătorului să pornească de la obiectivul principal și, utilizând cuvinte cheie, să dezvolte simultan mai multe direcții de cercetare, în același timp conectându-le pentru atingerea unui scop comun. Această metodă a fost utilizată pe parcursul programului de cercetare pentru dezvoltarea rapoartelor intermediare de cercetare și în final a structurii tezei.

În capitolul 7 a fost abordat primul pas propus în metoda de cercetare, acela de a analiza și structura ierarhic cerințele calității produselor, având ca scop stabilirea unei zone de studiu din domeniul managementului cerințelor produselor. În acest capitol s-a prezentat modelul global de analiză a cerințelor structurale metalice din domeniul aeronautic, urmărindu-se ca acest model să cuprindă cât mai multe produse asemănătoare. Tot în acest capitol s-a realizat și încadrarea cerințelor produselor structurale metalice în tipurile de cerințe ale calității și anume: exprimate, neexprimate, măsurabile și nemăsurabile.

Următorul capitol preia aceste analize ale cerințelor și le integrează în procesele de inginerie. Astfel, pe parcursul capitolului 8 sunt abordate diverse metode de analiză a cerințelor calității produselor, oferind perspective diferite asupra lor și a modului în care pot fi ele integrate. Dintre subiectele abordate și dezvoltate în acest capitol sunt analiza importanței cerințelor și a interacțiunilor dintre ele pe parcursul desfășurării proceselor de inginerie.

Prin metode dezvoltate pe parcursul acestei cercetări, în capitolul 9 sunt abordate cunoștințele din cadrul proceselor de inginerie, pornind de la mecanismele de bază ale acestor procese. Dezvoltarea unei metode de evaluare a tipurilor de cunoștințe utilizate în procesele de inginerie a dus la identificarea a peste 70 de tipuri de cunoștințe, toate fiind utilizate repetat în cele 23 de subprocese, respectiv 70 de activități diferite. Aceste combinații de cunoștințe, activități și subprocese sunt prezentate în acest capitol sub formă matricială.

Analiza cunoștințelor din cadrul proceselor de inginerie realizându-se separat pe fiecare proces individual, rezultatul a generat nevoia modelării tuturor proceselor de inginerie dintr-o perspectivă comună și anume aceea a realizării produselor. Astfel, fluxul proceselor de inginerie din organizația industrială în cadrul căreia s-a realizat această cercetare a fost numit *proces global de inginerie*.

În capitolul 10 s-a realizat modelarea acestui proces global de inginerie prin intermediul metodologiei IDEF0. Utilizarea acestei metode a permis realizarea modelelor funcționale ale tuturor proceselor, asigurând trasabilitatea de la proces global spre fiecare activitate și viceversa. Nevoia utilizării unei astfel de metode este dată de nevoia vizualizării proceselor în mod integrat, evidențiind mecanismele proceselor de inginerie și cunoștințele.

Având aceste modele funcționale realizate pentru fiecare activitate din întreg procesul global, și în aceeași măsură matricile de interacțiune dintre cerințe, respectiv cunoștințe, în capitolul 11 au fost aplicate metode statistice pentru confirmarea corelației dintre cerințele calității și cunoștințe. Utilizând aplicația Umetrics®-MODDE13®, s-a reprezentat grafic corelația directă dintre

cerințele calității produselor și cunoștințele proceselor de inginerie prin intermediul livrabilelor acestor procese.

Modelarea matematică a corelației dintre cerințe și cunoștințe s-a realizat în capitolul 12, punctul de pornire al modelului matematic fiind modelul grafic funcțional realizat prin metodologia IDEF0. Astfel, au fost realizate ecuațiile matematice pentru toate livrabilele proceselor de inginerie. Corelația cerințe-cunoștințe se propune a fi calculată prin nivelul calității livrabilei rezultate din această corelație. Datorită variației nivelului calității cerințelor, calității produselor și al cunoștințelor în momentul realizării livrabilelor, pentru fiecare factor al ecuației a fost aplicată metoda mediei ponderate. Astfel, din această formulare matematică obținem nivelul mediu al calității.

Modelul matematic fiind realizat, tot în acest capitol s-a realizat simularea acestuia pentru o livrabilă special aleasă (modelul 3D al produsului), urmărind influența conștiințelor și impactul pe care acestea îl au, în condițiile în care toate intrările au nivelul calității maxim.

În capitolul 13 s-a realizat compararea rezultatelor simulării modelului matematic cu rezultatele reale din cadrul organizație studiate, validând astfel modelul. Tot în acest capitol este prezentată și perspectiva economică ce rezultă din corelația cerințe-cunoștințe. De asemenea este realizată și o simulare de reducere a costurilor pe viitor, bazată pe date calculate folosind modelul matematic și validate cu date reale.

Complementar acestei perspective economice, s-a elaborat și o metodologie de abordare a îmbunătățirii calității produselor care poate fi utilizată în orice domeniu, împreună cu instrumentele de analiză și metodele abordate în această teză.

PARTEA I

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL ABORDĂRII ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN CADRUL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

Capitolul 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE

1.1 Organizația ca sistem

În ziua de azi, orice organizație este considerată un sistem alcătuit din: mărimi de intrare, mărimi de stare și mărimi de ieșire.

Pentru a reuși să localizăm zona de studiu a acestei teze și anume aceea din cadrul organizațiile industriale, s-a realizat un stadiu actual al tipurilor de organizații industriale.

1.2 Organizații industriale

Pentru a reuși să înțelegem diversitatea și complexitatea domeniului industrial, este oportun să includem o prezentare a evoluției acestuia în studiul stadiului actual al domeniului.

Evoluția și dezvoltarea domeniului industrial au depins și depind de cunoștințele acumulate de-a lungul timpului, motiv pentru care direcția de dezvoltare a domeniului industrial este greu de anticipat. Totodată, timpul necesar dezvoltării este și el mult mai scurt, datorită volumului substanțial de informații disponibile și creativității resursei umane.

Urmărind evoluția mediului industrial, putem observa un aspect deosebit de important și anume acela că dezvoltarea acestuia se bazează pe cunoștințele acumulate de către resursa umană în cadrul organizațiilor. De aceea s-a considerat importantă, tot în această parte a tezei, o trecere în revistă a organizațiilor cu capacitate de învățare.

1.3 Organizația care învață

Conform modelului generalizat al sistemului, organizațiile care învață trebuie să dețină mecanisme care să susțină procesele din interiorul său și anume mecanisme care funcționează pe baza cunoștințelor. Așa ajungem în zona organizațiilor bazate pe cunoștințe, care sunt prezentate în această parte a tezei.

1.4 Organizații bazate pe cunoștințe

Organizațiile noi sunt cele care își adaptează strategiile de dezvoltare și adoptă o viziune nouă cu privire la modul de a concepe și a practica un punct de vedere diferit. Diferențele dintre organizația

percepută ca fiind cea „clasică”, bazată pe control și autoritate, și noul model de organizare, bazat pe cunoștințe, sunt mari și pot crea dificultăți în ceea ce privește succesul pe termen lung al organizației.

Atât în noul context actual, cât și în cel viitor, înțelegerea semnificației resurselor organizațiilor este fundamentală. Aceste cunoștințe sunt benefice organizațiilor și le permit acestora evitarea pericolelor care decurg din prognozele sau din abordarea lor conducând la îmbunătățiri și eficiență. Prin cultura lor specifică, organizațiile bazate pe cunoștințe sunt axate pe promovarea în societate a valorii conceptuale ca sursă de influență și competitivitate.

Studiind literatura de specialitate, s-au identificat câteva tendințe privind modul în care sunt privite organizațiile în viitor. Aceste idei configurează un tip de organizație numită *organizația viitorului*. Pentru acest tip de organizație s-au extras din literatura de specialitate câteva perspective, prezentate în prima parte a tezei.

1.5 Organizația viitorului

Pentru a putea defini această organizație, trebuie în primul rând să identificăm caracteristicile ei principale. Astfel, principala caracteristică a secolului XXI este schimbarea, care duce la creativitate, dar în același timp și la asumarea de riscuri. Reducerea riscurilor nu poate fi realizată decât prin amplificarea cunoașterii. Aceasta este explicația „exploziei” publicațiilor unor autori celebri în lumea contemporană, apărute mai ales după anul 2000, care au ca obiect schimbarea și implicațiile ei în organizația viitorului și în managementul acesteia.

Opinia generală a specialiștilor este că nu trebuie să ne pregătim pentru organizația viitorului: suntem deja în ea și trebuie să ne adaptăm rapid, altfel suntem în pericol să ratăm șansele, oportunitățile. Este o reacție în lanț a istoriei, pe care, dacă o nesocotim, ne asumăm riscuri și pierderi mari, care astăzi nici măcar nu pot fi evaluate, anticipate sau imaginate.

Capitolul 2 STADIUL ACTUAL AL ORGANIZAȚIILOR INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

2.1 Organizațiile din domeniul aeronautic

2.1.1 Evoluția complexității domeniului industrial aeronautic

Istoria ne arată că marii inventatori au abordat tehnica zborului din două perspective. Pe de-o parte, au încercat să inventeze echipamente mai ușoare decât aerul; pe de altă parte, au încercat să conceapă echipamente mai grele decât aerul, dar cu o formă aerodinamică care să le permită să se mențină în aer.

În această teză, evoluția complexității aeronavelor este privită progresiv. Astfel, pornind de la ideea de a realiza echipamente de zbor mai ușoare decât aerul, la aeroplanul realizat de Traian Vuia din țevi și roți, până la structuri metalice și compozite complexe asamblate cu echipamente electronice performante din zilele noastre. Această evoluție evidențiază complexitatea și volumul mare de cerințe ale produselor pe care organizațiile industriale din domeniul aeronautic trebuie să le gestioneze.

2.1.2 Structura actuală a organizațiilor din domeniul aeronautic

Complexitatea actuală a aeronavelor duce la implicarea mai multor organizații cu domenii diferite de activitate, dar în același timp cu un scop comun, și anume „realizarea unei aeronave care să zboare în condiții de siguranță cu costuri cât mai mici”.

În aceasta primă parte a tezei, prezentarea tipurilor de organizații specifice acestui domeniu, direcționează cercetarea de față spre zona de cercetare țintă.

Organizațiile de proiectare reprezintă acele organizații care dezvoltă produsele (aeronaive) conform cerințelor clienților – liniile aeriene –, în scop comercial sau militar.

Organizațiile de execuție sunt împărțite pe domenii de activitate, astfel că pentru realizarea produsului final sunt necesare mai multe organizații, conectate printr-un lanț de aprovizionare bine controlat de cerințele standard din domeniul aeronautic

Organizațiile de certificare sunt acele entități care, prin statutul lor, pot acorda tuturor organizațiilor diverse certificări care să ateste capacitatea acestora de a realiza unele produse, respectiv servicii în aeronautică, în raport cu standardele aplicabile.

Organizațiile de întreținere a aeronavelor sunt acele organizații care asigură mentenanța aeronavelor, conform cu standardele aplicabile. Aceste organizații sunt foarte importante în ciclul de viață al aeronavelor și în aceeași măsură răspund de siguranța pasagerilor prin aplicarea procedurilor de verificare a aeronavelor, la fiecare staționare a acestora.

Această structură imensă formată din organizații cu domenii diferite conduce la costuri ridicate ale aeronavelor. Pentru a evidenția importanța abordării acestui domeniu, în subcapitolul următor sunt prezentate câteva date economice actuale care demonstrează legătura directă dintre complexitatea produsului (aeronaive) și costuri.

2.1.3 Aspecte economice privind industria aeronautică

Conform statisticilor raportate la venitul anual al marilor producători de aeronave, organizația Boeing deține prima poziție, urmată îndeaproape de Airbus.

În ultimii ani, provocarea cu care se confruntă aceste organizații este generată de tendința mondială de reducere a consumului de combustibil, de reducere a costului zborurilor și de creșterea numărului de pasageri.

Pentru producătorii de aeronave și furnizorii acestora, un impact semnificativ îl deține dezvoltarea și abordarea tehnologiilor de producție. De asemenea, organizațiile de proiectare lucrează îndeaproape cu organizațiile de execuție și cu cele de certificare pentru dezvoltarea de materiale și tehnologii de producție noi într-un timp cât mai scurt. În ajutorul acestora, diverse asociații din aeronautică acordă sprijin și dezvoltă diverse standarde care facilitează colaborarea între organizații cu domenii diferite de activitate.

O mare provocare pentru organizațiile de proiectare a aeronavelor este aceea de a transfera informații tehnice către organizațiile care execută structuri, ansamble, componente, materiale și infrastructura utilizată. Documentațiile tehnice sunt aliniate cu standardele internaționale, dar și cu standardele marilor organizații cum sunt Airbus, Boeing și nu numai. Pentru a asigura o bună organizare a controlului informațiilor tehnice, aceste organizații au dezvoltat procese standardizate pentru transferul datelor de proiectare. Având un impact major asupra conformității produselor, aceste procese au fost introduse și în standardele internaționale de certificare a sistemelor de management.

Managementul cerințelor produselor a fost și este o provocare pentru organizațiile industriale. Sistemul de management al calității, în zilele noastre reprezintă sistemul cheie care ajută organizațiile industriale să controleze cerințele calității produselor. Din acest motiv, în această teză sunt abordate și prezentate principiile calității și funcționarea sistemului de management al calității.

Capitolul 3 ABORDAREA ACTUALĂ A MANAGEMENTULUI CALITĂȚII ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ

3.1 Calitatea și conceptele asociate

Cercetarea care implică termenul *calitate* necesită o documentare riguroasă asupra modului în care este definită ea și conceptele sale. Domeniul calității este foarte studiat, motiv pentru care prezentarea unui stadiu actual necesită un spațiu destul de mare într-o teză pe domeniul calității. Totuși, abordarea sistematică a calității, în teza de față, are ca scop introducerea treptată a obiectivului tezei, în strânsă legătură cu acest subiect. Punctul de pornire pentru această abordare este momentul în care trecerea la producția și consumul de masă al produselor, precum și uriașa diversificare a acestora au avut un impact major asupra lărgirii conceptului de calitate al produselor. La obținerea calității în acest nou context, conta modul de proiectare constructivă și tehnologică, punerea la punct și menținerea proceselor tehnologice și modul de asamblare și livrare al produselor. Terminologia și semnificațiile calității se dimensionează acum în raport cu toate aceste aspecte. Totodată, se diferențiază între o calitate proiectată, o calitate fabricată și una livrată.

Având un sistem de management al calității, produsele realizate în cadrul organizațiilor necesită verificare pentru a asigura conformitatea. Controlul de calitate trebuie realizat cu metode și tehnici de inspecție corespunzătoare. Pentru a asigura un control optim pentru întregul flux de producție, este importantă cunoașterea intrărilor și ieșirilor din fiecare fază a procesului de realizare a produsului. Sistemul de management al calității este susținut de asigurarea calității, care în cadrul unei organizații arată nivelul de implicare al acesteia în a da încrederea că cerințele calității produselor sunt îndeplinite.

Se constată în ultimul timp o tendință puternică de a asocia cerințelor acestor standarde-ghid strategii, principii, tehnici și abordări care vizează cu predilecție eficientizarea activităților, creșterea competitivității organizațiilor, creșterea valorii adăugate, diminuarea costurilor și mai multă flexibilitate în raport cu cerințele clientului (*Oprean & Țîțu, Managementul calității în economia și organizația bazată pe cunoștințe, 2008*).

În proiectarea sistemului de management al calității, abordarea bazată pe proces presupune identificarea atât a fluxului proceselor/informațiilor din organizație, cât și a interacțiunilor dintre acestea.

Managementul calității totale oferă organizațiilor un sistem care să le permită realizarea unor produse și servicii, conform cerințelor clienților, cu costuri minime și prin implicarea întregii organizații. „Cultura TQM” poate fi luată în considerare în raport cu următoarele valori prezentate în figura 3.5.

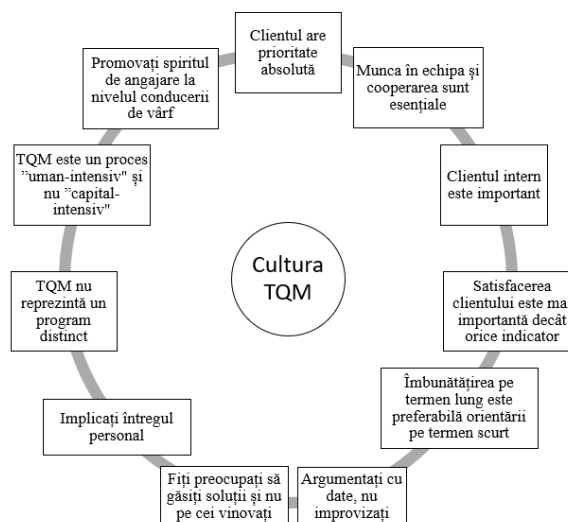


Fig. 3.5 Valorile culturii organizaționale (*Oprean & Țîțu, Managementul calității în economia și organizația bazată pe cunoștințe, 2008*)

Pentru o și mai bună înțelegere a managementului calității totale, așa cum s-a întâlnit în literatura de specialitate, principiile strategiei „zero defecte” și „obsesia asupra clientului” aduc perspective diferite asupra calității, cu scopul de a pregăti câteva răspunsuri care ar putea să apară.

Concurența între organizații este un motor de motivare a oamenilor de a căuta încontinuu dezvoltarea de noi produse/servicii pentru a satisface clienții.

3.2 Percepte actuale privind sistemele de management al calității în industria aeronautică

Calitatea în domeniul aeronautic

Industria aerospațială este responsabilă pentru calitatea a mii de aeronave care transportă milioane de oameni din întreaga lume, în fiecare zi. Componentele aeronavei au o durată de viață mai mare de 50 de ani, ceea ce înseamnă că practicile de calitate trebuie încorporate în fiecare etapă de proiectare, producție, operare și întreținere pentru a asigura procese fiabile care pot rezista unei utilizări intensive.

Grupul Internațional de Calitate a dezvoltat standardul *AS 9100 – Sistemul de management al calității*, pentru a stabili un punct de referință global pentru industria aerospațială. Standardul AS 9100 se aplică întregului lanț de aprovizionare aerospațială, inclusiv proiectarea, fabricarea, înlocuirea și întreținerea aeronavelor.

Industria aerospațială și de apărare cuprinde nevoi civile și militare pentru aeronave, elicoptere, rachete, sateliți și alte produse care sunt menținute la cele mai înalte standarde de siguranță și de calitate. Producătorii din industria aerospațială și de apărare și furnizorii lor își construiesc produsele folosind materiale scumpe și procese de înaltă precizie și deseori funcționează în medii de producție cu durată scurtă de producție și în medii de producție cu complexitate ridicată și volum mare sau mai mic.

Globalizarea industriei aerospațiale necesită o investiție în sistemul de management al calității pentru a satisface clientul final al produselor. Organizația Internațională pentru Calitate Aerospațială (AIQG) a depus multe eforturi pentru a susține această cerere și a realizat o serie de standarde de calitate începând cu EN AS 9100, bazată pe standardul ISO 9001.

Câteva din conceptele calității considerate cele mai importante în această teză, au fost prezentate în acesta primă parte.

Abordarea bazată pe proces

Fiecare produs realizat parcurge o serie de procese în cadrul fiecărei organizații industriale din domeniul aeronautic, fie procese de producție, procese suport sau procese de management. Abordarea calității din perspectiva procesului reprezintă cea mai logică abordare, care asigură drumul cel mai scurt spre rezultatul îmbunătățirii calității (Cupșan, Țițu, & Pop, 2019). Abordarea bazată pe proces se realizează prin definirea sistematică a proceselor și gestionarea interacțiunilor dintre ele, astfel încât să se obțină rezultatele urmărite conform politicii de calitate definite în strategia organizației. Pentru ca o organizație să fie eficientă și eficace în atingerea obiectivelor acesteia, este necesar ca toate procesele să fie interconectate într-un sistem, ca un tot unitar.

Îmbunătățirea continuă

Dacă o organizație industrială dorește să joace un rol important pe piața concurențială, aceasta trebuie să implementeze orice acțiuni sunt necesare pentru a îndeplini cerințele și pentru a crește satisfacția clientului, cum ar fi:

- îmbunătățirea continuă a produselor și serviciilor pentru satisfacerea cerințelor, dar și ca și o măsură preventivă utilă în abordarea unor necesități viitoare;
- corectarea, prevenirea sau reducerea efectelor nedorite;
- îmbunătățirea performanței și eficacității sistemului de management al calității.

Integrarea cerințelor legale în sistemul de management al calității

Importanța implementării în sistemul de management al calității a cerințelor legale au pornit de la necesitatea reglementării unor cerințe de securitate cerute de organizațiile guvernamentale. Integrarea acestor cerințe este critică pentru organizațiile industriale dacă aceste doresc ca produsele realizate să fie utilizate în aeronave funcționale.

Importanța trasabilității produselor în domeniul aeronautic

În domeniul aeronautic, trasabilitatea este esențială, motiv pentru care este o cerință obligatorie în sistemul de management al calității. Din punct de vedere al organizațiilor de producție, fiecare reper sau piesă realizată trebuie să îndeplinească cerințele minime de identificare. Astfel, în cazul unor evenimente aeronautice nedorite, respectiv în cadrul verificărilor de întreținere, procesul de identificare a cauzelor eventualelor neconformități este ușor de realizat. Astfel, implementarea acțiunilor de corecție pot fi foarte specifice.

Auditul în domeniul aeronautic

Auditările nu sunt întreprinse doar pentru a asigura conformitatea cu reglementarea, ci și pentru a identifica punctele slabe ale sistemului de management. Procesul de audit este gândit pentru a servi nevoilor de management, a le oferi *feedback* cu privire la sistemele existente, la punerea în aplicare și eficacitatea și furnizarea de date obiective care să contribuie la luarea deciziilor.

Complementar auditurilor de proces sunt auditurile de produs, audituri realizate în special de către clienți. De asemenea, pentru organizațiile certificate EASA, aceste audituri sunt supraverificate și de către autoritățile aviației civile din țara în care activează organizația.

Planificarea avansată a calității produsului (APQP)

Multitudinea cerințelor produselor specifice domeniului aeronautic, combinată cu cererea tot mai mare de realizare a aeronavelor, a dus la adoptarea unor metode din domeniul auto și anume planificarea avansată a calității produsului (APQP – Advance Product Quality Planning) (Țițu & Pop, *Advanced Product Quality Planning Management in a Knowledge Based Organization*, 2021), (Pop, Pop, & Țițu, 2022).

APQP împrumută anumite instrumente de analiză a riscurilor din industria militară. În momentul de față, APQP este o cerință obligatorie pentru toți furnizorii celor trei mari producători americani la dezvoltarea de noi produse. AIAG are ca membri acum, în afară de Ford, GM și Chrysler, și producători japonezi ca Toyota, Honda, Nissan, precum și majoritatea furnizorilor acestora.

Această metodologie este în plină dezvoltare și adaptare la domeniul pentru care a fost gândită, lăsând loc pentru viitoare cercetări.

Capitolul 4 STADIUL ACTUAL PRIVIND MANAGEMENTUL PROCESELOR ÎN INDUSTRIA AERONAUTICĂ

4.1 Percepte actuale privind managementul proceselor în organizațiile industriale din domeniul aeronautic

Oamenii trebuie să „știe” cum se fac lucrurile și să urmeze căile obișnuite. Cu toate acestea, exceptând cazul în care există descrieri explicite ale proceselor, nu este posibilă analizarea acestor descrieri pentru a stabili eficiența lor sau pentru a le aduce îmbunătățiri.

Multe organizații au continuat să îndeplinească sarcini inutile timp de zeci de ani, fără însă a analiza în ce scop se fac anumite lucruri. Riscurile în asemenea cazuri, sunt, de exemplu, de a se trimite un document la mai multe persoane decât este necesar și prin urmare de a aștepta după aprobări suplimentare. Totuși, în cadrul organizațiilor există mai multe tipuri de procese, și anume procese de management, procese operaționale și procese-suport.

Procese de management

Funcțiile procesului de management sunt legate între ele și nu pot fi ignorate, mai ales că procesul de management proiectează și menține un mediu în care personalul, care lucrează împreună în grupuri, îndeplinește obiective selectate în mod eficient.

Procese operaționale

În managementul proceselor de afaceri au fost introduse principiile de gestionare bazate pe valoare. Analizele existente ale acestei probleme funcționează la un nivel ridicat (adică, corporativ), împiedicând utilizarea managementului proceselor de afaceri bazate pe valoare la nivel de proces operațional, atât în cercetare, cât și în practică.

Procese-suport

Susținerea proceselor de afaceri prin metode, tehnici și aplicații software se face cu scopul de a proiecta, adopta, controla și analiza procesele operaționale care implică oameni, organizații, aplicații, documente și alte surse de informații (*Weske, van der Aalst, & Verbeek, 2004*).

Modelarea sistemelor și proceselor

Funcționarea sistemelor și proceselor în cadrul organizațiilor industriale depinde de un mare număr de factori foarte diverși și de dependențele dintre aceștia.

Organizațiile internaționale de standardizare au dezvoltat sisteme de management al calității cu scopul de a facilita organizațiilor accesul la o structură de referință privind modul de organizare a proceselor. Modul de realizare a hărții proceselor este un exemplu concret de metodă ce poate fi utilizată pentru modelarea sistemelor și proceselor organizațiilor. Totuși, harta proceselor este concepută la nivel general și nu scoate în evidență factorii care influențează procesele și interacțiunea dintre aceștia. Structura sistemului de management al calității în organizațiile industriale din domeniul aeronautic are la bază standardul AS 9100:2016. Însă, provocarea la care au de răspuns organizațiile este aceea de a respecta în același timp cerințele acestui standard și cerințele clienților, în cadrul proceselor de producție. Complexitatea cerințelor produselor din domeniul aeronautic necesită în procesele de management o abordare bazată pe analiza de risc. Astfel, deciziile de management sunt

influențate atât de cunoștințele managerilor în domeniul în care activează, cât și de informațiile disponibile legate de procesele conexe, informații pe care le aceștia le pot folosi.

Se poate afirma că, în acest moment, în toate organizațiile, evaluarea integrării proceselor în sistemul de management al calității se face prin realizarea auditărilor de proces, folosind drept criteriu standardul sistemului de management al calității.

Importanța hărții procesului în modelarea sistemului

De obicei, harta procesului constituie punctul de plecare pentru modelarea detaliată a fiecărui proces. Orice organizație își poate îmbunătăți sistemul de management al calității. Conformitatea proceselor, a produselor și a sistemului de management al calității din organizație poate fi demonstrată, chiar dacă standardul nu o solicită în mod expres, prin întocmirea unor documente, precum (*Mendes, 2013*): harta (matricea) proceselor; specificații pentru produs; programe de producție; lista furnizorilor agreați; planuri de testare și inspecție; manuale de instalare, operare și service; reguli și proceduri.

În realizarea hărții proceselor se acordă importanță egală performanței tuturor proceselor componente. Această performanță se stabilește pe baza obiectivelor specifice pentru fiecare proces în parte, ori prin indicatorii de performanță.

Odată ce cercetarea a ajuns în acest punct, putem stabili în cadrul organizațiilor procesele existente și conexiunile acestora. În această cercetare, datorită interesului deosebit asupra proceselor cu impactul cel mai mare asupra cerințelor calității produselor, abordarea se direcționează spre procesele de inginerie.

4.1.1 Procesele clasice de inginerie în domeniul industrial

Într-o organizație industrială din domeniul aeronautic, procesele de inginerie reprezintă acele procese care au responsabilitatea transferului cerințelor calității produselor în cerințe de producție. Procesele de producție pot fi considerate ca fiind complementare proceselor de inginerie, care se ocupă exclusiv cu fabricarea produselor și controlul acestora.

Așa cum se poate observa și în figura 4.8, procesele de inginerie pot fi aplicate doar dacă există procese de producție cu tehnologie și echipamente capabile de a prelua „ingineria” generată de acestea. Procesele de inginerie pot fi grupate în funcție de categoriile de livrabile pe care acestea le generează.

Procesele de proiectare ocupă locul cel mai important din cadrul proceselor de inginerie, datorită scopului lor principal – de a utiliza cunoștințele tehnice, și nu numai, pentru dezvoltarea unor produse cerute de clienți.

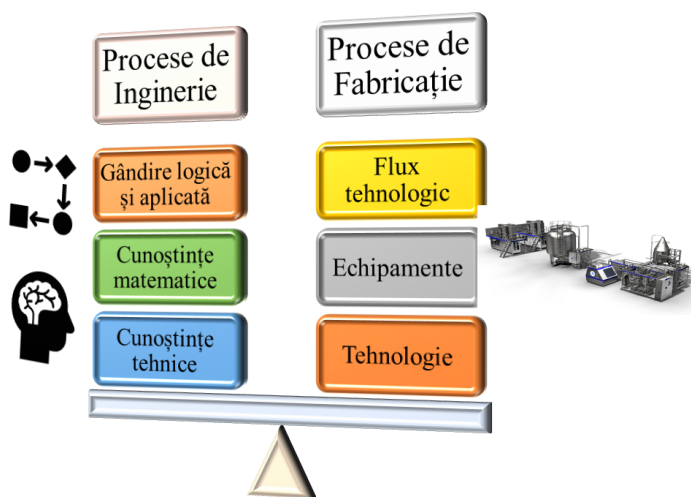


Fig. 4.8 Corelarea proceselor de inginerie cu cele de producție (*Pop & Țițu, Modeling the global engineering process in an aerospace organization, 2021*)

Procesele de realizare a documentației de producție au la bază convertirea documentației produselor, așa cum este proiectată, în documentație specifică organizațiilor de producție.

Procesele de configurare a sistemelor de gestionare a datelor tehnice reprezintă acele procese care stabilesc și controlează fluxul datelor tehnice ale produselor în cadrul organizațiilor, necesare proceselor de producție.

Procesele de proiectare a proceselor tehnologice reprezintă acele procese care convertesc cerințele proiectate, de produs și proces, în flux tehnologic de producție.

Astfel, pentru organizația studiată și domeniul ei de activitate, acela de a realiza repere structurale metalice din structura aeronavelor, s-a constatat că, pe lângă procesele de proiectare a strategiei de prelucrare și deformare plastică la rece sau la cald a produselor, procesele de proiectare a proceselor tehnologice includ și procesele de tratamente a suprafețelor produselor și cele de asamblare. Astfel putem stabili nivelul de complexitate a proceselor de inginerie. Cu cât procesul de producție din cadrul unei organizații industriale cuprinde mai multe etape din procesul de producție a produsului, cu atât procesul de proiectare a procesului tehnologic este mai complex și mai greu de gestionat.

Analizând toate procesele de inginerie în cadrul organizație studiate, în această teză s-a definit conceptul **de proces global de inginerie** care poate fi definit ca fiind ***ansamblul proceselor de inginerie din cadrul unei organizații industriale care au un scop comun și sunt structurate într-o secvență logică direct legată de procesul tehnologic de producție al produsului.***

Metoda de control a produselor în organizațiile de producție din domeniul aeronautic este aplicată în cadrul proceselor de control al calității. Aceste procese trebuie să încorporeze în planul de control, pe lângă cerințele de proces și produs, și un plan de reacție în cazul în care valorile măsurate tind să iasă din limitele (toleranțe) de control. O parte din cerințele care sunt încorporate în planele de control, apar și din procesele de producție, ulterior primelor loturi fabricate, ca acțiuni preventive de control al proceselor.

4.1.2 Procesul global de inginerie aplicat în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic

Ca parte integrantă a procesului global de inginerie, procesele de inginerie au rolul de a transforma cerințele tehnice ale calității produselor în cerințe și parametri de producție și reprezintă procese-cheie în organizație, datorită impactului major pe care îl au în aplicarea cerințelor în procesul de producție. Aceste procese de inginerie sunt aplicate în orice organizație de producție și constituie veriga de legătură între procesele de proiectare și procesele de producție sau, altfel spus, legătura dintre teorie și practică..

În industria aeronautică, fiecare produs este identificat printr-un set de documente care conțin datele de proiectare. Astfel pe lângă forma geometrică și cerințele dimensionale ale produselor, acest set de documente este completat prin cerințe legale de avizare a produselor. Avizarea produselor în domeniul aeronautic este legată de siguranța lor în funcționare. Cerințele ce trebuie respectate și verificate pentru avizarea produselor sunt date de respectarea cu strictețe a datelor proiectate și cerințelor de proces de producție și inspecție.

Provocarea organizațiilor de proiectare din domeniul aeronautic este aceea că toate produsele structurale trebuie proiectate în așa fel încât să aibă o greutate cât mai mică și în același timp să asigure o rezistență cât mai ridicată la solicitări mecanice, chimice și la solicitările la oboseală.

Pentru o abordare proactivă, este necesară studierea procesului actual și a livrabililor rezultate, urmând ca apoi să se desprindă concluziile și să se emită ipotezele asupra abordării acestui proces.

Din perspectiva procesului global de inginerie, utilizarea unei aplicații ERP, pentru gestionarea datelor tehnice de intrare reprezintă o necesitate pentru orice organizație. Necesitatea nu este dată neapărat de volumul mare de informații sau de varietatea mare a acestora, ci și de necesitatea gestionării schimbărilor apărute din diverse motive într-un interval de timp cât mai scurt.

4.2 Stadiul actual al proceselor în organizația industrială și integrarea lor în sistemul de management al calității

În figura 4.16 este reprezentată distribuția și conexiunile proceselor într-o organizație industrială din domeniul aeronautic, cu specific pe fabricația componentelor structurale metalice.

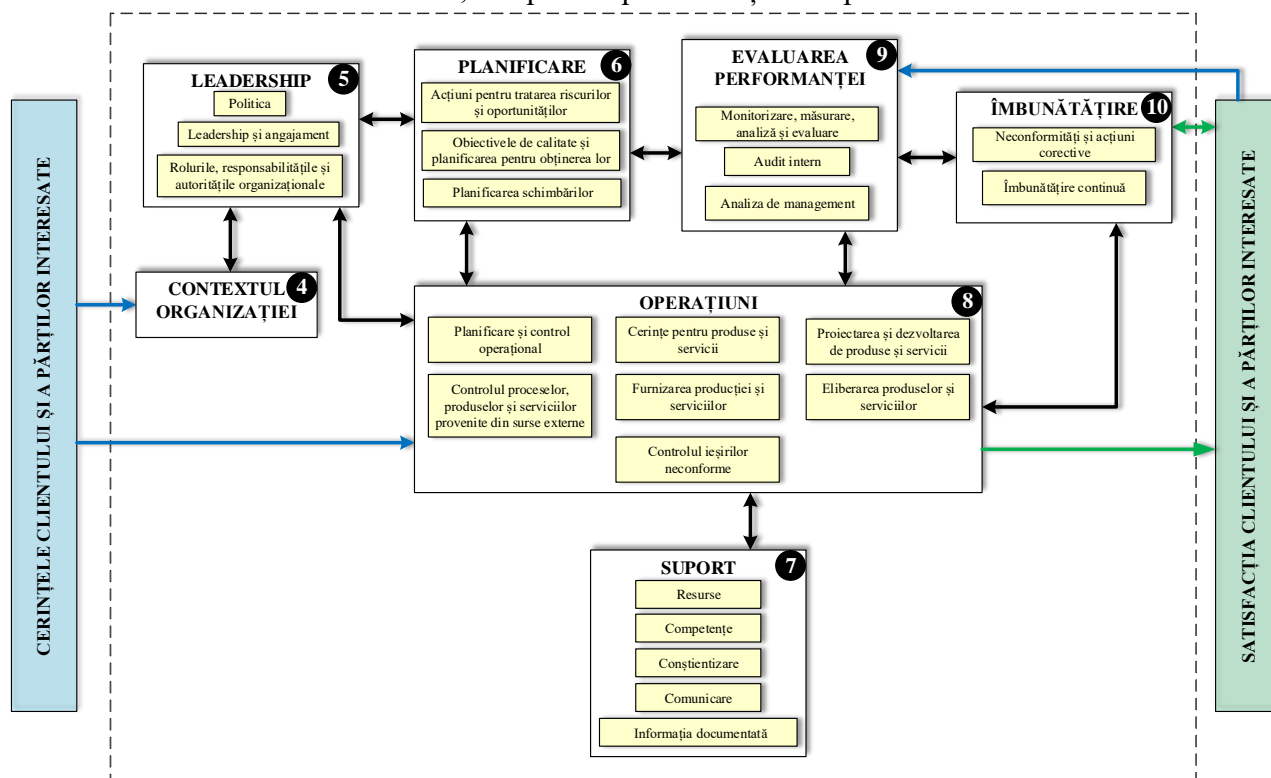


Fig. 4.16 Harta proceselor într-o organizație industrială din industria aeronautică

Procesul de leadership (poziția 5 din figura 4.16) este un proces de management cu un impact major în organizație, motiv pentru care în cadrul acestor organizații se pune accent pe angajamentul managementului superior și pe nivelul sau de implicare în procese. Activitatea procesului de conducere se desfășoară în raport cu contextul organizației.

Planificarea este cheia succesului oricărei organizații, indiferent de domeniul de activitate. Astfel, planificarea obiectivelor organizației se va regăsi la toate nivelele ierarhice. Planificarea poate fi realizată prin realizarea unor proiecte de dezvoltare, proiecte de producție pe termen lung sau scurt sau proiecte de îmbunătățire.

Procesul de control prin măsurarea și evaluarea activităților în cadrul organizației este reprezentat de procesele din poziția 9 și 10 din figura 4.16. Procesul de evaluare a performanței organizației se realizează prin analize de management și audituri ale tuturor proceselor.

În completare, **procesul de îmbunătățire** ajută la evaluarea activităților și în același timp devine o intrare majoră în procesul de planificare a îmbunătățirii.

Procesele-suport (poziția 7 din figura 4.16) sunt procesele care se ocupă în principal de gestionarea resurselor umane, mai cu seamă de:

- procesul de angajare a resurselor umane;
- procesul de evaluare a competențelor;
- procesul de conștientizare a resurselor umane la toate nivelele ierarhice;
- procesul de comunicare în cadrul și în afara organizației.

Procesele operaționale (poziția 8 din figura 4.16) reprezintă „motorul” organizației. Astfel, procesele din cadrul acestui grup de procese sunt foarte importante și li se acordă o atenție deosebită.

În domeniul aeronautic, anumite procese de producție sau inspecție au un caracter mai special, fiind considerate procese cu impact major asupra produselor. Din această cauză, producătorii de avioane se implică direct în calificarea furnizorilor, realizând audituri de calificare și evaluare a proceselor. Astfel, se consideră ca fiind speciale procesele de realizare a materialelor/semifabricatelor, procesele de tratamente termice și inspecție a materialelor/semifabricatelor, anumite procese de prelucrări mecanice, procesele chimice de tratament de suprafață, inspecții nedestructive, procese de asamblare și inspecție a elementelor de asamblare.

În cadrul organizației studiate, procesul global de inginerie este funcțional și integrat în sistemul de management al calității, urmărind realizarea etapelor în raport cu intrările și ieșirile corespunzătoare fiecărei etape. De asemenea, succesiunea etapelor este realizată astfel încât fiecare intrare să fie disponibilă în momentul în care etapa care îl solicită trebuie aplicată în proces. Importanța unor etape poate fi dată nu doar de complexitatea ei, ci și de impactul pe care îl au ieșirile respectivei etape asupra întregului proces. De exemplu, realizarea modelului 3D în etapa de pregătire a documentației CAD din cadrul procesului, etapă care nu are un grad de complexitate foarte ridicat, are impact asupra a 60% din suma tuturor celorlalte ieșiri din etapele ulterioare, fiind de asemenea livrabila generată intern care conține cele mai importante caracteristici ale produselor.

Ca direcție de cercetare poate fi luată în considerare evaluarea influenței complexității produselor asupra etapelor și ieșirilor acestora, astfel încât să fie dezvoltate culoare alternative pentru proces. Dezvoltarea acestor culoare alternative, precum și introducerea unor noduri de distribuție a procesului, poate fi cu atât mai benefică cu cât acestea sunt identificate mai aproape de debutul procesului. Totuși, dezvoltarea alternativelor multiple are un dezavantaj, legat de faptul că la nivelul unei organizații există multiple posibilități în derularea unui proces, ceea ce poate duce la blocaje de decizie. Din acest motiv, trebuie analizate și experimentate toate alternativele, astfel încât la final să fie alese variantele optime.

Capitolul 5 CONCLUZII PRIVIND STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN ABORDAREA ÎMBUNĂTĂȚIRII PROCESELOR DIN ORGANIZAȚIILE INDUSTRIALE BAZATE PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

Organizația poate fi privită ca un sistem care, prin procese de transformare a mărimilor de intrare în mărimi de stare, susținute de mecanisme de control, generează mărimi de ieșire. Evoluția organizațiilor industriale a fost și este generată atât de creșterea nivelului calității produselor din

partea clienților, cât și de volumul tot mai mare de cerințe. De asemenea, un factor important în evoluția organizațiilor industriale îl are concurența și dezvoltarea tehnologică.

În zilele noastre, datorită volumului foarte mare de informație și a modul în care poate fi accesată, organizațiile industriale au trebuit să se adapteze și să implementeze sisteme noi de lucru și procese care pot gestiona mult mai mulți parametri și variabile. Aceasta etapă este denumită Industria 4.0, termen introdus în 2011 la târgul de la Hanovra. Această abordare a fost preluată și dezvoltată de mulți autori în domeniul, cum ar fi Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B., care în 2016 au prezentat principiile de bază ale acestui concept.

Așa cum afirma Drucker încă din anii '90, omenirea se încadrează ireversibil în societatea informațională, numită și societate a cunoașterii sau a organizațiilor (*Drucker, The new society of organizations, 1992*). Astăzi, după aproximativ 30 de ani de la această afirmație, se poate constata că ne aflăm în această societate informațională, iar organizațiile depind de cantitatea de cunoștințe pe care le posedă pentru a putea duce o afacere la succes. Prin urmare, organizațiile sunt obligate să învețe, să creeze și să actualizeze noi competențe tehnologice, precum și să renunțe la procedurile învechite pentru a rămâne competitive într-o lume caracterizată printr-un progres tehnologic rapid.

Principala caracteristică a secolului XXI este schimbarea, care duce la creativitate, dar în același timp și la asumarea de riscuri. Reducerea riscurilor nu poate fi realizată decât prin amplificarea cunoașterii. Istoria ne arată că marii inventatori au abordat tehnica zborului din două perspective: încercând să inventeze echipamente mai ușoare decât aerul, sau echipamente mai grele decât aerul, dar cu o formă aerodinamică, care să le permită menținerea în aer.

În ultima parte a secolului XX, entuziasmul pentru dezvoltarea domeniului aeronautic s-a mai redus, organizațiile concentrându-se mai mult pe digitizarea echipamentelor necesare avioanelor și pe investiții în tehnologiile de producție ale componentelor. Această direcție a fost dată de dorința organizațiilor de a reduce consumul de combustibil și în același timp costul zborurilor pentru pasageri. Realizarea aeronavelor implică organizații cu domenii diferite de activitate, dar cu un scop comun, și anume realizarea unei aeronave care să zboare în condiții de siguranță, cu costuri cât mai mici.

Câteva din organizațiile esențiale pentru realizarea aeronavelor pot fi considerate ca fiind: organizațiile de proiectare, organizațiile de execuție, organizațiile de certificare și organizațiile de întreținere aeronave. Datorită complexității aeronavelor, atât din punct de vedere al numărului și diversității reperelor, cât și a complexității cerințelor, producția lor depinde de un lanț mare de furnizori, ceea ce face procesul de fabricație foarte greu de gestionat.

Pentru a defini și controla acest proces complex, organizațiile de certificare joacă un rol important și decisiv în certificarea furnizorilor și în același timp al produselor, prin introducerea unor standarde ale sistemului de management al calității și nu numai, și prin urmărirea respectării acestora.

Organizațiile guvernamentale au un rol deosebit de important în reglementarea proceselor de producție a aeronavelor, cu scopul de a asigura realizarea unui produs care trebuie să funcționeze în condiții de siguranță. În același context, al funcționării aeronavelor în parametrii normali și condiții de siguranță, organizațiile de întreținere a aeronavelor joacă un rol deosebit de important. Organizațiile din domeniu aeronautic, de la proiectare, execuție, certificare și întreținere, reprezintă o „organizație globală” care asigură clienților – organizații aeronautice și călători – un produs de înaltă calitate pe tot ciclul de viață al aeronavei.

Domeniul aeronautic comercial este pe un trend ascendent de dezvoltare, datorită numărului tot mai crescut de consumatori (călători). În același timp, organizațiile din acest domeniu sunt

provocate să scadă costul de producție al aeronavelor, folosind tehnologii moderne de producție și gestionare a proceselor.

Literatura de specialitate conține suficiente studii care abordează perspective diferite asupra structurării organizațiilor trecute, actuale și viitoare, dar încă mai reușim să identificăm perspective diferite, perspective care generează direcții de cercetare cum ar fi:

- analiza și prezentarea acestei „organizații globale” create din mai multe organizații cu domenii specifice de activitate, care, printr-un ansamblu de mecanisme complexe, realizează aeronavele;
- analiza și studiul proceselor de producție moderne și a proceselor de management necesare pentru gestionarea tuturor activităților, de la organizația de proiectare la cea de întreținere;
- analize detaliate asupra modului în care organizațiile industriale din domeniul aeronautic implementează în procesele de fabricație documentația tehnică digitală.

Calitatea poate fi definită din perspective diferite, dar cea mai cuprinzătoare definiție este cea din standardul ISO 9000:2015, sistemul de management al calității, care definește calitatea ca reprezentând „ansamblul caracteristicilor unei entități care îi conferă aptitudinea de a satisface nevoile exprimate sau implicite”. În raport cu relația client-furnizor, calitatea poate fi privită ca fiind adecvarea dintre nevoile exprimate ale clientului și serviciul asigurat de furnizor prin respectarea unui contract sau angajament.

Pentru definirea și documentarea unui sistem de management al calității într-o organizație, documentele calității reprezintă cheia de legătură a sistemului cu procesele fizice, atât pentru ghidarea lor, cât și pentru controlul și auditarea acestora. De asemenea, documentele sistemului de management al calității asigură suportul organizației prin care aceasta își transmite viziunea strategică la toate nivelurile sale.

Pentru a obține produse de calitate conform cerințelor și în mod repetitiv, controlul de calitate este esențial. Controlul parametrilor de intrare și al celor de ieșire este cheia controlului calității întregului proces/tuturor proceselor dintr-o organizație. De asemenea, calitatea nu poate fi obținută fără angajamentul managementului organizației, pornind de la definiția asigurării calității – „a avea și a da încredere”. Asigurarea calității se poate realiza prin planificarea sistematică a activităților implicate într-o organizație, scopurile fiind de a nu produce neconformități, de a optimiza costurile și de a asigura resursele financiare necesare derulării proceselor.

Managementul calității reprezintă cumulul de activități coordonate, de conducere și control ale organizației pentru a obține calitatea, definită ca fiind nivelul unui set de caracteristici ale unui obiect care asigură îndeplinirea cerințelor. În proiectarea sistemului de management al calității, abordarea bazată pe proces presupune identificarea atât a fluxului proceselor/informațiilor din organizație, cât și a interacțiunilor dintre acestea.

Conceptul calității totale, prin principiile, metodele, practicile și instrumentele sale, asigură și oferă organizațiilor o strategie de îmbunătățire a serviciilor și produselor pentru a asigura satisfacerea cerințelor clienților. Managementul calității totale oferă organizațiilor un sistem care să le permită realizarea unor produse și servicii (Pop G. I., Pop, Oprean, & Țițu, 2021) conform cerințelor clienților, cu costuri minime și prin implicarea întregii organizații. Principiul „zero defecte” înseamnă că toate activitățile organizației trebuie să se desfășoare fără erori, asigurând că de fiecare dată se procedează la fel, fără erori. Acest principiu poate fi aplicat prin acțiuni preventive, în mod sistematic, la nivelul întregii organizații.

Industria aerospațială este responsabilă pentru calitatea a mii de aeronave care transportă milioane de oameni din întreaga lume în fiecare zi. Componentele aeronavei au o durată de viață mai mare de 50 de ani, ceea ce înseamnă că practicile de calitate trebuie încorporate în fiecare etapă de proiectare, producție, operare și întreținere, pentru a asigura procese fiabile care pot rezista unei utilizări intensive. Globalizarea industriei aerospațiale necesită o investiție în sistemul de management al calității pentru a satisface clientul final al produselor, astfel Organizația Internațională pentru Calitatea Aerospațială (AIQG) a depus multe eforturi pentru a susține această cerere și a realizat o serie de standarde de calitate începând cu EN AS 9100, bazată pe standardul ISO 9001. Pe lângă sistemul de management al calității, marii producători de aeronave au definit standarde de procese, produse și chiar sisteme, pe care le cer furnizorilor să le implementeze, pentru a se asigura ca aceștia produc repere de calitate conform cerințelor. De asemenea, organizațiile de producție iau în considerare și cerințele unor organizații guvernamentale ca EASA, FAA, CAA etc., creând dificultăți în implementarea și integrarea acestora într-un sistem de management al calității.

Calitatea și managementul acesteia în cadrul organizațiilor industriale din domeniul aeronautic este în general privită a fi aplicată similar cu industria auto. Diferența este însă dată de volumul cerințelor calității produselor în acest domeniu raportate la volumul de producție. Altfel spus, volumul mare de produse din industria auto este compensat în industria aeronautic cu volumul mare de cerințe. Astfel, în urma analizei stadiului actual în acest domeniu, au fost identificate câteva direcții de cercetare, direcții ce pot fi abordate în cercetări ulterioare, și anume:

- dezvoltarea unui model de integrare a cerințelor producătorilor cu cerințele sistemului de management al calității;
- abordarea pe bază de proces, ce poate fi o abordare utilă în procesul de integrare a unor procese în cadrul sistemului de management al calității;
- utilizarea metodelor de analiza a proceselor de management și dezvoltarea unor parametri de măsurare și control a acestora.

Cercetarea actuală a avut la bază o cerere de îmbunătățire a proceselor de inginerie industrială în cadrul unei organizații în plină dezvoltare din domeniul aeronautic. Această organizație este implicată în procesul de implementare și corelare a tuturor cerințelor aferente sistemului de management al calității, a cerințelor de produs, proces și procese de management al clienților din domeniul aeronautic și a cerințelor de sistem ale organizațiilor guvernamentale.

Deși în industria auto este destul de des întâlnită, chiar obligatorie în unele cazuri, implementarea metodologiei APQP în industria aeronautică este de dată relativ recentă, motiv pentru care IAQG dezvoltă în 2016 standardul AS9145 APQP / PPAP, publicat în 2017.

În zilele noastre, în contextul armonizării legislației cu cea a Uniunii Europene, organizațiile se află în mare parte în fața unor noi cerințe, iar cantonarea într-un singur sistem de management tradițional constituie un risc de neacceptat. Managementul modern trebuie privit într-o viziune sistemică, integratoare, având ca finalitate atât creșterea eficienței economice și a calității, a competitivității în general, cât și a prezervării vieții și integrității angajaților, protecției mediului înconjurător, a informației, creșterea generală a calității vieții. Obiectivul managementului integrat este acela de a realiza funcționarea organizației într-o manieră în care sănătatea și securitatea angajaților, precum și protecția populației, respectiv a florei, faunei, apei și solului să fie percepute drept scopuri în sine ale activității respective, de egală importanță și în deplină compatibilitate cu obiectivele orientate spre profit și calitate ale organizației respective. Implementarea cu succes a managementului integrat depinde de eficacitatea managementului schimbării.

Sistemul de management integrat al calității participă ca valoare adăugată în cadrul organizațiilor, prin implementarea tuturor cerințelor și metodelor de management în realizarea produselor și serviciilor de calitate. Fără o sinergie între sisteme și fără implicarea întregii organizații, a tuturor oamenilor care o compun, în realizarea produselor și serviciilor, valoarea adăugată nu poate decât să scadă. Mai mult de atât, lipsa integrării duce la creșterea probabilității de apariție a pierderilor. Sistemul de management integrat al calității creează posibilitatea întregii organizații de a se orienta spre calitatea produsului/serviciului, cu scopul de a-l face să fie competitiv. Accesul la tehnologiile moderne, care permit realizarea produselor/serviciilor la costuri cât mai reduse, este din ce în ce mai ușoară, motiv pentru care competitivitatea se bazează, din ce în ce mai mult, pe realizarea produselor/serviciilor la un nivel cât mai ridicat al calității. De asemenea, clienții sunt din ce în ce mai interesați de nivelul de integrare al proceselor de management cu cerințele produselor/serviciilor lor într-un singur sistem de management al calității. Motivul este dat de necesitatea validării calității produsului/serviciului într-o piață foarte competitivă.

Dacă privim modul de organizare al organizațiilor industriale în raport cu scopul diverselor departamente, se pot observa o multitudine de sisteme de management, care fără o integrare corespunzătoare duc la apariția unor pierderi. Aceste pierderi au fost studiate din ce în ce mai mult, identificându-se ca unică soluție integrarea sistemelor.

Pentru ca integrarea să poată fi implementată într-un mod structurat, este necesară o planificare a ei. O mulțime de organizații au adoptat standardele sistemului de management în urma presiunilor exercitate din afară, pe baza cerințelor clienților de a se implementa în cadrul organizației un standard de calitate sau pe baza cerințelor externe de a se introduce un sistem de mediu și/sau de sănătate și securitate ocupațională. Altfel spus, integrarea sistemelor de management aduce beneficii întregii afaceri. Tocmai din acest motiv, preocuparea esențială ar trebui să fie înțelegerea obiectivelor și a necesităților afacerii, corelate cu misiunea și viziunea organizației.

Organizațiile industriale din domeniul aerospațial au adoptat sau sunt în curs de a adopta standardele și specificațiile sistemelor de management, precum AS 9100, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO/IEC 27001, ISO 22000 și ISO/IEC 20000, fie din necesitate, fie cu dorința de a fi în rând cu tendințele actuale. Din nefericire însă, ele se confruntă adesea cu un set de sisteme independente, care au scopuri și obiective diferite. De multe ori, aceste sisteme sunt fragmentate și documentate în mod neuniform, se află sub coordonarea unor persoane diferite și sunt auditate individual. Însă, în majoritatea sistemelor de management există elemente comune care pot fi utilizate într-un mod integrat; iar principiile lor de bază, care sunt comune, pot fi identificate și implementate constructiv în cadrul sistemului de management al afacerii.

Calitatea în întreaga industrie aerospațială, de la aviația comercială la aviația de apărare, se măsoară față de seria standardelor AS 9100. Standardul este adoptat universal, dar are un nume diferit pe diferite continente. AS 9100 este utilizat în America, EN 9100 în Europa și JISQ 9100 în regiunea Asia-Pacific. Sistemul de management integrat oferă conducerii unei organizații posibilitatea de a stabili care sunt direcțiile în sensul îndeplinirii într-un mod eficient a obiectivelor stabilite.

Primul lucru care trebuie să-l realizeze o organizație are în vedere definirea cerințelor comune ale sistemelor de management. Doar în acest fel va putea răspunde interesului manifestat continuu în direcția unei abordări integrate a sistemelor de management și a gestionării riscului organizațional. Rolul managementului integrat este și acela de a sprijini angajații în implementarea integrată a proceselor.

Pentru a asigura satisfacția clienților, organizațiile din industria aerospațială trebuie să producă și să îmbunătățească încontinuu produse sigure și fiabile, care îndeplinesc sau depășesc atât cerințele clienților, și cât și pe cele de reglementare. Globalizarea industriei aerospațiale și diversitatea rezultantă a cerințelor și așteptărilor regionale/ naționale au complicat acest obiectiv. Furnizorii se confruntă cu provocarea de a furniza produsul către clienți care au așteptări și cerințe de calitate diferite. Standardul AS 9100 cuprinde cerințele sistemului de management al calității pentru industria aerospațială. Stabilirea unor cerințe comune pentru utilizare la toate nivelurile lanțului de aprovizionare de către organizațiile din întreaga lume ar trebui să conducă la îmbunătățirea calității și siguranței și la scăderea costurilor, datorită eliminării sau reducerii cerințelor organizatorice și variației ca rezultat inerent al așteptărilor multiple.

Practicienii din zona calității aerospațiale recunosc avantajele dezvoltării standardelor de sistem de management de calitate acceptate la nivel internațional și beneficiile armonizării cerințelor sistemului pentru furnizorii aerospațiali. În practică, organizațiile trebuie să depună eforturi considerabile pentru a înțelege și a implementa eficient cerințele, atingând astfel obiectivele de producție. Implementarea cerințelor va fi o provocare pentru multe organizații producătoare. Motivul este că, în trecut, IAQG s-a concentrat pe „CE?” mai degrabă decât pe „CUM?”.

Industria aerospațială trebuie să îndeplinească cele mai înalte niveluri de siguranță, indiferent dacă este vorba de proiectare, de producție sau de oferirea unor servicii de revizie și reparații. Focalizarea atenției spre rezultatele proceselor evidențiază utilitatea abordării bazate pe proces în momentul în care scopurile îmbunătățirii sunt constituite de maximizarea valorii adăugate și creșterea nivelului de satisfacție a clienților. Prin intermediul unei abordări bazate pe procese, îmbunătățirea continuă poate fi extinsă la toate procesele aferente organizației.

Între abordarea bazată pe proces și abordarea departamentală există o diferență semnificativă. În general vorbind, toate organizațiile sunt structurate în mod ierarhic, pe un număr de departamente funcționale. Adesea, aceste departamente sunt conduse pe verticală, iar responsabilitățile alocate în scopul obținerii rezultatelor planificate sunt distribuite între diversele unități funcționale. În această situație, clientul final sau oricare altă parte interesată nu este mereu vizibil tuturor celor implicați în activitățile desfășurate de organizație; prin urmare, problemelor ivite la interfața dintre departamente le este alocată o prioritate mult redusă față de cea a obiectivelor pe termen scurt ale respectivelor departamente.

În general, organizațiile cu domeniu de activitate în industria aerospațială sunt structurate în acest mod, pe verticală. Una dintre principalele diferențe între organizațiile de afaceri verticale și acelea structurate pe orizontală este aceea că, într-un sistem vertical, managementul de nivel superior emite comenzi, iar angajații urmează acele comenzi fără aport sau obiecții. În schimb, angajații dintr-o organizație orizontală sunt încurajați să facă sugestii și să ofere idei care pot îmbunătăți procesele la locul de muncă și li se oferă autoritatea de a implementa modificări fără a fi necesară obținerea autorizației. Deși organizațiile mici nu operează într-un context precum armata, în care controlul vertical este esențial pentru supraviețuire, unele organizații consideră că este benefic să găsească modalități de a păstra o structură verticală și de a-și menține astfel avantajul competitiv.

Când vorbim despre planificare și luarea deciziilor, un rol semnificativ aferent poziției de manager îl are viziunea în perspectivă și anticiparea posibilelor tendințe care și-ar putea exercita efectul asupra eficienței muncii. Având în vedere că toate funcțiile procesului de management sunt interconectate și nu pot fi ignorate, procesul de management are rolul de a proiecta și de a menține mediul în care lucrează personalul, într-o formă în care obiectivele care au fost selectate să fie

îndeplinite într-un mod eficient. Scopul proiectării, adoptării, controlului și analizei proceselor operaționale care vizează implicarea resursei umane, a organizațiilor și a altor surse de informații este acela de a susține procesele de afaceri prin diverse metode, tehnici și aplicații software.

La momentul în care se resimt modificări în cadrul organizației sau când trebuie argumentat principiul de funcționare al organizației, de un real interes sunt hărțile de proces. Dacă sunt corect realizate, hărțile de proces sunt foarte utile în acest sens, idee susținută și de materialul bibliografic studiat. Ele permit vizualizarea sistemului de management al calității și a integrării proceselor organizațiilor, ceea ce este de altfel și o cerință a standardului. Această hartă permite organizațiilor distribuirea, la nivel macro, a responsabilității proceselor în structura ierarhică a fiecărei organizații. Cele șase procese principale ale sistemului de management al calității sunt coordonate la nivel macro urmând principiile managementului calității. Subprocesele, în schimb, nu sunt la fel de bine documentate, standardele propunând variante ce pot fi utilizate într-o măsură mai mare sau mai mică.

Harta proceselor este un instrument deosebit de util pentru a putea reprezenta vizual informațiile relevante despre crearea de valoare și interdependența care există între procese, ținând cont de rolul pe care îl dețin în lanțul de creare al valorii. De asemenea, date fiind cerințele de calitate din aeronautică, sistemele de management din organizații trebuie să fie aliniate astfel încât să se asigure trasabilitatea produselor, implementarea corectă a cerințelor produsului și gestionarea riscurilor realizării produsului pe parcursul întregului proces.

Principalul scop din spatele cartării proceselor de afaceri este acela de a ajuta organizațiile să devină mai eficiente. O hartă sau o diagramă clară și detaliată a procesului de afaceri permite unei organizații din afară să intervină și să examineze dacă procesele curente s-ar putea îmbunătăți sau nu. Cartarea proceselor de afaceri are un obiectiv specific, și anume de a servi la măsurarea și compararea unui obiectiv față de obiectivele întregii organizații, pentru a avea asigurarea că toate procesele sunt aliniate la valorile și capacitățile organizației.

Organizațiile din industria aeronautică adaptează sistemul de management al calității în funcție de cerințele clienților, care pot fi chiar sisteme de management specifice produselor lor. Astfel, Airbus și-a creat propriul sistem de gestionare a furnizorilor prin care le cer acestora să integreze în propriul sistem de management al calității cerințe specifice lor, cu scopul de a asigura calitatea produselor pe care le primesc de la aceștia.

Orice organizație industrială dorește să implementeze cerințele strategice la toate nivelele proceselor, însă nivelul de înțelegere al cerințelor strategice poate diferi între departamentele organizației. Astfel, pot să apară abordări diferite în definirea proceselor cu un grad de detaliere mai ridicat, care la rândul lor duc la un sistem nefuncțional.

Fluxul tehnologic de realizare a produsului, respectiv a proceselor tehnologice, are un impact direct asupra interacțiunii dintre procesele-suport și procesele de management. Analiza proceselor și a conexiunilor dintre acestea generează oportunități de cercetare și anume:

- cartarea proceselor din cadrul unei organizații din domeniul aeronautic;
- dezvoltarea unui flux al proceselor prin identificarea intrărilor și ieșirilor pe fiecare proces individual;
- identificarea proceselor firului critic în fluxul proceselor, cele cu impact major asupra calității produselor;
- identificarea zonelor cu riscurile cele mai mari, care pot afecta calitatea produsului, și cu pierderile cele mai mari privind timpul de implementare în producție.

Abordarea procesului global de inginerie a produselor într-o astfel de organizație este cu atât mai complexă, datorită varietății ridicate a cerințelor tehnice de producție ce trebuie generate de acest proces. La momentul actual, procesul de industrializare tinde să fie un proces funcțional, dar cu neconformități ce generează pierderi din punct de vedere al timpului, respectiv financiare, motiv pentru care abordarea procesului este suficient de importantă pentru organizație. Influența cunoștințelor resurselor umane are un impact major asupra rezultatelor procesului, rezultate ce se regăsesc în:

- timpul de realizare a documentațiilor de execuție: poate crește în funcție de complexitatea produselor, dar și raportat la numărul de iterații ce trebuie parcurse în cazul în care cerințele de producție nu au fost realizate corect sau complet.
- timpul de producție al produselor, astfel:
 - strategia de prelucrare:
 - o strategie de prelucrare care definește un semifabricat cu dimensiuni mult prea mari duce la timpi ridicați de prelucrare și costuri de material și prelucrare mult ridicate;
 - o strategie de prelucrare care nu utilizează un necesar de scule așchietoare optime, care să fie durabile, să prelucreze materialele într-un timp scurt și să genereze o calitate ridicată a suprafeței;
 - o strategie de prelucrare care nu folosește elemente standard de fixare a produselor duce la costuri ridicate pentru dispozitive și, uneori, la creșterea timpilor de pregătire/încheiere.
 - dispozitivele-suport pentru procesul de producție și inspecție:
 - proiectarea unor dispozitive ce necesită timpi de pregătire prea mari;
 - proiectarea unor dispozitive unice pentru produse similare duce la creșterea timpilor de pregătire/încheiere pentru loturi multiple de producție și o planificare complicată.
 - strategia de inspecție:
 - abordarea inspecției manuale pentru produse ce pot fi inspectate în coordonate consumă uneori mult mai mult timp în încercarea de a construi elemente ajutătoare pentru sistemul de măsurare (cale, brațe etc.);
 - inspecția repetitivă a unor caracteristici geometrice care nu fac subiectul formei finale a produsului poate crește timpul de producție.
- costurile materialelor auxiliare ce se folosesc în producție. Unele materiale, cum ar fi cele de protejare a suprafețelor, sunt mai costisitoare.

Procesul de transformare a cerințelor tehnice în cerințe de producție este general aplicat în toate domeniile industriale. Tendințele actuale de optimizare a acestui proces sunt acelea de a virtualiza etapele procesului (Industria 4.0), de a pune la dispoziția organizațiilor toate instrumentele necesare pentru a reduce riscul comunicării defectuoase pe parcursul procesului, de a asigura tuturor departamentelor sau diverselor organizații accesul la informația tehnică, așa cum a fost proiectată. Totuși, deciziile și soluțiile tehnice se bazează pe cunoștințele resurselor umane, motiv pentru care tot mai des se discută despre Industria 5.0, unde oamenii reprezintă centrul sistemului. Aplicațiile sunt capabile să ușureze accesul la informație, să asigure o vizualizare a datelor tehnice pentru resurse

cu nivel diferit de cunoștințe tehnice, dar nu pot înlocui procesul de creație realizat de către oameni atât asupra produselor, cât și asupra proceselor operaționale și a celor suport.

Toate aspectele prezentate în această parte a tezei de doctorat au condus la o cercetare științifică bazată în primul rând pe o documentare riguroasă, pe un aport calitativ important la eficientizarea fabricației și a managementului în sine în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic. Procesele din cadrul analizei au fost atent selecționate și au condus la o modelare astfel realizată încât în final au putut fi prezentate soluții de îmbunătățire a calității managementului de proces, cât și diminuarea neconformităților în industria specifică.

Procesul de cercetare al stadiului actual în literatura de specialitate a fost realizat simultan cu procesul de analiză al stadiului actual al organizației studiate. În acest sens se pot enumera următoarele a studii :

- analiza sistemului de management al calității și a interacțiunii dintre procese, interpretarea cerințelor fiecărui proces și modul în care acestea sunt aplicate în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic;
- identificarea factorilor de influență asupra fiecărui proces, cu scopul de a dezvolta modele matematice ale analizei calității ieșirilor dintr-un proces în funcție de intrările din proces;
- analiza unui proces de inginerie cheie într-o organizație industrială, din punct de vedere al secvențelor pașilor din proces și al interacțiunii lor;
- analiza de impact a fiecărei ieșiri din fiecare pas al procesului, în raport cu toate ieșirile, cu scopul de a identifica impactul cel mai mare.

Această documentare a generat o serie de idei și direcții de cercetare dintre care pot fi menționate următoarele:

- evaluarea tuturor scenariilor posibile ale procesului de industrializare, astfel încât procesul să funcționeze cu minimum de riscuri în timpul cel mai scurt;
- analiza procesului de industrializare din punct de vedere al interacțiunilor cu procesele externe, dar și identificarea intrărilor din aceste procese și a impactului pe care acestea îl au asupra lui;
- evaluarea procesului de industrializare din punct de vedere al nivelului de integrare în sistemul de management al calității din cadrul organizației, urmărind reducerea etapelor redundante și reducerea timpului necesar acestui proces;
- evaluarea impactului cunoștințelor utilizate în fiecare etapă a procesului de industrializare, prin identificarea cunoștințelor necesare realizării fiecărei ieșiri cu impactul cel mai mare sau chiar critic, și cuantificarea lor în raport cu etapa corespunzătoare sau cu întreg procesul;
- identificarea posibilităților de reducere a timpului de producție pentru un grup de produse, urmărind strategiile de programare CAM, CMM și a proiectării dispozitivelor, poate fi considerată o altă direcție de cercetare. În acest caz, analiza timpului de producție în procesul actual de producție poate fi considerat ca punct de pornire, urmărind îmbunătățirea timpului prin analiza factorilor de influență și îmbunătățirea acestora;
- dezvoltarea unui model dinamic de abordare a procesului de industrializare, utilizând combinațiile posibile ale acestuia. Aceste combinații se vor raporta la timpii de industrializare (timpii de dezvoltare a documentației de producție a produselor) pentru

aceeași categorie de produse, scopul fiind acela de a reduce timpul, respectiv costurile nerecurente ale produselor.

- utilizarea acestui model în procesul de ofertare a produselor ar oferi o îmbunătățire semnificativă în cadrul organizației actuale.

Cercetarea de față include doar o parte din direcțiile de cercetare menționate mai sus, și anume acele direcții care provin din perspectiva relației directe dintre cunoștințe și calitatea produsului. Abordarea noastră se datorează experienței profesionale acumulate în domeniul inginerie și management în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic, cu specific în fabricarea componentelor structurale metalice din componența aeronavelor.

Partea II a acestei teze abordează exact această direcție de cercetare, și anume influența cunoștințelor din procesele de inginerie asupra calității produselor.

PARTEA II

CONTRIBUȚII PRIVIND CERCETAREA ȘI DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ BAZATĂ PE CUNOȘTINȚE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

Capitolul 6 DIRECȚIILE, OBIECTIVUL PRINCIPAL ȘI METODOLOGIA DE CERCETARE A MODELULUI DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE

6.1 Direcții de cercetare

Abordarea cerințelor calității și interacțiunile acestora cu livrabilele proceselor de inginerie în cadrul organizațiilor industriale din domeniul aeronautic reprezintă o perspectivă ce ar putea fi luată în considerare în procesul de îmbunătățire a proceselor de producție. O direcție de cercetare principală ar fi dezvoltarea unui model de analiză al cerințelor calității produselor structurale metalice din componența aeronavelor și interacțiunile acestor cerințe cu cunoștințele din cadrul proceselor de inginerie din organizații industriale de producție, cu scopul de a îmbunătăți livrabilele acestor procese.

O altă direcție de cercetare este modelarea grafică a procesului global de inginerie, astfel încât toate intrările și ieșirile proceselor componente să fie identificate și modelate funcțional în raport cu mecanismele acestora. Scopul principal este acela de a identifica, pentru fiecare activitate a procesului, mecanismul de transformare a cerințelor calității produselor în livrabilele necesare proceselor de producție.

Complementar modelării grafice, se va realiza un model matematic pentru toate procesele de inginerie, cu scopul de a cuantifica nivelul calității livrabilelor, iar mai apoi nivelul calității produselor.

În final, se va propune un model de implementare a acestei cercetări în cadrul organizațiilor industriale, astfel încât, indiferent de tipul produselor realizate, metodele și succesiunea acestora să poată fi implementată.

6.2 Obiectivul fundamental al cercetării și obiectivele specifice

Obiectivul fundamental al acestei cercetări este acela de a implementa în cadrul unei organizații industriale bazate pe cunoștințe din domeniul industriei aeronautice o metodologie dedicată, special creată, pentru îmbunătățirea managementului calității sistemelor integrate și eficientizarea calității proceselor de producție.

Obiectivele specifice stabilite pentru această cercetare sunt:

- identificarea proceselor organizației și analiza modului de integrare în sistemul de management al calității folosind principiile de bază ale calității;
- realizarea unui studiu asupra acelor procese care au influența cea mai mare asupra cerințelor calității produselor, urmărind interacțiunile acestora;
- modelarea grafică a interacțiunilor cerințelor calității produselor cu mecanismele proceselor de inginerie, ca parte integrantă din metodologia de îmbunătățire;
- realizarea unui model matematic complementar modelului grafic, pentru a asigura metoda de calcul aproximativă a nivelului de îmbunătățire a calității produselor ce se dorește a fi atins;
- validarea modelului matematic utilizând date experimentale din procesele de inginerie din cadrul organizației studiate;
- realizarea unui flux logic al metodologiei dedicate pentru atingerea dezideratului propus.

6.3 Metodologia de cercetare

În figura 6.1 este prezentată schema logică a metodologiei de cercetare abordată în acesta teză și anume metoda celor șase pași:

- stabilirea obiectivului;
- analiza stadiului actual;
- emiterea unor ipoteze;
- realizarea unui experiment;
- analiza rezultatelor;
- prezentarea concluziilor finale.

Pornind de la stabilirea obiectivului cercetării, și anume identificarea posibilităților de îmbunătățire a calității produselor realizate de procesele de producție prin intermediul proceselor de inginerie, se va realiza un stadiu actual al cunoștințelor în domeniu. Cercetarea de față s-a concentrat pe procesele de inginerie din cadrul organizației studiate, după ce acestea au fost localizate în sistemul de management al calității. În această cercetare se va realiza un studiu al organizației industriale și al modului în care sunt aplicate principiile calității cunoscute în momentul de față. Tot ca parte a studiului privind stadiul actual, se vor aborda procesele care au ca scop gestionarea cerințelor și transformarea acestora în cerințe de producție.

Aceste procese vor fi modelate prin metode grafice în scopul de a identifica legăturile și interacțiunile dintre ele. Având aceste modele grafice și folosind metode de interacțiune matriciale, se vor urmări interacțiunile reciproce dintre livrabilele proceselor de inginerie. De asemenea, se vor identifica interacțiunile dintre cerințele calității produselor, pentru a stabili gradul de influență reciprocă. Complementar acestor interacțiuni din procesele de inginerie se va realiza un studiu detaliat privind cunoștințele implicate în procesele de inginerie, având ca scop radiografierea completă a mecanismelor care întrețin activitățile de inginerie.

Având aceste studii și rezultate, pot fi emise următoarele ipoteze:

- realizarea modelelor funcționale ale tuturor proceselor de inginerie și integrarea acestora într-un proces global de inginerie folosind metodologia IDEF0 devine punct de pornire în înțelegerea funcționării proceselor, individual și integrat;
- stabilirea unor relații matematice folosind modelul grafic funcțional realizat prin metoda IDEF0 va permite realizarea unui calcul estimativ al transformării nivelului calității produselor prin intermediul cunoștințelor existente în procesele de inginerie.
- între cerințele calității produselor și cunoștințele din procesul global de inginerie există o corelație care se poate defini și valida.

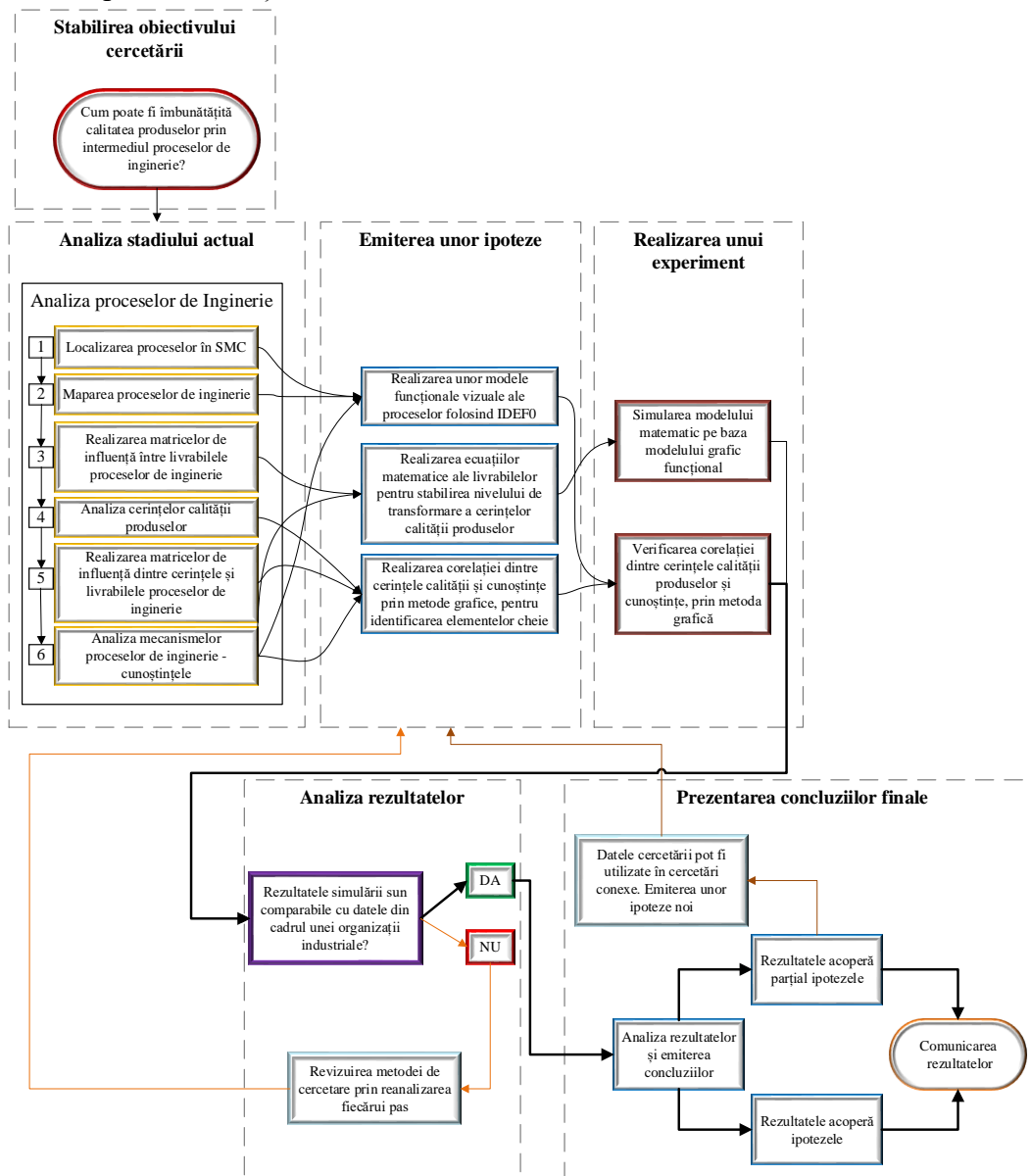


Fig. 6.1 Schema logică a metodologiei de cercetare abordate

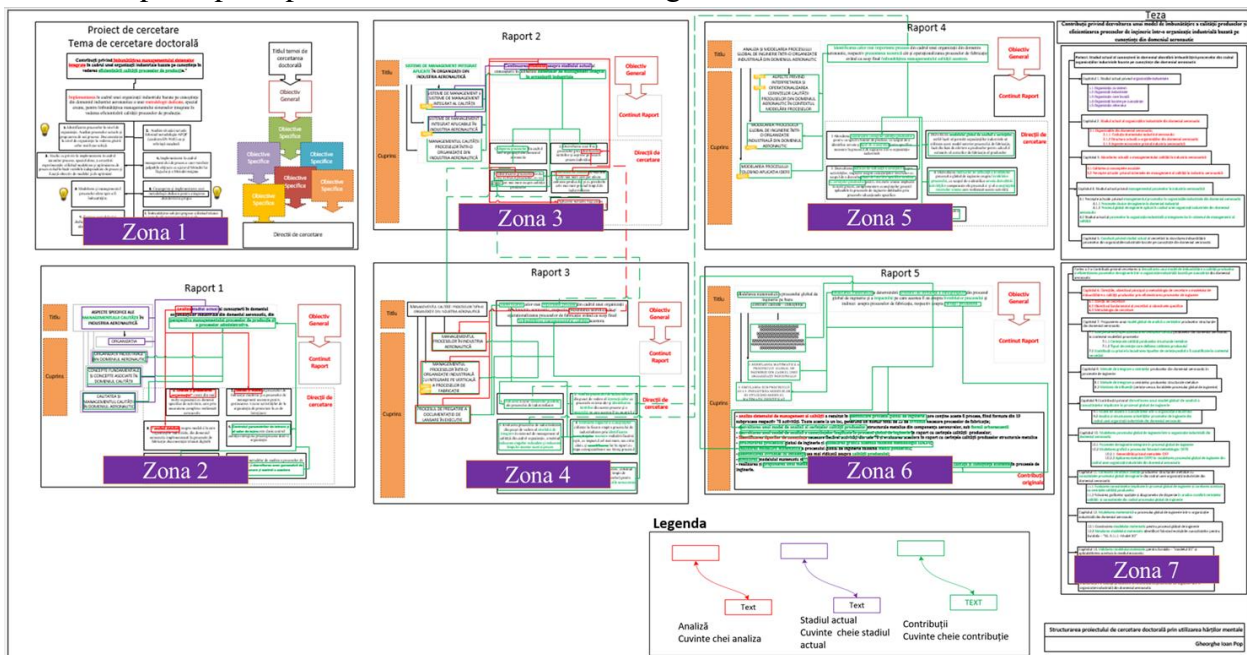
Următorul pas din metodologia de cercetare aplicată este acela de a realiza un experiment prin simularea modelului matematic și realizarea corelației cerințe-cunoștințe, utilizând același model grafic realizat.

Rezultatele simulării vor fi analizate și comparate cu datele reale din cadrul organizației. Dacă în urma analizei se obține un rezultat neconcludent, se revine asupra metodei de cercetare, astfel încât să se ajungă la un rezultat care poate fi comparat cu datele reale. În cadrul acestei teze, dată fiind

experiența cercetătorului în domeniu și cunoașterea datelor reale din cadrul organizației industriale studiate, această iterație nu a fost necesar a fi aplicată.

Astfel, având rezultate ale simulării comparabile cu rezultatele din cadrul organizației industriale, se realizează ultima parte a cercetării, identificarea concluziilor finale, care pot să acopere ipotezele emise complet sau doar parțial. Dacă concluziile acoperă doar parțial ipotezele emise, se pot creiona noi direcții de cercetare. Dacă concluziile acoperă complet ipotezele, rezultatele sunt comunicate prin intermediul acestei teze și pot fi aplicate în cadrul organizațiilor industriale.

Metoda de cercetare a fost completată pe parcursul cercetării și a celor cinci rapoarte de cercetare utilizând metoda hărților mentale (Anexa 2), propusă și dezvoltată și de autorii Ionescu N. și Vișan A. în cartea privind rezolvarea inventivă a problemelor (Ionescu & Vișan, 2016). Această metodă este cea care a permis, pornind de la obiectivul principal și obiectivele specifice ale proiectului de cercetare, dezvoltarea domeniilor de studiu pentru stadiul actual – zonele direct conectate cu obiectivul principal – pentru a creiona astfel firul logic al cercetării.



extras anexa 2 - prima pagina - Harta mentală utilizată în dezvoltarea cercetării

Fiecare cuvânt-cheie din fiecare raport a fost dezvoltat în direcții de cercetare și obiective de cercetare pentru raportul următor, și în final pentru constituirea firului logic al tezei. Metoda de cercetare este originală și concepută pentru teza de față, dar ea poate fi aplicată cu succes în orice proces de cercetare.

Capitolul 7 PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CERINTELOR PRODUSELOR STRUCTURALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

7.1 Interpretarea și operaționalizarea cerințelor calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic în contextul modelării proceselor

7.1.1 Cerințe ale calității produselor structurale metalice

În ceea ce privește ciclul de viață al aeronavelor, producătorii au stabilit un ciclu de viață de aproximativ 25-30 ani, raportându-se nu numai la cererea de pe piață, ci și la ciclurile de funcționare.

Termenul de *componentă structurală* este atribuit aceluși reper sau piesă care face parte din structura de rezistență a aeronavelor. Cerințele produselor structurale metalice pot fi grupate, așa cum poate fi observat în figura 7.1, în funcție de sursa acestora.

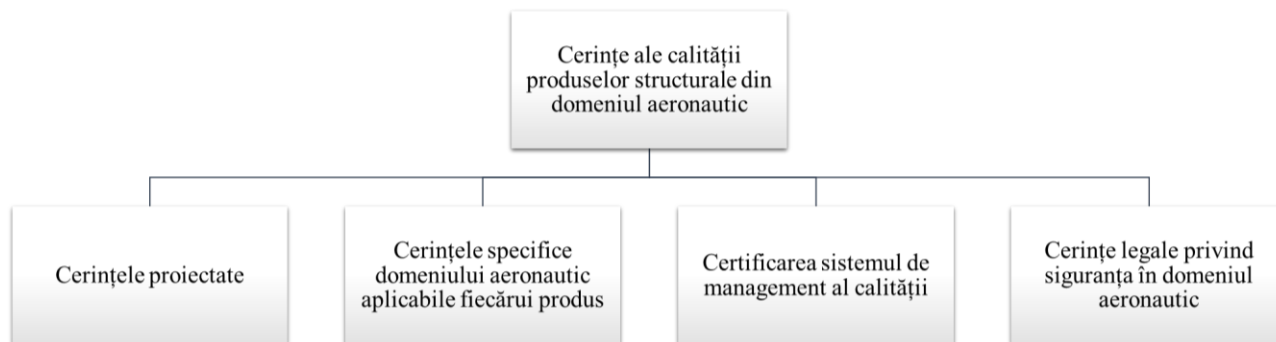


Fig. 7.3 Cerințe ale calității produselor structurale din domeniul aeronautic de nivel I

Cerințele proiectate ale fiecărui produs (Fig. 7.3) constituie acele cerințe ce țin de forma și funcționarea acestuia. Ele sunt corelate cu cerințele proceselor de producție, de asemenea proiectate în acest scop, astfel încât toate caracteristicile geometrice ale produselor să poată fi realizate prin procese de producție predefinite. Pentru a putea fi îndeplinit acest lucru, procesele de producție sunt controlate prin cerințe ale calității privind:

- tehnologiile de realizare a materialelor;
- procesele tehnologice de prelucrări mecanice;
- procesele tehnologice de tratament de suprafață;
- procesele de testare a materialelor utilizate în proceselor chimice;
- procesele tehnologice de asamblare;
- tehnologiile de inspecție și validarea cerințelor proiectate.

Cerințele specifice domeniului aeronautic (Fig. 7.3) pot fi considerate următoarele:

- certificarea secțiilor de producție în privința metodologiei de realizare a unor procese de producție pentru un anumit grup de produse, în raport cu standardele proiectate de producătorii de aeronave;
- certificarea sistemului de gestionare a datelor tehnice de-a lungul lanțului de furnizori. De exemplu, producătorul de aeronave Boeing cere tuturor furnizorilor să fie certificați DPD (<http://www.boeingssuppliers.com/>, 2020), asigurându-se astfel că cerințele produselor modelate în mediul 3D Catia V5 sunt identificate, realizate și verificate de furnizori. Aceste cerințe sunt definite conform standardului;
- Cerințe privind modul în care este realizată planificarea și fabricarea produselor.

Din cauza lanțului lung de furnizori din acest domeniu, producătorii aeronavelor impun fiecărui produs cerințe suplimentare față de cele proiectate. Aceste cerințe reprezintă condiția fiecărui furnizor pentru *certificarea sistemului de management al calității* și pentru *autorizația de producție* primită din partea agențiilor de certificare specifice domeniului (Fig. 7.3).

Având acest set de cerințe pentru fiecare produs în parte, organizațiile industriale trebuie să asigure o calitate de conformitate a produselor, în acest caz calitatea fiind definită ca o „*conformitate cu cerințele*” (Crosby, *Quality is free : if you understand it*, 1979). Conformitatea produsului realizat cu cerințele cerute de către client este dată de nivelul calității măsurate pentru fiecare cerință.

Pentru o mai bună înțelegere a cerințelor calității produselor prezentate mai sus, în figura 7.4 s-a realizat reprezentarea grafică a unei metode de cuantificare a calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic. Astfel, se poate observa că fiecare cerință, individual, face parte din calitatea finală a produsului. O dată ce fiecare cerință este realizată, prin procesele de producție și procesele conexe acesteia, calitatea produsului poate fi măsurată pentru fiecare cerință în parte, urmând să se valideze conformitatea cu cerințele inițiale.

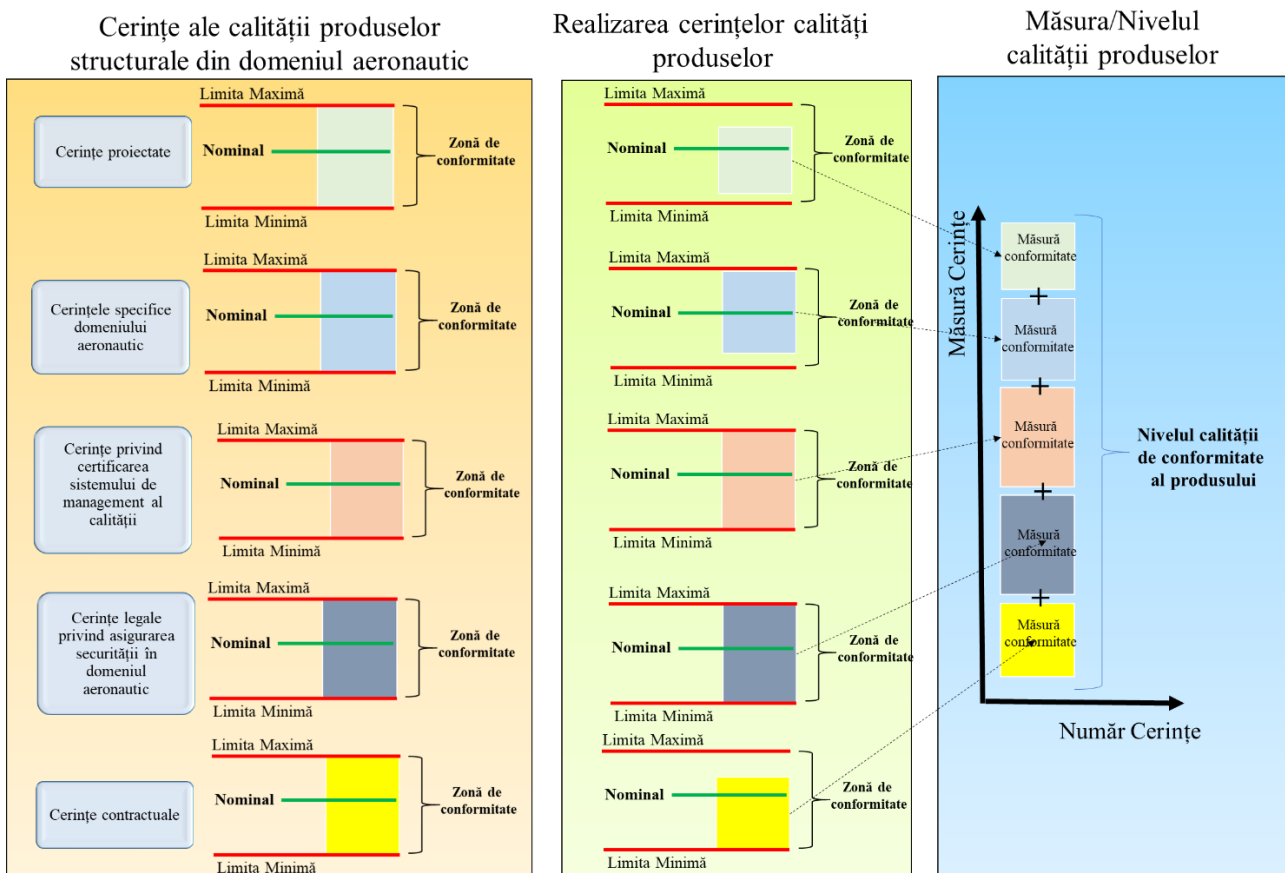


Fig. 7.4 Stabilirea nivelului calității produselor în funcție de nivelul calității cerințelor individuale (Țițu & Pop, *Approach to Product Quality Requirements in the Context of Aeronautical Domain Process Modeling*, 2021)

În această cercetare, se evidențiază importanța tuturor cerințelor unui produs, ca fiind un cumul de cerințe care trebuie respectat în totalitate. Altfel spus, **fiecare cerință în parte are o pondere în nivelul calității produsului final**. Toate aceste cerințe ce definesc calitatea produselor sunt abordate în organizațiile industriale prin prisma interpretării lor, folosind cunoștințele resurselor disponibile. Pentru o mai bună înțelegere a acestor cerințe, clasificarea lor face posibilă abordarea sistematică a studiului, cu scopul de a analiza procesul care se ocupă cu gestionarea lor în organizațiile industriale.

7.1.2 Tipuri de cerințe care definesc calitatea produsului

În literatura de specialitate s-au identificat mai multe explicații ale diverselor tipuri de cerințe, dar cea mai apropiată explicație de domeniul cercetării de față este aceea în care se afirmă că cerințele exprimate sunt acele cerințe care sunt transferate de la beneficiar la producător sub o formă *evidentă*.

Abordarea cerințelor neexprimate este un subiect ce implică nu doar cunoștințe tehnice din partea producătorilor, ci și cunoștințe socio-economice – necesare pentru a se reuși deducerea acelor cerințe ce nu sunt comunicate în mod explicit.

Cerințele măsurabile (fig. 7.7) sunt cerințele exprimate cel mai clar de către client către producător și nu dau posibilitatea interpretării. De asemenea, aceste cerințe sunt cel mai ușor de clarificat în procesul de gestionare al neconformităților.

Un exemplu concret privind cerințele nemăsurabile (fig. 7.8), este acela în care, pentru realizarea unui reper, clientul cere organizațiilor de producție să verifice dacă este respectată culoarea vopselei. În acest caz, chiar dacă codul de culoare și toate cerințele de producție a vopselei sunt respectate, pot exista diferențe de nuanță, interpretabile diferit de personalul care realizează inspecția. Aceste diferențe pot apărea chiar dacă sunt utilizate mostre primite de la clienți, datorită subiectivității metodei de inspecție.

7.2 Contribuții cu privire la încadrarea tipurilor de cerințe posibil a fi cuantificate în contextul cercetării

Experiența profesională a autorului acestei teze în gestionarea cerințelor calității produselor structurale metalice în implementarea acestora în procesele de producție într-o organizație industrială din domeniul aeronautic a dus la dezvoltarea unei perspective asupra modului în care aceste cerințe pot fi grupate.

Prin abordarea matriceală a cerințelor și defalcarea acestora pornind de la cel mai înalt nivel, am propus un model de analiză a cerințelor produselor, cu scopul de a permite organizațiilor industriale să cuantifice nivelul calității produselor. În aceeași măsură, metoda permite evaluarea tuturor cerințelor definite de client, sub aspectul tipului de cerință, cu scopul de a estima costurile de producție raportat la complexitatea fiecărei cerințe. Este evidențiată, totodată și ponderea diferită a cerințelor, în funcție de perspectiva asupra cerințelor produselor; altfel spus, pe diverse nivele de defalcare ponderea se schimbă, deci trebuie abordată într-un mod diferit.

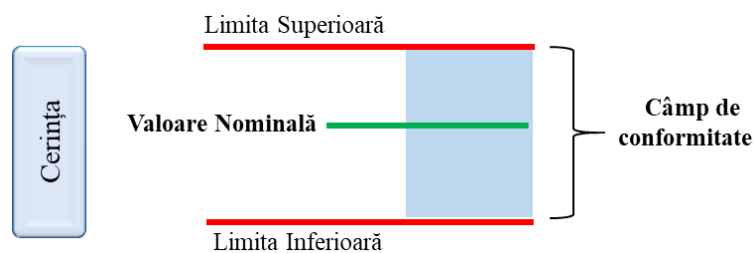


Fig. 7.7 Reprezentarea câmpului de conformitate a cerințelor măsurabile

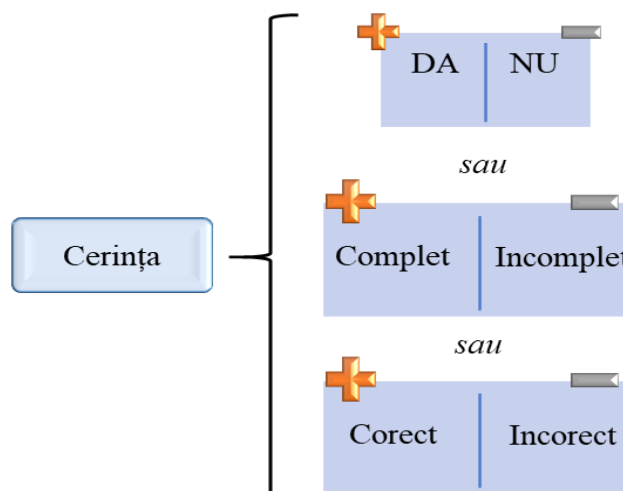


Fig. 7.8 Tipuri de cerințe nemăsurabile

Capitolul 8 METODE DE INTEGRARE A CERINȚELOR PRODUSELOR DIN DOMENIUL AERONAUTIC ÎN PROCESELE DE INGINERIE

8.1 Metode de integrare a cerințelor produselor structurale metalice

În cadrul acestei cercetări, cuantificarea calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic se consideră că fiind constituită din totalitatea cerințelor produsului, exprimate sau neexprimate. Pentru a atinge nivelul maxim al calității produsului, și anume 100%, fiecare cerință care alcătuiește acest întreg trebuie respectată. Justificarea acestei abordări este dată de faptul că un produs este declarat ca fiind neconform chiar dacă o singură cerință nu este respectată, indiferent de tipul acesteia. Chiar dacă unele cerințe sunt îndeplinite foarte precis, dar o singură cerință nu este respectată, produsul tot este considerat ca fiind neconform.

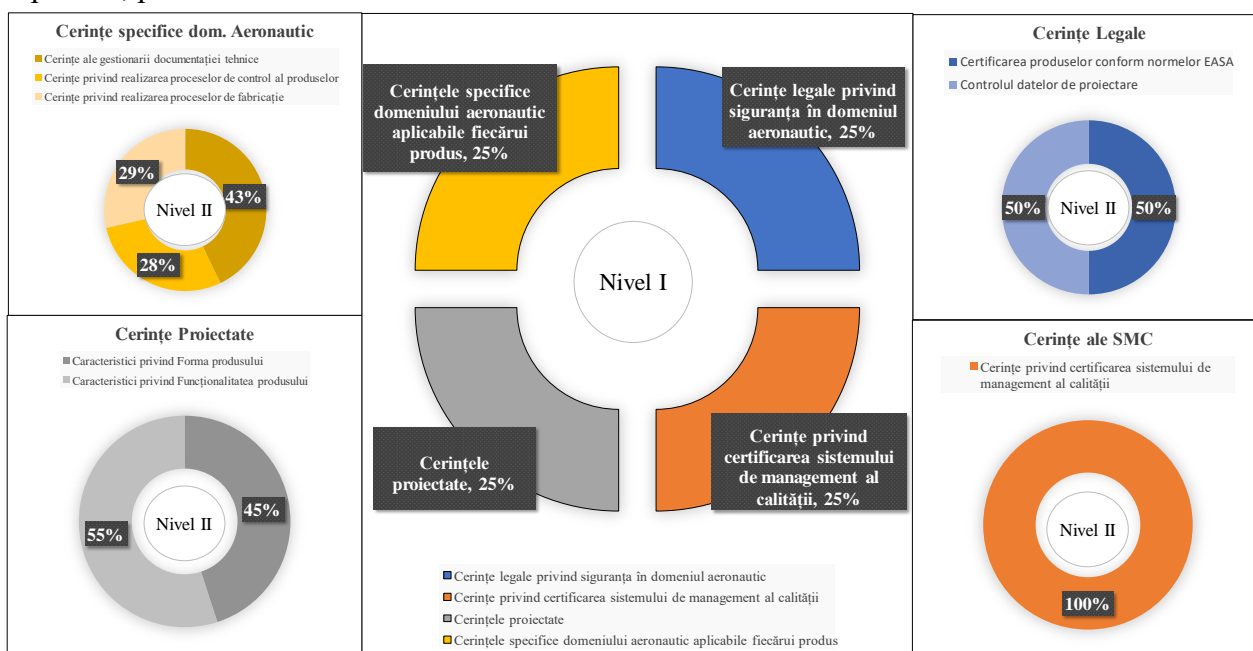


Fig. 8.1 Distribuția procentuală a cerințelor produselor structurale din industria aeronautică de nivel I și II

În figura 8.1 este prezentată o abordare proprie asupra importanței cerințelor calității produselor structurale din industria aeronautică, fiind evidențiate diverse perspective generate de diferite tipuri de cerințe și nivelele de defalcare ale acestora. Pe baza detalierii cerințelor pe diferite nivele, se poate obține o distribuție procentuală a fiecărei cerințe. Se poate observa că, pentru fiecare produs în parte, cerințele generale privind sistemul de management al calității și cele legale privind siguranța în domeniul aeronautic ocupă un procent de 50% din totalul cerințelor produselor.

Metoda de analiză a tuturor cerințelor calității produselor pe nivele ierarhice, folosind metoda proporțiilor pentru înțelegerea nivelului de impact asupra calității finale a produselor realizate, pune la dispoziție organizațiilor industriale din domeniul aeronautic o cale spre implementarea conceptului „zero defecte”. Mai mult decât atât, managementul organizațiilor are posibilitatea de a evalua nivelul de efort necesar pentru implementarea acestor cerințe și de asemenea de a lua deciziile potrivite.

Disponând de metoda de analiză a cerințelor calității produselor, poate fi abordat următorul pas, și anume integrarea cerințelor produselor în procesele de producție. Acest lucru se realizează prin intermediul proceselor de inginerie, în funcție de capacitățile și capacitățile organizațiilor.

Procesele de producție pentru componentele structurale metalice în industria aeronautică sunt clasificate în funcție de tehnologia de producție aplicată.

Tendențele actuale în domeniul ingineriei, de virtualizare a documentației tehnice proiectate și a celei de producție, duc la adaptarea proceselor de inginerie și a metodelor de integrare a cerințelor în procesele de producție.

În acest capitol sunt prezentate metode aplicate în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic în procesul global de inginerie și de asemenea integrate în sistemul de management al calității. Totuși, nevoia de îmbunătățire există și poate fi realizată printr-o cercetare mai detaliată a modului de gestionare a cerințelor și a procesului de transformare al acestora. În continuare, cercetarea va viza analiza și mai detaliată a acestor cerințe, respectiv a proceselor de inginerie.

8.2 Matricea de influență (cerințe versus livrabilele procesului global de inginerie)

Dezvoltarea matricei de influență oferă organizațiilor industriale posibilitatea de a înțelege cât mai corect aplicabilitatea cerințelor produselor în procesele care intră în alcătuirea procesului global de inginerie. Integrarea controlului cerințelor în procedurile și instrucțiunile de lucru este de asemenea mult mai facil, datorită vizibilității generate de acest mod de cartare a cerințelor.

Rezultatele demonstrează faptul că unele cerințe sunt general aplicabile tuturor proceselor de inginerie, motiv pentru care implementarea unor metode de control al acestora în sistemul de management al calității devine evident.

Valorile procentuale ale nivelului de influență a cerințelor calității asupra proceselor de inginerie au fost calculate prin formula (8.1) pentru un număr de 23 de livrabile ale procesului global de inginerie.

$$N_{inf}(\text{nivel de influență})\% = \frac{[(1 \cdot L_1) + (1 \cdot L_2) + \dots + (1 \cdot L_n)]/100}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} \quad (8.1)$$

Analiza interacțiunii dintre cerințele calității produselor și livrabilele proceselor de inginerie a dus la stabilirea legăturilor și a influențelor acestora în primele etape de implementare a produselor în procesele de producție din cadrul organizației.

În domeniul industrial, stabilirea unor metode de măsurare a proceselor este o practică foarte des întâlnită. Această nevoie apare din necesitatea evaluării continue a fiecărei activități desfășurate în cadrul proceselor, în raport cu planificarea calității. În acest context, activitățile proceselor de inginerie necesită a fi evaluate și măsurate. Identificând acele cerințe ale calității produselor care au influența cea mai mare asupra proceselor de inginerie, se poate considera ca evaluarea conformității acestor cerințe în procesele de producție reprezintă măsura calității proceselor de inginerie.

Complexitatea analizei tuturor proceselor de inginerie din cadrul procesului global de inginerie este cu atât mai mare cu cât se abordează mai multe detalii ale acestor procese, respectiv interacțiunile dintre cerințe și livrabile. De asemenea, pentru generarea livrabilelor este de interes abordarea mecanismelor care stau la baza generării lor. În cazul acelor procese de producție unde livrabilele sunt produsele, adică obiecte concrete, palpabile, mecanismele sunt bine cunoscute. În cazul proceselor de inginerie, mecanismele se bazează pe cunoștințe, mod de gândire (luarea deciziilor), cultura organizațională etc.

Metodele de analiză a proceselor și mecanismelor acestora sunt foarte variate, de la metode simple cum ar fi schițe cu blocuri și săgeți de conexiune până la metode de analiză folosind diagrame complexe și simboluri specifice pe tipuri de activități, baze de date utilizate etc. Dintre toate aceste

metode am ales o metodă vizuală și în același timp suficient de detaliată, care utilizează diagrame și fluxuri logice, reprezentarea mecanismelor și a metodelor de control pe fiecare proces, respectiv activitate. Această metodă, care ajută la crearea unor modele funcționale pentru procesele analizate, este prezentată și aplicată în următorul capitol.

Capitolul 9 PROPUNEREA UNUI MODEL GLOBAL DE ANALIZĂ A CUNOȘTINȚELOR IMPLICATE ÎN PROCESUL GLOBAL DE INGINERIE

9.1 Model de analiză a cunoștințelor într-o organizație industrială

Abordarea capitalului intelectual din cadrul unor organizații industriale este un subiect destul de complex, iar majoritatea cercetărilor din acest domeniu menționează necesitatea identificării particularităților studiului în analiza capitalului intelectual. Astfel, abordarea în această cercetare se concentrează pe analiza capitalului intelectual care există și este utilizat în procesul global de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic.

Procesul global de inginerie, fiind un proces funcțional în organizația industrială studiată și integrat într-un sistem de management al calității, poate fi considerat ca fiind „înghețat”, adică un proces ce nu poate fi modificat decât printr-un proces de îmbunătățire, conform cerințelor sistemului de management al calității. Totuși, orice proces poate fi îmbunătățit continuu, prin ameliorarea sau dezvoltarea capitalului intelectual utilizat în acel proces.

Procesele de inginerie din cadrul organizațiilor industriale funcționează pe baza unui mecanism bazat pe un capital intelectual orientat înspre domeniul tehnic și software. Complementar acestor domenii, influență mare în funcționarea proceselor au cunoștințele privind procesele din cadrul sistemului de management al calității și cunoștințele de comunicare. Odată ce s-a stabilit tipul cunoștințelor din procesul global de inginerie pe care le evaluăm, se poate propune un model de analiză având ca scop identificarea tuturor cunoștințelor implicate în transformarea cerințelor calității produselor.

Modelul propus în această cercetare este acela de a detalia procesele ce au loc în organizația industrială, de la nivelul procesului global, integrat în sistemul de management al calității, până la nivelul activităților realizate pentru fiecare proces individual. Astfel, având informații privind toate activitățile, cu intrările și ieșirile lor, se poate identifica tipul și cunoștințele necesare pentru executarea activității, respectiv pentru generarea ieșirii. fiecărei activități luate individual.

În urma aplicării modelului de analiză a procesului global de inginerie (Pop & Țîțu, 2021), s-au identificat cunoștințele necesare realizării activităților. Acestea au fost grupate în patru categorii (Fig.9.2).

Odată ce s-au stabilit tipurile de cunoștințe utilizate în general în procesul global de inginerie, următorul pas abordat va fi analiza activităților care generează livrabilele cu impactul cel mai mare

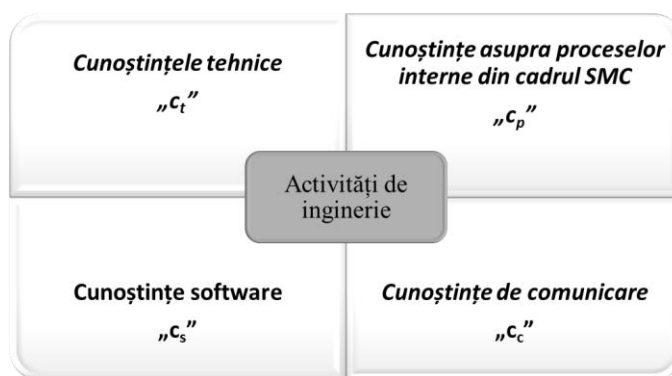


Fig. 9.2 Tipuri de cunoștințe implicate în activitățile de inginerie

asupra întregului proces, respectiv asupra cerințelor calității produselor. Modelul propus de analiză, evaluare și corelare a cunoștințelor implicate în procesul global de inginerie urmărește identificarea distribuției tipurilor de cunoștințe în proces și evidențierea acelor cunoștințe cu impactul cel mai mare asupra procesului, respectiv asupra cerințelor calității produselor gestionate de acest proces.

9.2 Analiza și structurarea activităților proceselor de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic

Datorită volumului mare de informații privind aceste activități, s-a elaborat un model de codificare a informațiilor, cu rolul de a ajuta cercetătorul în identificarea activităților pe parcursul cercetării. Codul fiecărei activități este alocat conform tabelului 9.3, identificând fiecare activitate cu procesul, respectiv grupul de procese din care face parte. O metodă similară de codificare a livrabililor este prezentată în tabelul 9.4.

Tab 9.3 Codificarea activităților

Exemplu	G1	.1	.1	.A	1
Secvență cod	1	2	3	4	5
Descriere	Grup de procese	Număr proces	Număr subproces	Activitate	Numărul secvențial al activității

Tab. 9.4 Codificarea livrabililor

Exemplu	G1	.1	.1	.L	1
Secvență cod	1	2	3	4	5
Descriere	Grup de procese	Număr proces	Număr subproces	Livrabilă	Numărul secvențial al livrabilei

Rezultatul studiului asupra procesului global de inginerie, așa cum este prezentat în tabelul 9.5 și în Anexa 3, evidențiază volumul mare de activități ce se desfășoară în cadrul organizației.

Tab. 9.5 Centralizator al conținutului procesului global de inginerie

Grup Procese	Procese	Subprocese	Activități	Livrabile
3	8	19	70	23

Tab. 9.6 Codificarea tipurilor de cunoștințe implicate în procesul global de inginerie

Categorie	Tip	Serial (numeric)
C- cunoștință	TG – cunoștință tehnică generală	1...n
	TProdus – cunoștință tehnică de produs	
	TProces – cunoștință tehnică de proces specifică domeniul aeronautic	
	P – cunoștințe asupra procesului intern din cadrul SMC	
	S – cunoștințe privind utilizare aplicațiilor software	
C- cunoștințe privind tehnicile de comunicare		

Următorul nivel de detaliere al proceselor de inginerie a fost acela în care pentru fiecare activitate au fost identificate tipurile de cunoștințe necesare realizării ei. Astfel, pentru fiecare categorie de cunoștință s-a alocat un cod, conform exemplului din tabelul 9.6, codificarea având ca scop acela de a identifica diversele tipuri de cunoștințe, atât în modelarea grafică, cât și în cea matematică.

Identificarea tipurilor de cunoștințe s-a realizat prin intermediul analizei procedurilor și instrucțiunilor de lucru din cadrul procesului global de inginerie. Funcționarea procesului global de

inginerie, în cadrul organizațiilor industriale cu domeniul de activitate în prelucrarea componentelor structurale din domeniul aeronautic, se bazează pe cunoștințele resurselor implicate în acest proces. Nivelul cunoștințelor disponibile în proces la un moment dat are impact direct asupra produselor, acestea fiind rezultatul punerii în practică a procesului de gândire bazat pe cunoștințe.

Pentru o mai bună înțelegere a modului în care sunt implicate cunoștințele în activitățile componente ale procesului global de inginerie, în urma studiului acestui proces s-a identificat pentru fiecare activitate individuală cunoștințele implicate. Abordând fiecare subproces cu activitățile sale componente, se poate observa varietatea cunoștințelor tehnice implicate și de asemenea prezența fiecărei categorii de cunoștințe.

În Anexa 4 sunt prezentate, pentru fiecare activitate din cadrul tuturor subproceselor, cunoștințele implicate în realizarea activităților, așa cum au fost identificate în cadrul procesului global de inginerie. Această matrice a cunoștințelor implicate în procesul global de inginerie pentru fiecare activitate individuală creează posibilități de evaluare și îmbunătățire a procesului din diverse perspective cum ar fi:

- ridicarea nivelului cunoștințelor din cadrul organizațiilor industriale;
- identificarea rapidă a deficitului de cunoștințe atunci când produsele noi aduc cu sine cerințe noi în cadrul organizațiilor industriale;
- crearea unei perspective asupra capitalului intelectual existent și al celui ce urmează a fi dezvoltat.

Capitolul 10 MODELAREA PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC

10.1 Procesele de inginerie integrate în procesul global de inginerie

Scopul proceselor de inginerie în cadrul organizațiilor industriale este acela de a asigura proiectarea tehnologiei de producție care să asigure respectarea cerințelor calității produselor, așa cum sunt ele cerute de clienți. Procesele de inginerie acoperă toate activitățile necesare implementării în producție a produselor noi și în același timp participă activ în proiectele de îmbunătățire care sunt direct legate de procesele de producție.

Totuși, cercetarea de față a izvorât din nevoia de a analiza și detalia acest proces, urmărind mecanismele de transformare a cerințelor calității în livrabile. Această nevoie este raportată la impactul pe care livrabilele procesului îl au asupra calității produsului atât din punct de vedere calitativ, cât și economic.

10.2 Modelarea grafică a procesului folosind metodologia IDEF0

10.2.1 Generalități privind metodele IDEF

IDEF0 este o metodologie de modelare funcțională a proceselor de afaceri, cu scopul de fi analizate, dezvoltate, regândite și integrate. De asemenea, IDEF0 poate fi definită ca o modelare grafică a unui sistem cu scopul de a crea un model funcțional care să descrie atât funcțiile sistemului, cât și structura acestuia. În aceeași măsură, sunt evidențiate fluxul informațiilor și al materialelor care leagă funcțiile sistemului.

10.2.2 Aplicarea metodei IDEF0 în modelarea procesului global de inginerie din cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic

În cadrul organizațiilor, printre multe alte atribuții de bază, funcțiile de management implică și funcția de întreținere a sistemelor. Pentru a putea întreține un sistem, managerii trebuie să îl cunoască atât din perspectivă generală, cât și în detaliu. Pentru a ajunge la detaliile unui sistem, metodologia de modelare a funcțiilor sistemului prin metoda IDEF este una din tehnicile cele mai la îndemână.

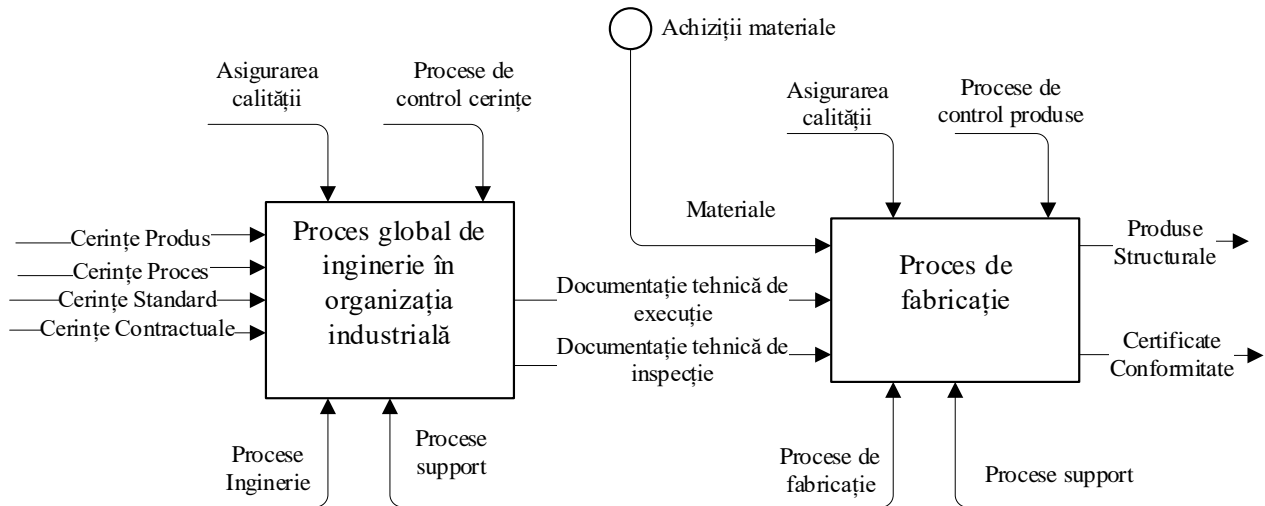


Fig. 10.7 Model funcțional pentru procesul global de inginerie și procesul de producție

Metoda foarte generală (harta proceselor) definită de standardul sistemului de management al calității permite vizualizarea proceselor la nivel global, dar nu și vizualizarea detaliilor proceselor și interacțiunilor acestora în cadrul sistemului.

Procesul abordat pentru acest studiu, și anume procesul global de inginerie, este precedent proceselor de producție, motiv pentru care impactul său asupra produsului final din punct de vedere al calității este major. Așa cum se poate observa în figura 10.7, procesele de producție din cadrul proceselor operaționale execută cerințele tehnice interne generate de procesul global de inginerie, motiv pentru care orice deviație a interpretării cerințelor în acest proces va duce la realizarea unor produse neconforme.

Pentru realizarea produselor și certificarea lor, procesele de producție au nevoie, ca intrare, de materiale și documentație tehnică de execuție și inspecție. Folosind ca mecanism procesele de producție și pe cele suport,

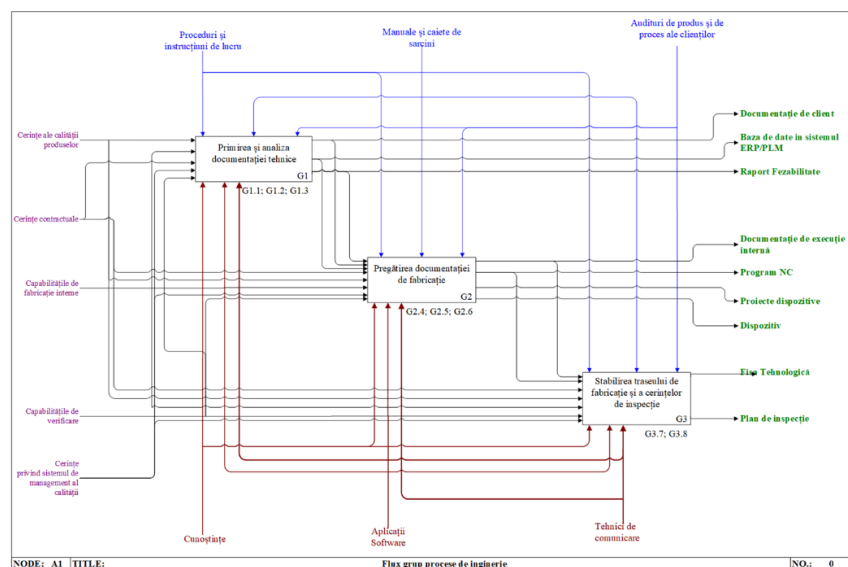


Fig. 10.11 Model funcțional al grupurilor de procese de nivel I al procesului global de inginerie

sub controlul proceselor de control și asigurare a calității produselor, se realizează produse conforme. Pentru a putea fi utilizată în producție, documentația tehnică de execuție și cea de inspecție trebuie să parcurgă procesul global de inginerie. Elementele de intrare ale acestui proces sunt cumulul cerințelor produselor, proceselor, ale standardelor internaționale și ale celor contractuale. Toate acestea, prin mecanismul proceselor componente ale procesului global și sub controlul proceselor specifice de control al cerințelor și asigurarea calității, creează ieșirile mai sus menționate pentru fabricația produselor.

Metodele de control joacă un rol important în cadrul acestui proces, motiv pentru care nivelul de detaliere a interpretării cerințelor produselor trebuie să fie în relație directă cu nivelul de cunoștințe ale resurselor care realizează acest proces.

În cercetarea de față, metoda de modelare descrisă aici (fig. 10.11) a fost aplicată tuturor proceselor, subproceselor și activităților acestora, după același model. Așa s-au obținut modele grafice funcționale de transformare a cerințelor calității produselor în livrabile. Toate acestea se regăsesc în Anexa 5.

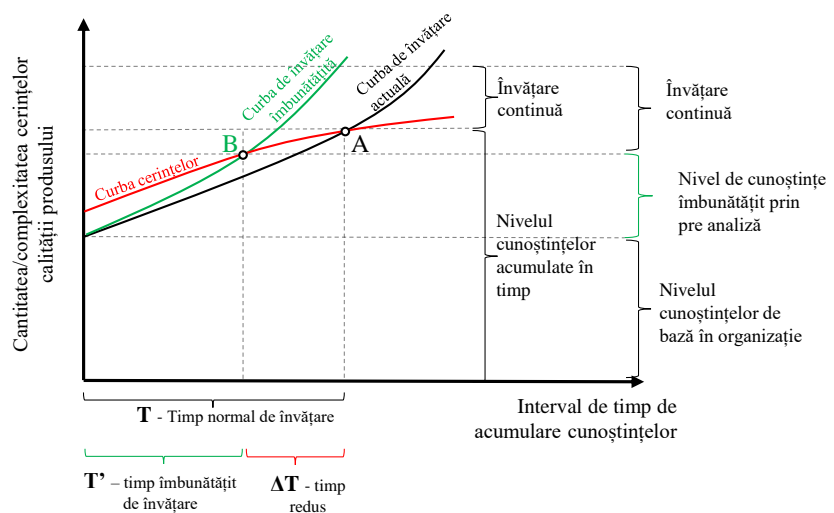
Capitolul 11 CORELAREA CERINȚELOR CALITĂȚII PRODUSELOR STRUCTURALE METALICE CU CUNOȘTINȚELE PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE DIN CADRUL UNEI ORGANIZAȚII INDUSTRIALE DIN DOMENIUL AERONAUTIC

11.1 Evaluarea cunoștințelor implicate în procesul global de inginerie și corelarea acestora cu cerințele calității produselor

Organizațiile industriale, indiferent de domeniul lor de activitate, au nevoie de o perioadă de timp pentru a reuși să acumuleze cunoștințele necesare înțelegerii și interpretării cerințelor calității produselor.

Așa cum se poate observa și în figura 11.1, această perioadă de timp poate varia în funcție de nivelul cunoștințelor de bază și de complexitatea cerințelor calității produselor. În această

- A – Punctul în care nivelul cunoștințelor acumulate în timpul normal de învățare acoperă cerințele calității
B – Punctul în care nivelul cunoștințelor acumulate în timpul îmbunătățit de învățare acoperă cerințele calității



cercetare se pune problema identificării unei posibilități de îmbunătățire a cunoștințelor existente în cadrul organizațiilor industriale, într-un interval de timp mai scurt și cu o eficiență mai mare. În figura 11.1 se poate observa punctul A ca fiind punctul de intersecție între curba cerințelor calității produselor și curba de învățare. În acest punct, după parcurgerea unui interval de timp T , nivelul cunoștințelor din cadrul organizației este egal cu cerințele calității produselor. Reducerea timpului de învățare ΔT la intervalul T' mai scurt se poate realiza doar prin optimizarea modului de acumulare a

cunoștințelor în cadrul organizațiilor. Doar așa se poate obține punctul de intersecție al curbei cerințelor calității produselor cu curba de învățare îmbunătățită la un interval de timp mai mic, T' . De aici se poate deduce că momentul în care cerințele sunt corelate cu cunoștințele organizației este critic pentru reducerea tipului de asimilare a acestora. Eficiența acestei corelări este direct legată de nivelul de detaliere a cerințelor, respectiv a cunoștințelor, într-un interval de timp cât mai scurt.

Cerințele calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic, abordate în această cercetare, acoperă toate cerințele comune ale acestor tipuri de produse. Dintre cele cinci niveluri de detaliere a cerințelor, cele de pe ultimul nivel sunt considerate a fi corelate cu cunoștințele procesului global de inginerie.

11.2 Folosirea graficelor spațiale și diagramelor de dispersie în analiza corelării cerințelor calității și cunoștințele din cadrul procesului global de inginerie

Activitatea de analiză și corelare a cerințelor calității poate fi realizată prin diverse metode și tehnici de analiză. În subcapitolul precedent, metoda matricială și analiza frecvențelor interacțiunilor dintre cerințe și cunoștințe ne-a ajutat în emiterea unor concluzii. Totuși, factorii care afectează această corelație sunt mai mulți, iar analiza acestora concomitentă se poate realiza utilizând grafice spațiale. Pentru aceste analize s-a ales aplicația MODDE®, care face parte din suita de soluții de analize statistice Umetrics®. Utilizând aplicația MODDE®, pentru livrabila G1.1.1L1 s-a obținut grafic (Fig. 11.5) un rezultat al nivelului calității livrabilei care verifică ipoteza conform căreia între cerințe și cunoștințe există o corelație directă. Astfel, putem afirma că pentru obținerea unor produse de calitate este necesar ca atât nivelul calității cerințelor, cât și nivelul cunoștințelor din cadrul proceselor de inginerie să fie ridicate.

În capitolul următor, s-a realizat modelul matematic al acestei corelații, cu scopul de a propune un mod de calcul indirect al calității produsului prin calcularea directă a livrabilelor proceselor de inginerie.

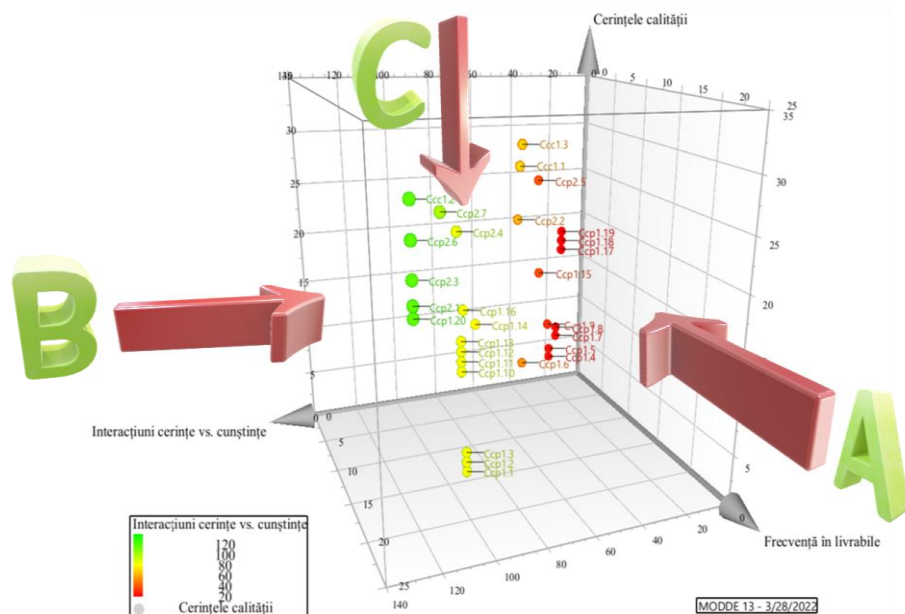


Fig. 11.5 Diagrama de dispersie a cerințelor calității în raport cu frecvența în livrabile și interacțiunea cu cunoștințele

Capitolul 12 MODELAREA MATEMATICĂ A PROCESULUI GLOBAL DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC

12.1 Construirea modelului matematic pentru procesul global de inginerie

Modelarea matematică a procesului global de inginerie s-a realizat cu scopul de a evalua nivelul calității tuturor livrabilelor acestuia în raport cu cerințele calității produsului. Modelarea s-a realizat pe baza corelării cerințelor calității produselor cu cunoștințele necesare proceselor de inginerie. Utilizând modelarea IDEF0 pentru realizarea modelului funcțional grafic (Fig. 12.1), modelul matematic propus în această cercetare descrie funcția de transformare a acestui model (12.1):

$$\text{Livrabilele}_{1-n} = \text{Cerințe ale calității}_{1-n} \cdot \text{Cunoștințe}_{1-n} \quad (12.1)$$

unde:

*Livrabilele*_{1-n} reprezintă cumulul livrabilelor procesului global de inginerie;

*Cerințe ale calității*_{1-n} – cumulul cerințelor calității produselor;

*Cunoștințe*_{1-n} – cumulul cunoștințelor implicate în procesului global de inginerie.

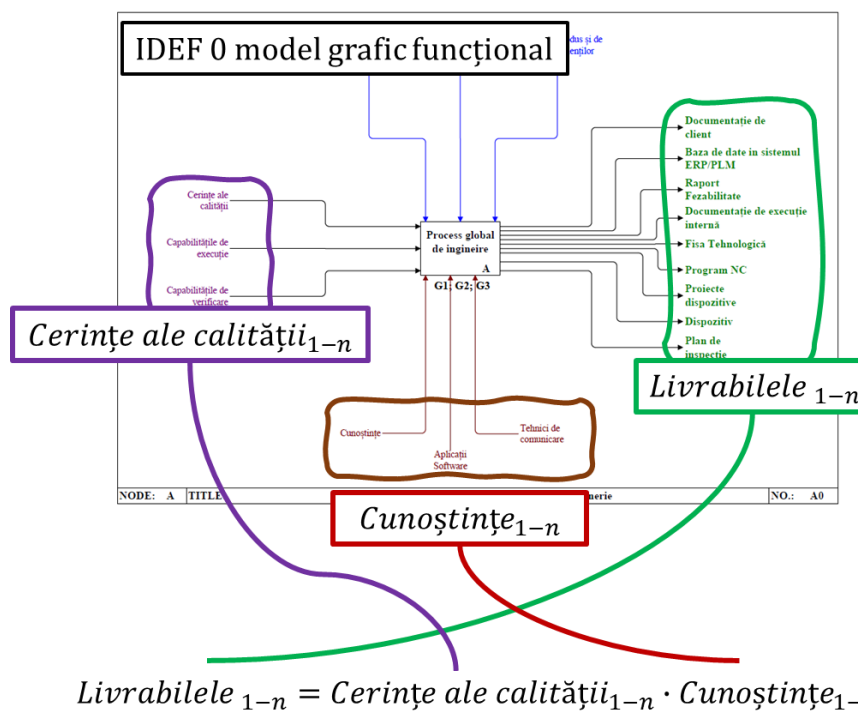


Fig. 12.1 Construirea modelului matematic pe baza modelului grafic funcțional

În continuare am realizat modelarea matematică pentru fiecare livrabilă rezultată din fiecare subproces, luând în considerare intrările și factorii de influență individuali, și anume cunoștințele implicate în întreg procesul. Secvența de abordare a livrabilelor se face în mod logic, de la prima etapă a procesului până la ultima etapă.

Primul subproces abordat este G1.1.1 – *primirea și înregistrarea documentației*, al cărui livrabilă este G1.1.1.L1 sau *documentația tehnică de produs înregistrată în PLM*. Putem astfel considera că livrabila este o funcție de transformare a cerințelor calității produsului prin activitățile componente ale subprocesului (12.2):

$$G1.1.1.L1 = f[(Cc_{p1} \cdot G1.1.1_{A1...A4}), (Cc_{p2} \cdot G1.1.1_{A1...A4}), (Cc_c \cdot G1.1.1_{A1...A4})] \quad (12.2)$$

unde:

G1.1.1_{A1...A4} reprezintă cumulumul activităților componente ale subprocesului G1.1.1.

Dorind să aflăm gradul de influență al activităților asupra livrabilei, putem exprima ecuația matematică a acestui cumul de activități prin stabilirea ponderilor de influență ale cunoștințelor fiecare activități utilizând ecuația mediei ponderate, astfel:

$$G1.1.1_{A1...A4} = \frac{((G1.1.1.A1 \cdot p_1) + (G1.1.1.A2 \cdot p_2) + (G1.1.1.A3 \cdot p_3) + (G1.1.1.A4 \cdot p_4))}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4} \quad (12.3)$$

unde:

G1.1.1.A1 reprezintă activitatea „*accesarea documentației tehnice a produsului în sistemul clientului*”;

G1.1.1.A2 – activitatea „*descărcarea fișierelor și salvarea în locația potrivită, în rețeaua internă*”;

G1.1.1.A3 – activitatea „*înregistrarea documentației tehnice în aplicația internă PLM și sortarea documentelor d.p.d.v. al tipului de document*”;

G1.1.1.A4 – activitatea „*comunicarea confirmării înregistrării documentelor tehnice în sistemul PLM*”;

$p_{1...4}$ – ponderile numerelor valorilor termenilor din ecuația (12.3) unde $p_n \in R$.

Fiecare activitate fiind realizată pe baza cunoștințelor implicate în aceasta, putem considera activitatea exprimată printr-o ecuație matematică ca fiind produsul procentual al cunoștințelor implicate.

...

Datorită nivelului de influență ridicat asupra calității produsului, s-a considerat oportună simularea aplicării acestui model matematic asupra unei livrabilei „G1.3.1.L1 - Model 3D”, livrabilă utilizată pe scară largă în cadrul organizației studiate. Această simulare este prezentată în subcapitolul următor.

12.2 Simularea modelului matematic identificat folosind evaluările cunoștințelor pentru livrabila „G1.3.1.L1 - Model 3D”

În cadrul procesului global de inginerie, „pregătirea modelului 3D” reprezintă un pas cu factor de impact foarte mare, datorită faptului că livrabila acestuia reprezintă modelul virtual al produsului ce urmează a fi realizat. Acest model 3D este utilizat ca referință în toate subprocesele următoare. În această etapă, cerințele proiectate (geometrice) ale calității produsului, așa cum sunt primite de la client, sunt transferate în mediul virtual. Importanța înțelegerii nivelului de cunoștințe din acest subproces și a impactului pe care acestea îl pot avea asupra proceselor de producție, respectiv asupra calității produsului, poate fi demonstrată prin rezultatele simulării modelului matematic identificat în acest studiu.

Matricea de corelare a cerințelor calității produselor cu cunoștințele implicate în procesul global de inginerie ne permite identificarea acelor cerințe, respectiv cunoștințe necesare pentru realizarea chestionarelor de evaluare. Această evaluare are ca scop identificarea stadiului nivelului cunoștințelor specifice și în același timp al celor de bază direct conectate cu cerințele calității produselor structurale.

...

Pe baza modelării matematice a procesului global de inginerie, ecuația livrabilei subprocesului G1.3.1 este exprimată prin ecuația (12.20):

$$G1.3.1.L1 = f[(G1.2.2.L1 \cdot G1.3.1_{A1...A4}), (G1.2.2.L2 \cdot G1.3.1_{A1...A4}), (G1.2.3.L1 \cdot G1.3.1_{A1...A4}), (CC_{P1} \cdot G1.3.1_{A1...A4}), (CC_{P2} \cdot G1.3.1_{A1...A4}), (CC_C \cdot G1.3.1_{A1...A4})] \quad (12.20)$$

unde parametrii de intrare sunt cerințele calității produsului și livrabilele subproceselor anterioare:

- $CC_{p1} = 1$ înseamnă cerințe ale calității produsului conforme în procent de 100%;
- $CC_{p2} = 1$ înseamnă cerințe ale calității procesului conforme în procent de 100%;
- $CC_c = 1$ înseamnă cerințe ale calității contractuale conforme în procent de 100%;
- $G1.2.2.L1 = 1$ înseamnă informațiile tehnice de produs corespunzătoare fiecărui produs conforme în procent de 100%;
- $G1.2.2.L2 = 1$ înseamnă informațiile privind materialul necesar pentru realizarea produsului conforme în procent de 100%;
- $G1.2.3.L1 = 1$ înseamnă documentația tehnică de produs atașată fiecărui produs din sistemul ERP conforme în procent de 100%.

Având valorile cunoștințelor obținute prin evaluare, putem simula modelul matematic identificat. Înlocuind coeficienții ecuațiilor tipurilor de cunoștințe pentru fiecare activitate, respectiv ponderile valorilor obținute, obținem media ponderată a cunoștințelor implicate în realizarea activităților. Această pondere poate fi considerată ca fiind valoarea de impact al cunoștințelor asupra ieșirilor corespunzătoare fiecărei activități din cadrul subprocesului.

...

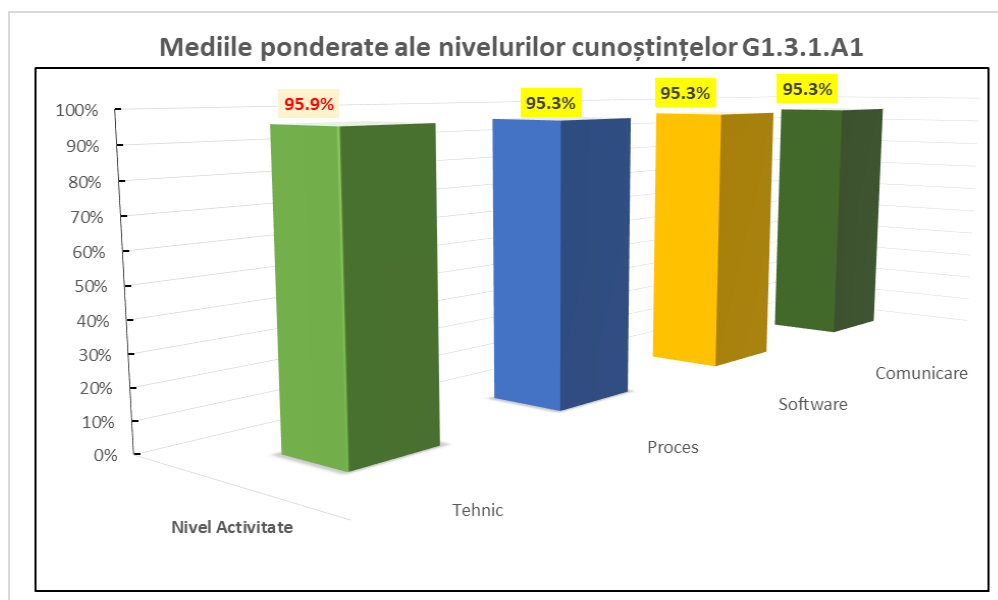


Fig. 12.3 Distribuția nivelurilor cunoștințelor implicate în activitatea G1.3.1.A1

Așa cum reiese și din figura 12.3, se poate observa că nivelul cunoștințelor tehnice au ponderea ce mai mare în cadrul acestei activități, aspect foarte important de luat în considerare pentru faptul că livrabila acestui proces (stabilirea documentelor tehnice aplicabile produsului) este cu

preponderență tehnică, ceea ce în domeniul în discuție, datorită distribuției informațiilor de realizare a produselor în multiple documente, este foarte important.

...

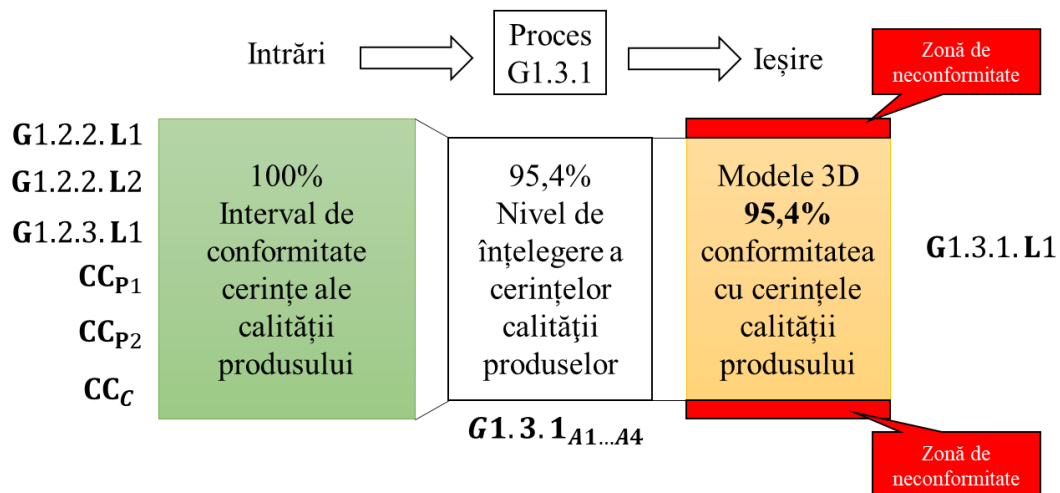


Fig. 12.7 Reprezentarea grafică a rezultatului funcției livrabilei G1.3.1.L1

Rezultatul obținut în urma simulării modelului matematic poate fi reprezentat grafic ca în figura 12.7, unde se poate observa că fiecare intrare a acestui subproces este transformată prin intermediul cunoștințelor implicate în procent de 95.4%. Astfel, intrările subprocesului, reprezentate de cerințele calității produsului, specifice acestui subproces, sunt considerate a fi 100% conforme; prin intermediul unui nivel de cunoștințe aferente de aproximativ 95,4%, se pot obține livrabile conforme în procent de 95.4%. Abordând acest rezultat din perspectiva organizațiilor industriale, se interpretează ca probabilitatea de a obține livrabile neconforme să fie de aproximativ 4.5% (zona roșie). Valoarea obținută poate fi utilizată în cadrul organizațiilor industriale pentru evaluarea ratei de eroare a livrabilelor. Aceasta reprezintă numărul de livrabile neconforme raportată la un număr de livrabile realizate. Modelul matematic identificat simulează această rată de eroare prin media ponderată, obținând o valoare procentuală. Astfel, indiferent de numărul de livrabile ce trebuie realizate, rata de eroare poate fi transformată în număr de livrabile posibil neconforme.

Această metodă de evaluare, respectiv de simulare a capacității resurselor din cadrul subprocesului de a gestiona cerințele calității produselor, poate fi utilizată în organizațiile industriale din domeniul aeronautic pentru evaluări anticipate a calității produselor ce urmează a fi realizate, implicit pentru realizarea unor planuri de prevenire a neconformităților.

Capitolul 13 VALIDAREA MODELULUI MATEMATIC PENTRU LIVRABILA „MODELUL 3D” ȘI APLICABILITATEA SA ÎN MEDIUL ECONOMIC

13.1 Evaluarea impactului proceselor de inginerie într-o organizație industrială

Pentru a demonstra rezultatul obținut prin simularea modelului matematic identificat, au fost colectate date reale dintr-o organizație industrială din domeniul aeronautic privind generarea livrabilei „model 3D” în cadrul procesului global de inginerie.

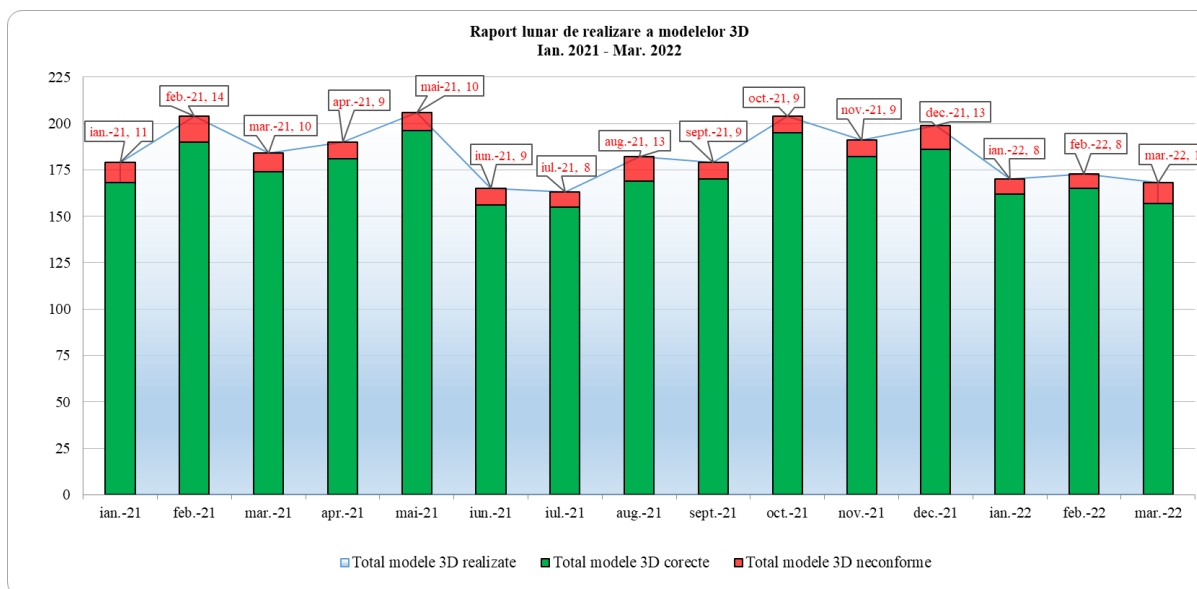


Fig. 13.1 Raport lunar de realizare a modelelor 3D, într-o organizație industrială

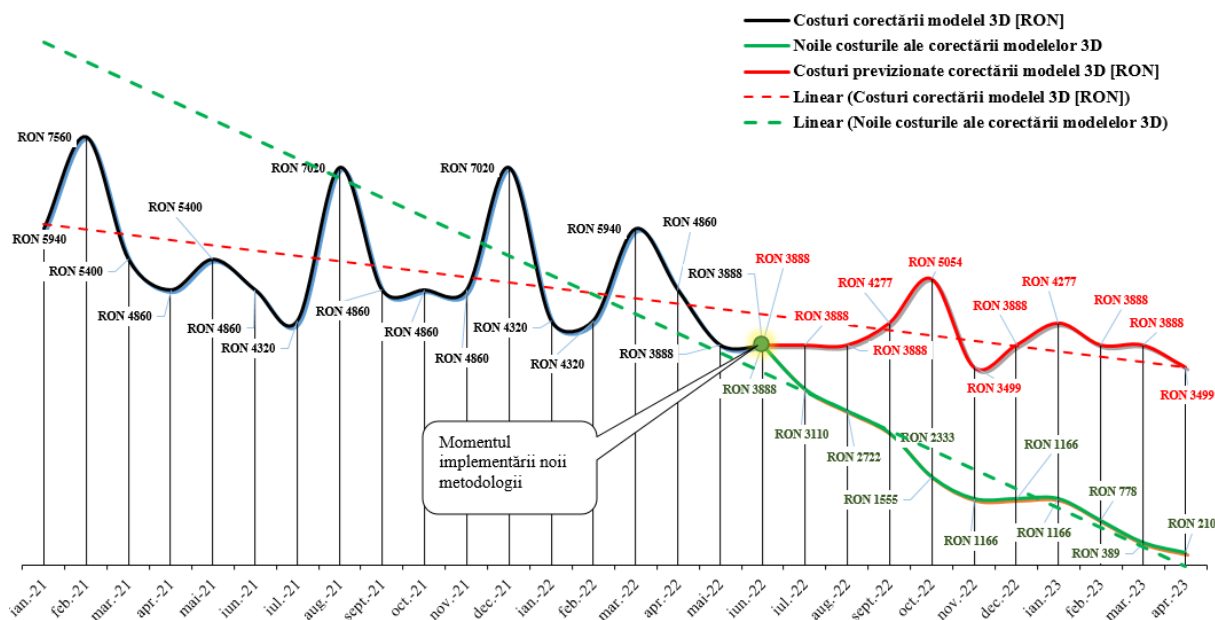


Fig. 13.4 Comparație privind costurile estimate ale corectării modelelor 3D dintre metoda

În figura 13.1 sunt reprezentate numărul total de modele 3D realizate în fiecare lună, respectiv numărul de modele 3D declarate intern ca fiind neconforme, reprezentat cu roșu, și numărul total de modele 3D corecte. Rezultatul de aproximativ 5% de produse neconforme validează rezultatul obținut prin simularea matematică. Analizând datele privind realizarea modelelor 3D din perspectiva

costurilor, putem evidenția și mai clar impactul erorilor generate de insuficiența cunoștințelor resursei umane din cadrul unei organizații.

În figura 13.4 este prezentată o comparație a costurilor estimate de corectare a modelelor 3D folosind metoda existentă de reducere a costurilor (curba roșie din figura 13.4) și cea în care metodologia identificată în acest proiect de cercetare (curba verde din figura 13.4). Așa cum se poate observa în figura 13.4, folosind metodologia dezvoltată în acest raport, de abordare a îmbunătățirii cunoștințelor în raport direct cu cerințele calității produselor, timpul necesar de reducere a costurilor este de aproximativ 10 luni față de aproximativ 49 de luni, care ar fi timpul necesar reducerii costurilor folosind procesul de învățare actual. Această metodă de analiză este o metodă de management comună în cadrul organizațiilor industriale, în special în perioadele în care sunt stabilite bugetele anuale, cele de proiecte și de asemenea pentru planificarea unor proiecte de îmbunătățire.

Analizele de costuri efectuate demonstrează în mod evident că îmbunătățirea cunoștințelor resurselor implicate în procesul global de inginerie are un impact major asupra organizațiilor industriale.

13.2 Propunerea unei metodologii de implementare a modelului dezvoltat

Metodologia dezvoltată în această cercetare poate fi aplicată în orice organizație industrială sau, mai larg, în orice organizație care gestionează cerințe ale calității produselor prin diverse procese interne ce folosesc în mod uzual ca resursă principală cunoștințele, la modul global capitalul intelectual.

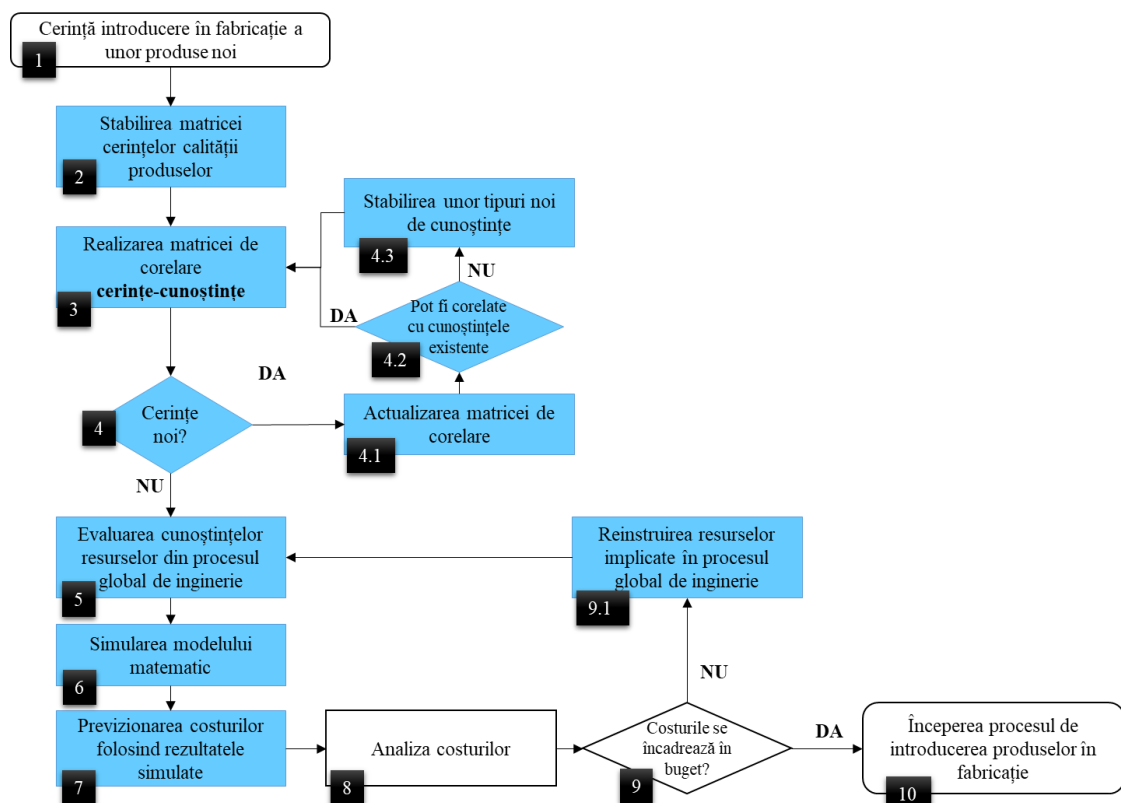


Fig. 13.7 Fluxul metodologiei de îmbunătățire a calității produselor prin corelarea directă a cerințelor calității produselor cu cunoștințele existente la nivelul organizației

În figura 13.1 este prezentat modul în care metodologia descrisă de noi poate fi utilizată în procesele organizațiilor industriale, în faza de introducere a produselor în producție, mai specific în momentul deciziilor de management privind evaluările costurilor necesare respectiv planificării

realizării acestor produse. Instrumentele identificate împreună cu fluxul de aplicare al acestei metodologii, reprezintă de fapt scopul cercetării de față, care, împreună cu concluziile din capitolul următor, au constituit baza pentru prezenta teză de doctorat.

Capitolul 14 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PRINCIPALE PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI MODEL DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A CALITĂȚII PRODUSELOR ȘI EFICIENTIZAREA PROCESELOR DE INGINERIE ÎNTR-O ORGANIZAȚIE INDUSTRIALĂ DIN DOMENIUL AERONAUTIC

Concluzii generale

Obiectivul general al aceste cercetări, privind îmbunătățirea calității produselor prin eficientizarea calității proceselor de producție a fost realizat în mod indirect, prin îmbunătățirea livrabilelor utilizate în procesele de producție. Livrabilele sunt rezultatul transformării cerințelor calității produselor de către procesele de inginerie, prin intermediul capitalului intelectual care le-a fost alocat.

Pentru a localiza cât mai corect această sursă de îmbunătățire a calității, s-a realizat un studiu al cunoașterii în domeniu pe parcursul a patru capitole din partea I a acestei teze.

Astfel, în capitolul 1 s-a analizat stadiul actual al organizațiilor industriale și modul lor de structurare, reușind să identificăm o serie de tipuri de organizații și tendințele actuale privind dezvoltarea acestora. A fost menționat și evidențiat modul în care funcționează organizațiile, ce reprezintă organizațiile industriale, cum se dezvoltă organizațiile folosind capitalul intelectual și ce este ceea ce cercetătorii menționează ca fiind organizația viitorului.

Pornind de la aceste expuneri ale cunoașterii în domeniul organizațiilor industriale și având la bază interesul profesional al cercetătorului pentru domeniul industrial aeronautic, pe parcursul capitolului 2 s-a creionat un stadiu actual al cunoașterii în acest domeniu.

Abordarea evoluției istorice a complexității aeronavelor a dus la prezentarea dezvoltării în timp a cerințelor calității produselor ce sunt gestionate de organizațiile industriale din acest domeniu. În paralel cu creșterea complexității aeronavelor, respectiv a componentelor acestora, creșterea cererii de piață a numărului de aeronave a dus la globalizarea proceselor de producție a componentelor. Aceste două aspecte identificate arată efortul suplimentar la care sunt supuse organizațiilor industriale de producție din acest domeniu.

Efortul suplimentar generat de complexitatea și volumul cerințelor calității produselor are un impact direct asupra calității acestora, motiv pentru care pe parcursul capitolului 3 s-a realizat un studiu asupra calității și percepțelor calității în zilele noastre. Utilizând studiul bibliografiei specifice domeniului, am identificat concepte general aplicabile, indiferent de domeniul de activitate. Majoritatea lucrărilor din domeniu reamintesc definiții ale calității și importanța unui sistem de management al calității în cadrul organizațiilor, al cărui scop este de a asigura că organizațiile înțeleg pe deplin ce reprezintă calitatea. La rândul său, conceptul calității totale explică suficient de detaliat și de logic importanța calității, dar este destul de dificil de implementat în totalitate în organizațiile industriale. Succesul organizațiilor din acest punct de vedere depinde de nivelul de implementare al calității, motiv pentru care și cercetarea de față are ca scop, alături de toate celelalte din domeniu, evidențierea modului cum calitatea poate fi evaluată și ameliorată.

Îmbunătățirea calității unui produs poate fi realizată prin abordarea îmbunătățirii mecanismului care realizează respectivul produs. În cadrul organizațiilor, aceste mecanisme sunt reprezentate de procese. Analiza stadiului actual al managementului proceselor în cadrul organizațiilor, prezentată în capitolul 4, are ca scop evidențierea similitudinilor între diversele organizații privind tipul proceselor și managementul acestor, indiferent de natura lor.

Metodele de modelare a proceselor și importanța hărții proceselor reprezintă un procedeu deosebit de important în concepția acestei cercetări. Importanța lor este dată de faptul că prin aceste procese poate fi vizualizată și înțeleasă funcționarea întregului mecanism al organizației, asemănător unor circuite electrice conectate pentru un singur scop. Cartarea proceselor organizațiilor, rezultatul fiind așa-numita *hartă a proceselor*, reprezintă o cerință de bază în standardul sistemului de management al calității, fiind utilizat și de organizațiile de auditare pentru înțelegerea funcționării organizațiilor.

De asemenea, această hartă a proceselor demonstrează că fiecare proces din cadrul organizației are un impact asupra calității finale a produselor. Din perspectiva ansamblului proceselor, impactul maxim asupra calității va fi regăsit la procesele cu cele mai multe conexiuni sau, altfel spus, la procesele de tip nod în sistemul organizației. Această perspectivă asupra nivelului de impact asupra calității produselor a fost și punctul de pornire al cercetării de față.

Tot ca parte a stadiului actual, în capitolul 4 s-a realizat un studiu privind modul de organizare a proceselor într-o organizație de tip actual – ceea ce reprezintă practic stadiul actual al sistemului de management al calității într-o organizație. De asemenea, reprezintă și stadiul actual al proceselor și modul în care acestea sunt gestionate pentru obținerea unor produse de calitate.

Deși sistemul de management al calității este certificat, iar produsele realizate sunt aduse la nivelul calității cerut de clienți, efortul și costurile necesare sunt destul de ridicate; de aici nevoia de a aborda îmbunătățirea calității proceselor ca mijloc pentru îmbunătățirea calității produselor.

Abordarea stadiului actual a pornit de la perspective mai generale asupra domeniului industrial și s-a concentrat apoi spre zona studiată, creând posibilitatea de a evidenția firul logic și de a direcționa cercetarea spre obiectivul propus. Concluzii mai detaliate asupra stadiului actual sunt prezentate în capitolul 5.

În partea a doua a tezei, obiectivul principal al cercetării a fost dezvoltat în raport cu direcțiile de cercetare propuse. Obiectivele specifice au fost definite astfel încât întregul studiu să fie abordat parcurgând un flux logic. În același mod, metodologia de cercetare oferă imaginea de ansamblu a procesului de cercetare.

Complementar metodologiei de cercetare în șase pași, a fost utilizată metoda hărților mentale, prezentată în capitolul 6 al acestei teze. Metoda pune la dispoziție cercetătorului posibilitatea de a urmări simultan mai multe subiecte, ale căror rezultate converg spre același scop.

Capitolul 7 constituie rezultatul studiului privind variația cerințelor calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic utilizate în organizația industrială studiată. Structurarea cerințelor pe nivele de detaliere se bazează pe analiza a peste 15.000 de repere implementate în procesul de producție pe parcursul a aproximativ nouă ani.

În capitolul 8, având rezultatul analizei cerințelor calității produselor, a fost realizat un studiu privind metodele de utilizare a cerințelor în cadrul organizației. Scopul urmărit a fost acela de a identifica interacțiunile dintre cerințele calității și livrabilele proceselor din cadrul organizației. Analiza a fost aplicată asupra proceselor de inginerie din cadrul organizației, dat fiind că acestea au

fost identificate anterior ca fiind nodurile de conexiune pentru transferul cerințelor dinspre client spre procesele de producție din interiorul organizației.

Identificarea interacțiunilor dintre cerințele calității și livrabilele proceselor de inginerie reprezintă doar o etapă privind îmbunătățirea calității produselor. Aceste interacțiuni nu fac decât să localizeze punctele cu impactul cel mai mare, unde efortul de îmbunătățire ar avea rezultate maxime. Următoarea etapă logică a fost să studiem modul de funcționare al proceselor de inginerie în momentul transformării cerințelor în livrabile, adică să identificăm mecanismele acestor procese.

În capitolul 9, identificând mecanismele proceselor de inginerie ca fiind cunoștințele aplicate în timpul realizării activităților, s-a realizat un model care permite identificarea cunoștințelor pentru toate procesele de inginerie și activitățile componente. Astfel s-a realizat un model matricial de structurare a cunoștințelor pentru fiecare activitate din cadrul proceselor de inginerie.

Din cauza volumului mare de combinații dintre procese, subproces, activități, livrabile și cunoștințe, rezultatul analizei cunoștințelor implicate în procesele de inginerie a adus cercetarea într-un punct în care abordarea îmbunătățirii calității produselor devenea dificil de abordat. Din acest motiv s-a apelat la un studiu privind metodele de modelare și simulare a proceselor, cea mai adecvată fiind considerată metodologia IDEF0.

Metodologia IDEF0 a fost concepută pentru modelarea și simularea sistemelor complexe și pe mai multe nivele, în funcție de scopul urmărit. În capitolul 10 am realizat modelarea grafică a proceselor de inginerie, pornind de la realizarea modelului funcțional simplificat al organizației până la modelarea grafică a activităților din cadrul proceselor de inginerie, evidențiind intrările, ieșirile, mecanismele și controalele fiecărei activități.

Rezultatele interacțiunilor dintre cerințele calității și cunoștințele proceselor de inginerie în procesul de realizare a livrabilelor, realizate prin cele două metode, matricială și grafică, au fost apoi analizate și din punct de vedere statistic, cu scopul de a confirma corelația dintre cerințe și cunoștințe. Astfel, în capitolul 11 a fost realizată o corelare grafică, identificând cerințele și cunoștințele cu impactul cel mai mare asupra calității produselor. Realizarea graficelor de suprafețe și dispersie a interacțiunilor confirmă corelația direct existentă între cerințe și cunoștințe.

Din nevoia modelării matematice a acestei corelații, s-a propus în capitolul 12 un model matematic care permite calcularea nivelului de calitate al livrabilelor fiecărui proces în funcție de ponderea nivelului de calitate al cerințelor privind calitatea produselor, respectiv a cunoștințelor din procesele de inginerie. Modelul matematic a fost realizat pentru fiecare livrabilă a procesului global de inginerie, luând de asemenea în considerare și nivelul calculat al calității livrabilelor utilizate în alte livrabile din procese precedente.

Ultima parte a cercetării noastre, prezentate în capitolul 13, propune o simulare a modelului matematic și validarea rezultatelor acestuia prin comparație cu date reale din cadrul organizației industriale studiate. Simularea modelului matematic s-a bazat pe evaluarea cunoștințelor din cadrul unui proces special ales, pe baza unui chestionar dezvoltat în cadrul acestei cercetări. Rezultatul simulării fiind foarte apropiat de datele reale din cadrul organizației, concluzia ce se impune este că modelul matematic este unul valid, ce poate fi utilizat în contextul organizației studiate.

De asemenea, tot în capitolul 13 s-a procedat la o serie de considerații de natură economică, urmărind să evidențiem că îmbunătățirea nivelului cunoștințelor în cadrul organizațiilor crește nivelul calității produselor.

Contribuții originale

Contribuțiile originale ale tezei de față, din care mare parte au fost diseminate pe parcursul programului de cercetare prin publicații științifice, sunt:

- S-a realizat un studiu asupra stadiului actual al cunoștințelor în domeniul industrial aeronautic, urmărind dezvoltarea complexității și volumului cerințelor calității produselor structurale metalice din structura aeronavelor;
- S-a realizat o analiză a sistemului de management al calității în cadrul unei organizații industriale din domeniul aeronautic și identificarea zonelor de îmbunătățire în raport cu conceptele calității;
- Au fost cartate procesele de inginerie din cadrul organizației industriale și au fost grupate în baza rolului lor, sub umbrela unui singur proces, numit proces global de inginerie. Astfel, pentru organizația studiată, s-au identificat trei grupuri de procese, 8 procese, 19 subprocesse, 70 activități necesare pentru realizarea a 23 de livrabile.
- S-a realizat un model matricial de analiză a calității produselor structurale metalice, aplicabil tuturor componentelor metalice din componența aeronavelor.
- S-a realizat un model de identificare a nivelurilor de importanță a cerințelor calității produselor din multiple perspective, în funcție de nivelul de detaliere al acestora.
- S-a realizat un model matricial de analiză al procesului global de inginerie, pornind de la grupuri de procese până la nivelul activităților, respectiv al cunoștințelor necesare fiecărei activități în parte, în contextul subprocesului în care sunt utilizate.
- S-a propus un model de identificare a cunoștințelor aplicate în activitățile procesului global de inginerie. Astfel, s-au identificat patru grupuri de cunoștințe, și anume:
 - cunoștințe tehnice, din care:
 - 25 de tipuri de cunoștințe tehnice generale;
 - 11 tipuri de cunoștințe tehnice specifice produselor structurale metalice din domeniul aeronautic;
 - 4 tipuri de cunoștințe tehnice specifice proceselor de producție din domeniul aeronautic;
 - cunoștințe privind procesele de producție specifice domeniul aeronautic, 20 de tipuri.
 - cunoștințe software, 9 tipuri;
 - cunoștințe de comunicare internă sau externă, 3 tipuri.
- Au fost identificate tipurile de cunoștințe cel mai des aplicate la nivelul întregului proces global de inginerie. Din interacțiunile acestora cu cerințele calității, au putut fi stabilite procesele ce pot fi îmbunătățite în cel mai scurt timp și cu rezultatele cele mai evidente.
- S-a stabilit corelația între cerințele calității și cunoștințele din procesele de inginerie, utilizând metode multiple (matricială și statistică).
- S-a realizat o modelare grafică a proceselor de inginerie integrate în procesul global de inginerie, folosind metodologia IDEF0. Nivelul de detaliere a acestei modelări a fost dus până

la activitățile și cunoștințele care fac ca aceste procese să genereze livrabile necesare pentru procesele de producție.

- S-a realizat și propus un model matematic de calcul al nivelului calității livrabilelor procesului de inginerie cu impact direct asupra nivelului calității produselor realizate pe baza acestora în procesele de producție. Această modelare matematică s-a realizat pentru toate cele 23 de livrabile ale procesului global de inginerie.
- S-a realizat un chestionar de evaluarea a cunoștințelor din procesele de inginerie direct conectat cu cerințele calității produselor structurale metalice din domeniul aeronautic.
- Modelul matematic propus a fost simulat și validat cu date din cadrul organizației studiate, privind nivelul calității livrabilei modelul 3D virtual al produsului.
- A fost realizată o metodologie de abordare a îmbunătățirii calității produselor prin corelarea cerințelor calității cu cunoștințele din procesele de inginerie. Această metodologie a fost aplicată parțial în timpul cercetării de către autor, obținându-se rezultate pozitive.
- S-a realizat o analiză economică a rezultatului posibil în urma aplicării acestei metodologii în procesul de îmbunătățire continuă.

Direcții ulterioare de cercetare

- Aplicarea modelului de analiză a cerințelor calității produselor pentru alte tipuri de produse din domeniul industriale similare celui aeronautic, cu scopul de a identifica nivelele de influență cele mai mari asupra proceselor de producție în procesul de îmbunătățire continuă.
- Continuarea dezvoltării modelului de analiza a cerințelor calității produselor pentru mai multe grupe de produse din domeniul aeronautic, în special pentru produse cu costuri ridicate.
- Analiza și identificarea altor procese de tip nod din cadrul SMC, similar proceselor de inginerie, pentru analiza mecanismelor acestora și stabilirea zonelor de abordat pentru îmbunătățirea calității, respectiv scăderea costurilor.
- Continuarea aplicării metodologiei IDEF în procesele de inginerie, având ca punct de pornire prima etapă a acestei metode, IDEF0, aplicată în teza de față. Realizarea simulării modelelor funcționale și compararea acestora cu rezultatul modelului matematic identificat în această teză.
- Dezvoltarea modelului matematic, astfel încât să fie luate în considerare și cunoștințele conexe celor tehnice, direct conectate cu cerințele calității produselor, așa cum sunt modelate grafic în modelele funcționale IDEF0.
- Realizarea simulărilor modelului matematic și pentru alte livrabile din cadrul procesului global de inginerie, rezultatele fiind apoi verificate cu datele reale din cadrul organizației, pentru validarea modelului matematic identificat.
- Analiza statistică a datelor obținute prin simularea modelului matematic, luând în considerare un interval de variație al nivelului calității cerințelor, respectiv al nivelului cunoștințelor în raport cu aceste cerințe, rezultate urmând a fi comparate cu cifrele reale din organizație.
- Dezvoltarea și implementarea metodologiei propuse în această teză și pentru alte tipuri de produse, respectiv alte domenii industriale.

Bibliografie

- 707/720 *COMMERCIAL TRANSPORT*. (2022, 01 16). Preluat de pe <https://www.boeing.com/history/products/707.page>:
https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/history/images/707_3.jpg
- AECMA. (1986). *A guide for the preparation of aircraft maintenance documentation in the international aerospace maintenance language*. Derby, UK: UK BDC Publishing Services.
- AIØ WIN® – *Activity Modeling & ABC*. (2022, 01 09). Preluat de pe www.kbsi.com:
<https://www.kbsi.com/aiowin/>
- Airbus A380. (2022, 01 16). Preluat de pe www.airbus.com: <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/passenger-aircraft/a380>
- Alblawi, A., M., N., & A., A. (2018). Application of systems engineering approach in senior design projects. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1151-1160. doi:doi: 10.1109/EDUCON.2018.8363360
- Alonso, U., Veiga, F., Suárez, A., & Artaza, T. (2020). Experimental Investigation of the Influence of Wire Arc Additive Manufacturing on the Machinability of Titanium Parts. *Metals 10, 1*, 24. doi:<https://doi.org/10.3390/met10010024>
- Alsaqaf, W., Daneva, M., & Wieringa, R. (2017). Quality Requirements in Large-Scale Distributed Agile Projects – A Systematic Literature Review. (P. A. Grünbacher P., Ed.) *Requirements Engineering: Foundation for Software Quality. Lecture Notes in Computer Science, 10153*. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-54045-0_17
- Alsaqaf, W., Maya, D., & Roel, W. (2019). Quality requirements challenges in the context of large-scale distributed agile: An empirical study. *Information and Software Technology, 110*, 39-55. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.01.009>
- Amladi, P. (2017). HR's guide to the digital transformation: ten digital economy use cases for transforming human resources in manufacturing. *Strategic HR Review, 16*(2), 66-70. doi:<https://doi.org/10.1108/SHR-12-2016-0110>
- (2016). *AS9100D : Quality Management Systems - Requirements for Aviation, Space and Defense Organizations*. SAE International.
- Bandara, W., Gable, G. G., & Rosemann, M. (2005). actors and measures of business process modelling: model building through a multiple case study. *European Journal of Information Systems, 347-360*.
- Boeing 747. (2022, 01 16). Preluat de pe www.historylink.org: <https://www.historylink.org/file/1181>
- Bolsinger, M. (2015). *Bringing value-based business process management to the operational process level* (Vol. Inf Syst E-Bus Manage 13). Preluat de pe <https://doi-org.am.e-nformation.ro/10.1007/s10257-014-0248-1>
- Bonțiu Pop, A. B., & Pop, G. I. (2010). Analysis on influence of the tool geometrical parameters on the cutting process using finite element simulation. *11th International Conference „Automation in Production Planning and Manufacturing“*, 203-207.
- Bonțiu Pop, A. B., & Pop, G. I. (2010). The Cutting Process Simulation Using Finite Element Analysis For Different Cutting Conditions. *The International Conference Of The Carpathian Euro-Region Specialists In Industrial Systems*, 35-41.
- Boyer, R. R. (1996). An overview on the use of titanium in the aerospace industry. *Materials Science and Engineering: A, 213*(1-2), 103-104. doi:[https://doi.org/10.1016/0921-5093\(96\)10233-1](https://doi.org/10.1016/0921-5093(96)10233-1)
- Brahmeswara Rao, D., Venkata Rao, K., & Gopala Krishna, A. (2018). A hybrid approach to multi response optimization of micro milling process parameters using Taguchi method based graph theory and matrix approach (GTMA) and utility concept. *Measurement, 120*, 43-51. doi:<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.02.005>
- Buhl, H., Roglinger, M., Stockl, S., & Braunwarth, K. (fără an). *Value orientation in process management-research gap and contribution to economically well-founded decisions in process management*. (Vol. Bus Inf Syst Eng 3(3)).

- Business Academy. (2021, 02 25). *5 principii ale unei organizații care învață*. Preluat de pe Business Academy: <https://www.business-academy.ro/5-principii-ale-unei-organizatii-care-invata>
- Cheol-Han, K., & Weston, R. (2003). The complementary use of IDEF and UML modelling approaches. *Computers in industry*, 35-36.
- Cioban, H., Dascalescu, C., Konyves, Z., Plavosin, D., Diciuc, V., Petrovan, A., & **Pop, G. I.** (2008). În *Studii Privind Utilizarea Aplicatiilor Software in Proiectarea Asistata de Calculator*. Baia Mare: Editura Universitatii de Nord.
- Claudia, R., & Jean, N. (2011). Learning from suppliers in the aerospace industry. *International Journal of Production Economics*, 129(2), 328-337. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.008>
- Conceptdraw IDEF0 Software*. (2022, 01 11). Preluat de pe www.conceptdraw.com: <https://www.conceptdraw.com/examples/idef-software-free>
- Crosby, P. (1962, 01 01). *Winter Park Public Library Digital Collection, The myths of zero defects*. (P. C. Inc., Ed.) Retrieved 11 12, 2018, from <http://www.wtpl.org>: <http://archive.wtpl.org/wphistory/PhilipCrosby/TheMythsOfZeroDefects.pdf>
- Crosby, P. (1979, 01 01). *Winter Park Public Library Digital Collection, Quality is free : if you understand it*. (Philip Crosby Associates II Inc., Ed.) Retrieved 11 12, 2018, from <http://www.wtpl.org>: <http://archive.wtpl.org/wphistory/PhilipCrosby/QualityIsFreeIfYouUnderstandIt.pdf>
- Cupșan, V. C., Țițu, A. M., & **Pop, G. I.** (2019). Enhancements to Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Method, Aiming to Improve Risk Management in the Knowledge-Based Organizations. *International conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION*, 25(1), 206-212. doi:<https://doi.org/10.2478/kbo-2019-0033>
- Cupșan, V., Țițu, A. M., & **Pop, G. I.** (2019). The influence of sulfuric acid anodizing electrochemical process on surface treatment adhesion. *Nonconventional Technologies Review*, 23(2), 35-40. Preluat de pe <http://www.revtn.ro/index.php/revtn/article/view/220/205>
- Dijkman, R., Vanderfeesten, I., & Reijers, H. A. (2011). *The Road to a Business Process Architecture: An Overview of Approaches and their Use*. Eindhoven, Netherlands: The Netherlands: Eindhoven University of Technology.
- Doicin, C., Rosu, M., Sokovic, M., & Kopac, J. (2008). Quality and cost in production management process. *Strojniški vestnik*, 54(3), 207-218.
- Dragomir, M. (2013). *Design, implementation and continual improvement of integrated management systems*. Cluj-Napoca: MEGA Publishing house.
- Dragomir, M., Bodi, Ș., Banyai, D., & Dragomir, D. (2015). Process improvements using simulation software and quality tools. *agomir, D. Banyai, D. Dragomir, Process improvements using simulation software and*, 808, 376-381.
- Drucker, P. (1988). The coming of the new organization. *Harvard Business Review*, 45-53.
- Drucker, P. (1992). The new society of organizations. *Harvard Business Review*, 97-104.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer.
- Early Flight*. (2022, 01 10). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Early_flight_02561u.jpg
- Edwald-Viktor, G., & Marian, M. (2017). Cei nouă piloni ai oii revoluției industriale - Industry 4.0. *A XVII-a Conferință internațională - multidisciplinară "Profesorul Dorin Pavel - fondatorul hidroenergeticii românești"*.
- Enhancing Small-Business Opportunities in the DoD - Scientific Figure on ResearchGate*. (2022, 01 12). Preluat de pe Researchgate: https://www.researchgate.net/figure/Boeings-787-Lean-Supply-Chain-Supplier-Partners_fig7_235147217
- Fernando, M. J., Manuel, O., & Morales-Palma, D. (2019). Preliminary ontology definition for aerospace assembly lines in Airbus using Models for Manufacturing methodology. *Procedia Manufacturing*, 28, 207-213. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.034>

- Fu, M., Wang, D., J., W., & Li, M. (2018). Modeling Method of Operational Task Combined with IDEF and UML. *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 1443-1447. doi:10.1109/IAEAC.2018.8577660
- Grendel, H., Larek, R., Riedel, F., & Wagner, J. (2017). Enabling manual assembly and integration of aerospace structures for Industry 4.0 - methods. *Procedia Manufacturing*, *14*, 30-37. doi:https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.11.004
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation*. New York: Harper Business.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928-3937. doi:10.1109/HICSS.2016.488
- History of aviation*. (2022, 01 13). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_aviation
- <http://www.boeingsuppliers.com/>. (2020, 08 30). Preluat de pe Boeing Suppliers: <http://www.boeingsuppliers.com/dpd.html>
- IDEF - The IDEF modeling languages*. (2022, 03 02). Preluat de pe Wikipedia.org: <https://en.wikipedia.org/wiki/IDEF>
- IDEF1 - Information Modeling Method*. (2022, 03 02). Preluat de pe Integrated DEFinition Methods (IDEF): https://www.idef.com/idef1-information_modeling_method/
- IDEF2_and_IDEF3*. (2022, 03 02). Preluat de pe Wwikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/IDEF#IDEF2_and_IDEF3
- IDEF3 - Process Description Capture Method*. (2022, 03 02). Preluat de pe Integrated DEFinition Methods (IDEF): <https://www.idef.com/idef3-process-description-capture-method/>
- IDEF4- Object-Oriented Design Method*. (2022, 03 02). Preluat de pe Integrated DEFinition Methods (IDEF): <https://www.idef.com/idef4-object-oriented-design-method/>
- IDEF5 - Ontology Description Capture Method*. (2022, 03 03). Preluat de pe Integrated DEFinition Methods (IDEF): <https://www.idef.com/idef5-ontology-description-capture-method/>
- IDEF6 - Integrated Definition for Design Rationale Capture*. (2022, 03 02). Preluat de pe Wikipedia.org: <https://en.wikipedia.org/wiki/IDEF6>
- IDEFØ-Function Modeling Method*. (2022, 03 02). Preluat de pe Integrated DEFinition Methods (IDEF): https://www.idef.com/idefo-function_modeling_method/
- Ionescu, N., & Vișan, A. (2016). *Teoria rezolvării inventive a problemelor*. București: Editura PRINTECH (Cod CNC SIS 54).
- ISO 9000:2015*. (2022, 01 30). Preluat de pe Quality management systems — Fundamentals and vocabulary: <https://www.iso.org/standard/45481.html>
- ISO 9001:2015*. (2022, 30 1). Preluat de pe [www.iso.org](https://www.iso.org/standard/62085.html): <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- ISO 9004:2018*. (2022, 30 1). Preluat de pe Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success: <https://www.iso.org/standard/70397.html>
- Jacobs, S. (1999). Introducing measurable quality requirements: a case study. *Proceedings IEEE International Symposium on Requirements Engineering (Cat. No.PR00188)*, 172-179. doi:doi: 10.1109/ISRE.1999.777997
- Jinlin, Z., Zhiqiang, G., Zhihuan, S., & Gao, F. (2018). Review and big data perspectives on robust data mining approaches for industrial process modeling with outliers and missing data. *Annual Reviews in Control*, *46*, 107-133. doi:https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.09.003
- Kazemzadeh, A., & Manteghi, M., & Tolouee Ashlaghi, A., & Jodey, J. (2020). Identification and Modeling of Effective factors in Designing the Process of Developing Aerospace Complex Products. *INNOVATION MANAGEMENT JOURNAL*, *9*(3), 37-77. doi:https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=811431
- Kelada, J. (1990). *La gestion integrale de la qualite. Pour une qualite totale*. Quebec: Ed. Quebec.
- Kesari, M., & Chang, S. S. (2003). A content analysis of the advantages and disadvantages of process modelling. *Edith Cowen University*, 1-11.

- Kim, H., Jo, Y., & Lee, D. (2021). R&D, Marketing, Strategic Planning, or Human Resources? Which CEO Career Is Most Helpful for the Economic Sustainability of ICT Startups in South Korea? *Sustainability* 13, 5, 2729. doi:<https://doi.org/10.3390/su13052729>
- Kock, N. (2006). *Systems Analysis and Design Fundamentals: A Business Process Redesign Approach*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Kovrigin, E., & Vasiliev, V. (2020). Trends in the development of a digital quality management system in the aerospace industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 868. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/868/1/012011>
- Kumar, A. (2018). *Business Process Management, First Edition*. New York: Routledge: Taylor & Francis Group.
- Le Moigne, J. (1994). *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*. Marseille: Université d'Aix Marseille.
- Li, C., Yang, J., Meng, C., & Xiang, J. (fără an). Functional Modeling of Mechanical Scanning Radar Based on IDEF0 Method. *Journal of Physics: Conference Series* 2020, 1654, 28-30.
- Li, O., Feng, P., Zeng, L., Xu, C., & Zhang, J. (2018). Path planning method for on-machine inspection of aerospace structures based on adjacent feature graph. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 54, 17-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.05.006>
- Li, W., Zhao, C., & Gao, F. (2018). Linearity Evaluation and Variable Subset Partition Based Hierarchical Process Modeling and Monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(3), 2683-2692. doi:doi: 10.1109/TIE.2017.2745452
- Liu, X., Zhang, Y., Wang, H., Qiu, L., & Liu, S. (1999). Research on CAD system functional model based on IDEF0. *Journal of Hefei University of Technology (Natural Science Edition)*, 6, 3-5.
- Lobonțiu, M., Bonțiu Pop, A. B., & Pop, G. I. (2009). The current stage of the cutting process simulation. *Mechanical Engineering Letters, Szent István University, Gödöllő, Hungary*, 2, 139-146.
- Lobonțiu, M., Pop, G. I., & Bonțiu Pop, A. B. (2009). Aspects regarding the simulation and the application of the finite element analysis in the designing process of the resistance structure of the Adipur waste water treatment plants. *Mechanical Engineering Letters, Szent István University, Gödöllő, Hungary*, 2, 61-69.
- Malinova, M., & Mendling, J. (2013). The Effect Of Process Map Design Quality On Process Management Success. *ECIS 2013 Completed Research*, 160. Preluat de pe http://aisel.aisnet.org/ecis2013_cr/160
- Malinova, M., Leopold, H., & Mendling, J. (2003). *An Empirical Investigation on the Design of Process Architectures*. Leipzig, Germany.
- Mariam, A., Olga, D., & Irina, G. (2017). Intersubjective management in aerospace engineering. *MATEC Web Conf.*, 102. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201710201002>
- Masten Scott, E., Meehan James, W. J., & Snyder Edward, A. (1991). The Costs of Organization. *Journal of Law, Economics & Organization* 7, 1, 1-25.
- Masten, S. E. (1984). The Organization of Production: Evidence from the Aerospace Industry. *Journal of Law & Economics* 27, 2, 403.
- McDonnell Douglas - *Commerical Aircraft History*. (2022, 01 16). Preluat de pe <http://www.mdc.com>: <http://www.mdc.com/version2/history/graphics/histlarg/hist087b.jpg>
- Mendes, S. (2013). *Quality Management Systems*. In: Bento F., Esteves S., Agarwal A. (eds) *Quality Management in ART Clinics*. Boston: Springer.
- Microsoft Visio. (2022, 02 11). Preluat de pe www.microsoft.com: <https://www.microsoft.com/en-ww/microsoft-365/visio/flowchart-software>
- modificat după - *Aerospace Manufacturer*. (2022, 02 18). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Aerospace_manufacturer

- modificat după - Global Air Traffic - Scheduled Passengers 2004-2022.* (2021, 12 18). Preluat de pe Statista.com: <https://www.statista.com/statistics/564717/airline-industry-passenger-traffic-globally/>
- Moody, D. L. (2009). The "Physics" of Notations: Towards a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*(35), 756-778.
- N'Cho, U. (2017). Contribution of talent analytics in change management within project management organizations The case of the French aerospace sector. *Procedia Computer Science, 121*, 625-629. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.082>
- North American X-15 High-Speed Research Aircraft.* (2022, 02 25). Preluat de pe Aerospaceweb: <http://www.aerospaceweb.org/aircraft/research/x15/>
- Olga, K. (2019). Explaining ambidextrous leadership in the aerospace and defense organizations. *European Management Journal, 37*(5), 552-563. doi:<https://doi.org/10.1016/j.emj.2019.04.001>
- Oprean, C., & Țîțu, M. (2008). *Managementul calității în economia și organizația bazată pe cunoștințe.* (AGIR, Ed.) București: AGIR.
- Oprean, C., Țîțu, M., & Bucur, V. (2011). *Managementul global al organizației bazată pe cunoștințe.* București: AGIR.
- Palmer, J. (1998). The Human Organization",. *Journal of Knowledge Management, Vol. 1 Issue: 4*, 294-307.
- Pham, T., Kwon, P., & Foster, S. (2021). Additive Manufacturing and Topology Optimization of Magnetic Materials for Electrical Machines—A Review. *Energies 14, 2*, 283. doi:<https://doi.org/10.3390/en14020283>
- Pop Gh., I., & Pop Bonțiu A., B.** (2009). CAD and FEA optimization of ADIPUR Equipment. *Erin 2009, 3rd Year of International Conference for Zoung Reserchers and PhD. Students 1-2 Aprilie 2009*, 99-104.
- Pop, A. B., Ceoceca, C., **Pop, G. I.**, Țîțu, Ș., & Țîțu, A. M. (2019). Eco-design from the perspective of a knowledge based economy and knowledge based management. *15th International conference on Risk and Safety engineering*, 61-66. Preluat de pe <http://www.rizik.vtsns.edu.rs/wp-content/uploads/2019/03/Zbornik-RIZIK-2019.pdf>
- Pop, A. B., **Pop, G. I.**, & Țîțu, A. M. (2022). Implementation of APQP as a defect prevention measure in an aeronautical industry organization. *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, And ENGINEERING, 65*(4), 203-208. doi:WOS:000740057300022
- Pop, A. B., Țîțu, A. M., **Pop, G. I.**, & Țîțu, Ș. (fără an). Modeling the machined surface quality of an aluminum alloy using the active experiment type. *International Conference on Innovative Research 2019-ICIR EUROINVENT 2019, 572*(Conference 1). doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/572/1/012043>
- Pop, A. B., Țîțu, A. M., **Pop, G. I.**, Ceoceca, C., & Țîțu, Ș. (fără an). Research Design and Identification of the Project Methodology Solutions Using the Finite Element Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 551*, 6 pag. doi:<https://doi-org.am.e-nformation.ro/10.1088/1757-899X/551/1/012130>
- Pop, A. B., Țîțu, Ș., Țîțu, A. M., **Pop, G. I.**, & Stan, S. (2017). Designing a model of business continuity policy in an organization based on machining building design. *Proceedings of the 12th International Management Conference "Management Perspectives in the Digital Era"*, 275-281. Preluat de pe http://conferinta.management.ase.ro/archives/2018/pdf/2_9.pdf
- Pop, A., **Pop, G. I.**, & Țîțu, A. M. (2019). The Design and the Process Technology of a Rotational Mold. *MATEC Web of Conferences, 299*, Articol no. 03004. doi:<https://doi.org/10.1051/matecconf/201929903004>

- Pop, A., **Pop, G. I.**, Oprean, C., & Țițu, A. M. (2022). Research on modeling the technological processing of typographic film. *International Conference "NEW TECHNOLOGIES, DEVELOPMENT AND APPLICATION" NT-2022*, (în curs de publicare).
- Pop, G. I.**, & Țițu, A. M. (2019). Review of the nonconventional manufacturing work preparation for wire edm machining. *Nonconventional Technologies Review*, 24(4), 52-57. Preluat de pe <http://www.revtn.ro/index.php/revtn/article/view/314/280>
- Pop, G. I.**, & Țițu, A. M. (2021). Application of the IDEF0 Management Method in the Global Engineering Process within an Industrial Organization in Aerospace. *International Academic Conference, STRATEGICA*, 9(9), 1046-1062.
- Pop, G. I.**, & Țițu, A. M. (2021). Contributions Regarding the Specific Approach on the Management of the Global Engineering Process in Aerospace Organization. *International Academic Conference, STRATEGICA*, 9(9), 1031-1045.
- Pop, G. I.**, & Țițu, A. M. (2021). Identifying the influence of technical resources knowledge on product quality requirements in a global engineering process. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 9, 225-231. doi:<https://doi.org/10.17683/ijomam/issue9.32>
- Pop, G. I.**, & Țițu, A. M. (2021). Modeling the global engineering process in an aerospace organization. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics. SCOPUS*, 9, 217-224. doi:<https://doi.org/10.17683/ijomam/issue9.31>
- Pop, G. I.**, Dragomir, M., Țițu, A. M., & Cupsan, V. (2019). Review of wire electrical discharge machining of the aluminum extrusion die. *Nonconventional Technologies Review*, 23(3), 48-54. Preluat de pe <http://www.revtn.ro/index.php/revtn/article/view/253/212>
- Pop, G. I.**, Pop, A. B., Oprean, C., & Țițu, A. M. (2021). The importance and benefits of implementing the TQM concept in an aerospace industry organization. *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, And ENGINEERING*, 64(4s), 755-760. doi:WOS: 000740057300022
- Product Life Cycle (PLC)*. (2022, 02 21). Preluat de pe [marketing-dictionary.org](http://marketing-dictionary.org/p/product-life-cycle/): <https://marketing-dictionary.org/p/product-life-cycle/>
- Proulx, M., & Gardoni, M. (2020). Methodology for Designing a Collaborative Business Model – Case Study Aerospace Cluster. (F. Nyffenegger, J. Ríos, L. Rivest, & A. Bouras, Ed.) *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 594. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-62807-9_31
- Queiruga-Dios, A. (2018). Evaluating engineering competencies: A new paradigm. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2052-2055. doi:doi: 10.1109/EDUCON.2018.8363490.
- Radulescu, C. (2006). *A Framework of Issues in Large Process Modeling Projects*. Goteborg, Sweden: IT University of Goteborg.
- Rajamani, M., & Punna, E. (2020). Enhancement of Design for Manufacturing and Assembly Guidelines for Effective Application in Aerospace Part and Process Design. *SAE Technical Paper 2020-01-6001*. doi:<https://doi.org/10.4271/2020-01-6001>
- Recker, J., Rosemann, M., Green, P., & Indulska, M. (2011). Do ontological deficiencies in modeling grammars matter? *MIS Quarterly*, 57-79.
- Reiter, E., Mellish, C., & Levine, J. (1995). Automatic generation of technical documentation. *Applied Artificial Intelligence*.
- Robbins, P. (1991). *Organizational behavior: concepts, controversies, and applications*. New Jersey, United States: Prentice Hall.
- Rocket-Powered Aircraft*. (2022, 01 16). Preluat de pe www.nasa.gov: <https://www.nasa.gov/centers/dryden/multimedia/imagegallery/X-15/E-5251.html>
- Rojo Abollado, J., Shehab, E., & P., B. (2017). Challenges and Benefits of Digital Workflow Implementation in Aerospace Manufacturing Engineering. *Procedia CIRP*, 60, 80-85. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.044>

- Rosemann, M. (2006). Potential pitfalls of process modelling. *Business Process Management Journal*, 249-254.
- Roșu, M., Doicin, C., Râpă, M., Ionesc, N., & Tabără, C. (2011, September 3). Managers competences development for companies which grow up in economic crisis environment., (Editor Costache Rusu, Ed.) *Proceedings of the 7th International Conference on Management of Technological Changes, Ist*, 737-740., doi:WOS:000306940000185
- Rotaru, K., Wilkin, C., Churilov, L., Neiger, D., & Ceglowski, A. (2011). *Formalizing process-based risk with value-focused process engineering* (Vol. Inf Syst E-Bus Manage 9(4):). doi:10.1007/s10257-009-0125-5
- Sedera, W., Gable, G., Rosemann, M., & Smyth, R. (2004). *A Success Model for Business Process Modeling: Findings from a Multiple Case Study*. Shanghai, China.
- Shanmugam, R., Ramoni, M., Thangamani, G., & Thangaraj, M. (2021). Influence of Additive Manufactured Stainless Steel Tool Electrode on Machinability of Beta Titanium Alloy. *Metals* 11, 11, 778. doi:https://doi.org/10.3390/met11050778
- Shimin, L., Jinsong, B., Yuqian, L., L., J., L., S., & Xuemin, S. (2021). Digital twin modeling method based on biomimicry for machining aerospace components. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, Part B, 180-195. doi:https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.04.014
- Shunmugavel, M., Polishetty, A., Goldberg, M., Singh, R., & Littlefair, G. (2017). A comparative study of mechanical properties and machinability of wrought and additive manufactured (selective laser melting) titanium alloy – Ti-6Al-4V. *Rapid Prototyping Journal*, 23(6), 1051-1056. doi:https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2015-0105
- SR EN ISO 9001:2015. (2015, 09). Sistemul de management al calității. Cerințe. (ASRO, Ed.) București. Preluat pe 11 12, 2018, de pe <http://www.asro.ro/?p=1896>
- Svensson, R. (2011). Prioritization of quality requirements: State of practice in eleven companies. *2011 IEEE 19th International Requirements Engineering Conference*, 69-78. doi:doi:10.1109/RE.2011.6051652
- Tanaka, Y., Eldar, Y. C., Ortega, A., & Cheung, G. (2020). Sampling Signals on Graphs: From Theory to Applications. *IEEE Signal Processing Magazine*, 37(6), 14-30. doi:10.1109/MSP.2020.3016908
- The drawings of Leonardo da Vinci*. (2022, 01 10). Retrieved from <http://www.drawingsofleonardo.org/>: <http://www.drawingsofleonardo.org/>
- Tiriplica, P. G., Doicin, C., Tarba, C., Ghionea, I. G., & Draganescu, F. (2015). Analysis of the Product Cost and Price Variation <https://doi.org/10.4028/www.scien>. *Applied Mechanics and Materials*, 760, 677-682. doi:https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.760.677
- Țîțu, A. M., & Pop, G. I. (2019). Regarding Quality Management System in Aerospace Industry Organizations. *Materials Science Forum*, 957, 221-230. doi:https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.957.221
- Țîțu, A. M., & Pop, G. I. (2021). Approach to Product Quality Requirements in the Context of Aeronautical Domain Process Modeling. *International Conference on Reliable Systems Engineering (ICORSE). Lecture Notes in Networks and Systems*, 305. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_33
- Țîțu, A. M., & Pop, G. I. (2021). Advanced Product Quality Planning Management in a Knowledge Based Organization. În O. Nicolescu, C. Oprean, & A. M. Țîțu (Ed.), *The Best Romanian Management Studies 2019-2020* (Vol. 3, pg. 111-141). TRIVENT. doi:DOI:10.22618/TP.LIB.BRMS2021
- Țîțu, A. M., Pop, A. B., Ceocea, C., Pop, G. I., & Țîțu, Ș. (2020). The experimental research-the key of identifying the problems of the knowledge-based organization. *4th International Conference on Knowledge management and informatics*, 61-67. Preluat de pe http://www.rizik.vtsns.edu.rs/RSE_2020/Zbornik_radova_RSE_2020.html
- Țîțu, A. M., Pop, A. B., Pop, G. I., & Țîțu, Ș. (2018). Scientific Research dedicated to the Intellectual Property Protection. *Proceedings of the 6th RMEE International Management Conference:*

UPB	Rezumatul Tezei de doctorat	Contribuții privind dezvoltarea unui model de îmbunătățire a calității produselor și eficientizare a proceselor de inginerie într-o organizație industrială bazată pe cunoștințe din domeniul aeronautic	Gheorghe Ioan POP
		<i>Performance Management or Management Performance</i> , 171-180. doi: https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000471723700025	
		Țițu, A. M., Pop, A. B., Țițu, Ș., & Pop, G. I. (2019). Optimization of the objective function -surface quality by end-milling dimensional machining of some aluminum alloys. <i>International IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> , 572(Conference 1). doi: https://doi.org/10.1088/1757-899X/572/1/012042	
		Țițu, A. M., Pop, A. B., Țițu, Ș., Ceocea, C., & Pop, G. I. (2019). Intellectual property policy enhancement in knowledge-based organizations. <i>AIP Conference Proceedings</i> , 2129, Article no. 020112. doi: https://doi.org/10.1063/1.5118120	
		Țițu, A. M., Pop, G. I. , & Oprean, C. (2019). Aspects regarding the quality management in the aerospace industry organizations. In <i>Proceedings of the INTERNATIONAL MANAGEMENT CONFERENCE</i> , 13(1), 426-435. doi: WOS:000587901000041	
		Țițu, A. M., Pop, G. I. , Pop, A., & Oprean, C. (2022). Experimental statistical modeling of the pressing process of vibropressed concrete elements using taguchi's method. <i>International Conference "NEW TECHNOLOGIES, DEVELOPMENT AND APPLICATION" NT-2022</i> , (în curs de publicare).	
		Țițu, M., Bucur, V., & Bălan, G. (2008). <i>Economia organizațiilor industriale moderne</i> . Sibiu: Editura Universității "Lucian Blaga" din Sibiu.	
		Tomić, B., Brkić, V. S., & Klarin, M. (2011). Quality Management System for the Aerospace Industry. <i>I International Symposium Engineering Management And Competitiveness</i> .	
		Traian Vuia. (2022, 02 13). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Traian_Vuia	
		Tsoukas, H. (1996). The firm as a distributed knowledge system – a constructionist approach. <i>Strategic Management Journal</i> , 17 (winter special issue), 11-25.	
		Tupolev TU-144. (2022, 01 16). Preluat de pe https://web.archive.org:https://web.archive.org/web/20070802063719/http://www.dfrc.nasa.gov/Gallery/Photo/TU-144LL/Small/EC98-44749-23.jpg	
		Tupolev_Tu-104. (2022, 02 16). Preluat de pe en.wikipedia.org:https://en.wikipedia.org/wiki/Tupolev_Tu-104	
		Volkova, V. N., Vasiliev, A. Y., Efremov, A. A., & Loginova, A. V. (2017). Information technologies to support decision-making in the engineering and control. <i>2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)</i> , 727-730. doi:10.1109/SCM.2017.7970704	
		Wang, R. Y., B., K. H., & Madnick, S. E. (1993). Data quality requirements analysis and modeling. <i>Proceedings of IEEE 9th International Conference on Data Engineering</i> , 670-677. doi:doi:10.1109/ICDE.1993.344012	
		Weske, M., van der Aalst, W., & Verbeek, H. (2004). <i>Advances in business process management</i> (Vol. Data & Knowledge Engineering 50). Elsevier B.V. doi:10.1016/j.datak.2004.01.001	
		Wu, T., Wu, F., & Liang, C. (2019). A virtual reality tool for training in global engineering collaboration. <i>Univ Access Inf Soc</i> 18, 243-255. doi: https://doi.org/10.1007/s10209-017-0594-0	
		www.haw-hamburg.de . (2020, 09 03). Preluat de pe www.haw-hamburg.de : https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2007_09_20_A350XWB.pdf	
		www.improvement-skills.co.uk . (2022, 01 21). Preluat de pe improvement-skills: [http://www.improvement-skills.co.uk/] , accesat la 21.02.2020	
		www.universalalloy.com . (2022, 02 02). Preluat de pe https://www.universalalloy.com	
		www.westworldconsulting.com . (2022, 01 27). Preluat de pe Accessing European Aerospace Market: https://westworldconsulting.com/downloadables/webinar-accessing-european-aerospace-market.pdf	
		Zhou, W., Shao, Z., Yu, J., & Lin, J. (2021). Advances and Trends in Forming Curved Extrusion Profiles. <i>Materials</i> 14, 7, 1603-1610. doi: https://doi.org/10.3390/ma14071603	