

UNIVERSITATEA LUCIAN BLAGA SIBIU

Ing. Neculai (Dobrin) Carmen

**TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT**

**Conducător științific,
Prof. Univ. Dr. Ing. Ioan Bondrea**

**SIBIU
2015**



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI ȘI
PROTECȚIEI SOCIALE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
CERCETĂRII
TINERETULUI
ȘI SPORTULUI

OIPOSDRU



Universitatea
Lucian Blaga
Sibiu

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Axa prioritară: nr. 1: “Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție: 1.5.: “Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării”

Titlul proiectului: “Armonizarea valențelor academice românești cu cele ale Comunității Europene”

Cod contract: POSDRU/CPP107/DMI1.5/S/76851

Beneficiar: Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE

Ing. Neculai (Dobrin) Carmen

INGINERIA COLABORATIVĂ ÎN PROIECTAREA ȘI OPTIMIZAREA RESURSELOR COMPANIEI

REZUMAT

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. Ioan Bondrea

Sibiu

-2015-

CUPRINS.....	TEZĂ/REZUMAT
ABSTRACT.....	5
Capitolul 1: Introducere generală	15/7
1.1. Tema de cercetare	15/7
1.2. Obiectivul general al tezei de doctorat.....	16/7
1.3. Demersul de cercetare.....	17/8
Capitolul 2: Considerații generale privind stadiul actual al sistemelor de fabricație.....	19/9
2.1. Caracteristici generale ale sistemelor de fabricație.....	19/9
2.2. Aspecte privind competitivitatea sistemelor de producție în România	20/9
2.3. Definiții și clasificări ale sistemelor de fabricație.....	21/10
2.4. Cerințe actuale în organizarea unei întreprinderi și a resurselor sale	25/10
2.5. Sistemul integrat de producție –CIM.....	26/11
2.5.1. Soluția PLM.....	29/12
2.5.2. Componentele sistemelor PLM.....	30/12
2.5.3. Instrumente și standarde PLM	31/12
2.5.4. Beneficiile PLM.....	31/12
2.5.5. Viitorul noilor sisteme de fabricație, tendințe.....	32/12
2.6. Tehnologii colaborative și abordarea lor în medii virtuale.....	36/12
2.6.1. Abordări în medii virtuale ale proceselor colaborative.....	37/13
2.6.2. Analiză comparativă a tipurilor de conducere secvențială, simultană și colaborativă.....	43/14
2.7. Concluzii.....	45/14
Capitolul 3: Arhitecturi de referință, limbaje și tehnologii de modelare.....	47/15
3.1. Arhitecturi de modelare	47/15
3.2. Standarde în domeniul arhitecturilor de referință	50/15
3.3. ERP- Sistemul de planificare a resurselor întreprinderii	53/16
3.3.1. Modele virtuale în ERP.....	53/16
3.3.2. Funcționalități și caracteristici principale	54/16
3.3.3. CRM Managementul Relațiilor cu Clienții.....	55/16
3.3.4. Implementarea sistemelor ERP.....	57/17
3.3.5. Analiza riscurilor la implementare.....	58/17
3.3.6. Analiza SWOT a implementării unui sistem ERP	58/17
3.3.7. SAP ERP	59/17
3.3.8. Tendințe ERP – cu ochii spre viitor	61/18
3.4. Tehnologii emergente și inițiative strategice	62/18
3.4.1. SOA.....	62/18
3.4.2. Medii de lucru colaborative pentru asistarea deciziilor	63/18
3.4.3. Cloud computing.....	64/19
3.4.4. A 4-a revoluție industrială- Industry 4.0.....	65/19
3.4.4.1. I 4.0, parte a unei ample viziuni asupra unei lumi inteligente interconectate	68/20
3.4.4.2. Noi oportunități și modele	69/20

3.4.4.3. Perspective ale arhitecturii 4.0.....	70/20
3.4.4.4. Siguranță și securitate, factori critici pentru succesul arhitecturii I4.0.....	72/21
3.4.4.5. Oamenii și munca în I4.0., restricții comerciale și eficientizarea resurselor	73/21
3.4.4.6. Fabrica de azi vs. I4.0	73/21
3.5. Analiza comparativă a capabilităților de modelare a principalelor arhitecturi .	74/21
3.6. Limbaje de modelare.....	77/22
3.7. Analiza multicriterială a limbajelor de modelare.....	80/22
3.8. Concluzii	83/22
Capitolul 4: Metode, tehnici și instrumente de modelare, simulare și optimizare ale sistemelor de producție.....	85/23
4.1. Metode de modelare și simulare a sistemelor de producție	85/23
4.1.1. Sistemele și modelele lor. Tipuri de modele.....	86/24
4.1.2. Etapele construirii unui model	87/24
4.1.3. Modelarea și simularea asistată de calculator. Arena, Team Center, Oracle	87/24
4.1.4. Modelarea Petri.....	89/25
4.1.5. Teoria așteptării în modelarea sistemelor de producție	94/25
4.1.6. Modelarea cu ajutorul Plant Simulation	96/25
4.1.7. Modelarea în ADONIS	98/26
4.1.8. Modelarea proceselor cu NEURO SOLUTIONS	101/27
4.2. Baze matematice, concepte și funcții ale procesului de optimizare.....	104/28
4.3. Algoritmul genetic. Utilizări.....	105/28
4.4. Concluzii.....	107/28
Capitolul 5: Proiectarea proceselor colaborative privind resursele întreprinderii dezvoltate pe platforma I4.0.....	109/29
5.1. Procese colaborative în arhitectura de referință I4.0	110/29
5.1.1. Lanțuri de valori în arhitectura de referință I4.0.....	110/30
5.1.2. Decompoziția și modelarea proceselor colaborative	113/31
5.1.3. Identificarea proceselor colaborative în cadrul lanțurilor de valori.....	119/34
5.2. Modelarea colaborării în contextul dezvoltării produselor.....	121/36
5.2.1. Identificarea cerințelor	122/36
5.2.2. Proiectarea produsului	126/37
5.2.3. Analiza riscurilor	129/38
5.3. Colaborarea în contextul configurării echipamentelor	135/41
5.3.1. Identificarea premizelor necesare stabilirii capabilităților de producție..	136/41
5.3.2. Selectarea instrumentului utilizat pentru optimizare	139/44
5.3.3. Identificarea și colectarea datelor	140/45
5.3.4. Evaluarea alternativelor de configurare	141/45
5.4. Reutilizarea și interacțiunea proceselor colaborative	142/46
5.4.1. Defectarea unui echipament de fabricație.....	143/46
5.4.2. Modificarea structurii cererii clienților.....	145/48
5.5. Note și comentarii	146/49

Capitolul 6: Proiectarea și implementarea platformei colaborative pentru resursele companiei. Aplicație pe compania S.C. COMPA S.A. Sibiu	149/51
6.1. Analiza fluxurilor de valoare adăugată	149/51
6.1.1. Forma de organizare a companiei	149/51
6.1.2. Principalele fluxuri valorice.....	152/51
6.1.2.1. Managementul produsului	154/52
6.1.2.2. Managementul echipamentelor de fabricație	155/53
6.1.2.3. Managementul facilităților de producție	156/53
6.1.2.4. Realizarea produsului.....	157/53
6.1.3. Instrumente și tehnologii colaborative utilizate în Compa SA	157/54
6.1.4. Metodologia de simulare a proceselor colaborative	159/54
6.2. Simularea proceselor colaborative necesare dezvoltării produsului.....	160/54
6.2.1. Identificarea cerințelor	161/55
6.2.1.1. Validarea modelului.....	162/56
6.2.1.2. Analiza procesului	164/56
6.2.2. Proiectare produs	166/57
6.2.2.1. Validarea modelului.....	166/57
6.2.1.2. Analiza procesului	167/58
6.2.3. Note și comentarii	167/59
6.3. Simularea proceselor colaborative necesare stabilirii echipamentelor	168/60
6.3.1. Stabilirea capabilităților de fabricație prin modelare neuronală.....	170/61
6.3.1.1. Etape de dezvoltare a unui model neuronal	170/61
6.3.1.2. Construirea modelului neuronal.....	172/62
6.3.1.3. Utilizarea modelului neuronal.....	175/65
6.3.1.4. Agregarea mai multor modele neuronale.....	176/65
6.3.2. Simularea contextului de utilizare a modelului neuronal	179/67
6.3.3. Note și comentarii	182/67
6.4. Concluzii	183/68
Capitolul 7: Concluzii generale, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare	185/69
7.1. Concluzii generale	185/69
7.2. Contribuții personale.....	185/69
7.3. Perspective viitoare de cercetare.....	189/69
Notății, abrevieri, acronime	191
Lista de figuri și tabele.....	197
Anexa 1: Exemple de modele de interacțiune ce utilizează instrumente colaborative de asistare a deciziilor de grup.....	203
Anexa 2: Date inițiale	207
Anexa 3: NeuroSolutions.....	213
Referințe bibliografice.....	225/71

Cuvinte cheie

Platforma colaborativa, ingineria colaborativă, concepție, modelare, decompoziția lanțurilor de valori, strategii de afaceri.

Cuvânt înainte

Această teză de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în școala doctorală din cadrul Departamentului de Inginerie Industrială al Facultății de Inginerie din cadrul Universității „Lucian Blaga” din Sibiu.

Mulțumiri deosebite, se cuvin conducătorului științific Prof. Dr. Ing. Ioan Bondrea, pentru îndrumarea atentă, pentru ajutorul competent oferit, pentru susținerea și consilierea constantă, precum și pentru sprijinul oferit în depășirea momentelor grele pe toată durata stagiului de doctorat.

Le datorez sincere mulțumiri, membrilor comisiei de evaluare și susținere a tezei de doctorat formate din:

- Prof. Univ. Dr. Ing. Petru Berce, UT Cluj Napoca;
- Prof. Univ. Dr. Ing. Gheorghe Oancea, UT Brașov;
- Prof. Univ. Dr. Ing. Claudiu Vasile Kifor, ULBSibiu, Prorector;
- Prof. Univ. Dr. Ing. Liviu Ioan Roșca, ULBSibiu, Decan.

Acestora le sunt recunoscătoare pentru competența cu care au analizat și apreciat rezultatele muncii mele și pentru timpul alocat parcurgerii finale a tezei mele de doctorat.

În timpul anilor de cercetare necesari elaborării tezei de doctorat, am avut onoarea să fiu susținută de o întreagă echipă, căreia îi mulțumesc din suflet pentru răbdare și perseverență. Mulțumesc pe această cale și colegilor din departament pentru opiniile și sugestiile oferite cu multă înțelepciune și competență. Aduc calde mulțumiri pentru încurajare și motivarea permanentă D. nei Prof. Dr. Ing. Carmen Simion. Pentru sprijinul generos, precum și pentru încurajările primite, doresc să-mi exprim recunoștința față de Dl. Prof. Dr. Ing. Marius Cioca. Sprijinul acordat în documentarea și implementarea cercetărilor precum și îndrumarea mea în lumea cercetării științifice l-am primit din partea D.lui Prof. Dr. Ing. Constantin Bala Zamfirescu. Din suflet, mulțumesc pentru încredere și pentru șansa acordată D.lui Prof. Ing. Constantin Oprean.

Deasemenea, cu mare stimă, mulțumesc colectivului companiei COMPA S.A. pentru deschiderea cu care a venit în demersul meu de cercetare și implementare a rezultatelor obținute din cercetările teoretice-conceptuale. Tot cu această ocazie, mulțumesc tuturor celor care m-au ajutat pe parcursul acestor ani și nu sunt menționați în acest context.

Nu în cele din urmă, doresc să exprim mulțumiri familiei mele, care m-a susținut și înțeles constant în toate situațiile și momentele trăite, prietenilor care mi-au oferit loialitatea și sprijinul moral și profesional de-a lungul anilor și au contribuit la formarea mea.

Sibiu, Septembrie 2015 Carmen (NECULAI) DOBRIN

Capitolul 1: Introducere generală

Cursa globală pentru deschiderea de noi perspective, datorată schimbărilor economice ale ultimei decade, a accelerat cercetarea a noi tehnologii inovative, ce devin strategii și drivere pentru calitatea, siguranța și sustenabilitatea produselor și serviciilor, precum și pentru prosperitatea noastră a tuturor. Accesul la informații, precum și noile oportunități digitale formează baza noilor modele organizaționale, a noilor platforme ce conduc la îmbunătățirea condițiilor de muncă și implicit a vieților private.

Progresele continue în tehnologia informațională și de comunicație, aliază parteneri ce **colaborează** pentru partajarea resurselor, competențelor și proiectelor, dincolo de bariere de timp, distanță, cultură și pregătire educațională. Companiile au nevoie de un climat inovativ, de noi inițiative structurale, unde cooperarea cu mediul academic să faciliteze deciziile investiționale în accesarea noilor piețe.

1.1. Tema de cercetare

Introducerea de noi perspective în rolul arhitecturilor asupra viziunii referitoare la cerințele de proiectare, precum și integrarea diverselor instrumente de lucru la nivelul de business al unei companii, impun abstractizarea procedurilor de lucru în modelarea proceselor de afaceri, în identificarea de noi oportunități de implementare sau îmbunătățire a modulelor informatice. **Conceptul generic, dezvoltat în cadrul cercetării efectuate, impune mobilitatea viitorului. Identificarea și modelarea lanțurilor de valori, cu individualizarea proceselor colaborative aferente, conduc la beneficii majore privind interconectivitatea la nivelul sistemului de producție.**

Analize calitative, comparații între metodele de modelare, între principiile ce fundamentează arhitecturile, situații actuale, evoluția și impactul lor asupra sistemelor de producție sunt doar o parte din cercetările întreprinse cu scopul implementării și integrării noilor elemente ce vor conduce la o mai bună gestionare a resurselor companiei. Prezentarea cercetărilor teoretice, a fost urmată de contribuții experimentale. Soluția colaborării având la dispoziție baze de date interconectate, o să constituie nivelul de excelență în tratarea, abordarea și eficientizarea proceselor prin pârgii decizionale.

1.2. Obiectivul general al tezei de doctorat

Teza de doctorat aparține domeniului ingineriei industriale și este axată pe analiza și sinteza stadiului actual al cercetărilor, urmând studierea și implementarea în cadrul COMPA S.A.Sibiu a unui **nou concept în orchestrarea în mod colaborativ a modelării procesului de concepție în vederea optimizării resurselor companiei.**

Implementarea de noi produse industriale, sau îmbunătățirea celor deja existente, presupune un proces industrial susținut de cercetări, metode, instrumente, teste, schimburi de informații, deci un **complex proces de concepție colaborativ**. Acesta este în fapt, rezultatul trecerii de la idee, la realizarea produsului finit, cu toate etapele ce le presupune: proiectare, simulare, optimizare, testare, validare, fiecare cu partea ei de aport. **Descrierea acestor activități în mod colaborativ și modelarea și simularea efectivă a procesului de concepție**, ce certifică luarea deciziilor informate, conferă amalgamului de date de intrare, abilitatea de

predicție, acesta fiind unul dintre punctele temei de cercetare. Întreaga etapă de concepție necesară implementării noilor produse, necesită eforturi mari de planificare și implicit recunoașterea erorilor umane sau a riscurilor, în timp util, de aceea **implementarea platformelor colaborative** va justifica investiția din punct de vedere economic. Aplicarea de măsuri structurale și posibilitatea **simulării diferitelor scenarii**, asigură dezvoltarea produselor și proceselor pe tot parcursul ciclului de viață, într-o abordare vizionară. Ideile vizionare dezvoltă soluții pentru lumea reală, transformând companiile, în locul unde **abordarea serviciilor în mod colaborativ**, reprezintă soluția câștigătoare. Îmi exprim convingerea că metoda prezentată în cadrul acestei teze de doctorat este utilă și prin abilitatea managerilor va putea fi aplicată cu succes.

Modelarea procesului de concepție, cu defalcarea colaborativă a logicii activităților de producție pe baza standardului BPMN (Business Process Modeling Notation) și a arhitecturii (r)evoluționare Industry 4.0. [162], [249] **(integrând pe orizontală și verticală o infrastructură scalabilă a serviciilor)**, și crearea transparenței prin simulare, urmărește **reducerea indicatorilor KPi** (key performance indicator), precum **timpul necesar activității de concepție**, și **punctul de profit** dorit al produsului reflectat în **costul final**.

Modelarea, simularea și mai apoi validarea utilizării acestui nou model colaborativ în cadrul proiectului, precum și rezultatele obținute, vor conduce la restructurarea etapelor în întreprinderea demersurilor de proiectare și implementare de noi produse. Contribuțiile aduse sunt în principal de natură teoretică și metodologică.

1.3. Demersul de cercetare

Demersul de cercetare, urmează cele patru etape perfect definite în modelul de concepție prezentat de către Blessing și Chakrabarti (2009), în „*DRM, a Design Research Methodology*”. În domeniul cercetării, această abordare este deja standardizată, urmând pe scurt etapele prezentate în figura de mai jos. Așadar, în cadrul primei etape, se studiază principalele rezultate obținute și recunoscute până în prezent, se face o analiză critică a soluțiilor și modelelor, pe baza cărora se vor stabili obiectivele cercetărilor viitoare. În cea de-a doua etapă, obiectivele fiind deja conturate, se vor determina factorii ce vor fi ulterior studiați prin revizuirea literaturii de specialitate.

Capitolul 2: Considerații generale privind stadiul actual al sistemelor de fabricație

În acest capitol, studiind literatura tehnică, lucrări științifice și teze de doctorat, este prezentat stadiul actual în evoluția sistemelor de fabricație, cu referiri precise la etapele progreselor din domeniul tehnic, informațional, de organizare și management (*subcapitolul 2.1*). Competitivitatea fiind un drum sigur spre evoluție, a impus studierea dinamicilor și strategiilor de dezvoltare (*subcapitolul 2.2*). Implementarea unui sistem de fabricație bun, poate determina rămânerea sau nu pe piață a unei întreprinderi și de aceea prezintă importanță analiza definițiilor și clasificarea sistemelor de fabricație, lucru ce s-a întreprins în *subcapitolul 2.3*. Ingineria simultană în organizarea și valorificarea resurselor, cercetare ce face parte din tema tezei, a fost studiată în *subcapitolul 2.4*. Următorul pas, privind integrarea datelor în noile tehnologii de tip CIM, PLM, precum și analiza beneficiilor implementării acestora, s-a studiat în *subcapitolul 2.5*. Urmând linia evolutivă, pasul următor, cel al mecanismelor colaborative a fost studiat în *subcapitolul 2.6*, odată cu modul lor de utilizare în vederea alocării eficiente a resurselor. Capitolul se încheie cu definirea concluziilor în *subcapitolul 2.7*.

2.1. Caracteristici generale ale sistemelor de fabricație

Potrivit experienței de viață, “cine dorește să creeze viitorul, trebuie să cunoască trecutul”, am realizat aprofundarea cunoștințelor, prin studiul cercetărilor din domeniu. Studiarea întregii scene economice, a interdependențelor între agenții economici industriali, contribuie la alegerea celui mai bun argument în luarea deciziilor corecte. Progresele înregistrate în domeniile tehnice, informaționale, de organizare și management au condus prin evoluția lor la argumente: științifice (cercetare operațională), tehnologice (dezvoltarea sistemelor de măsură și control), comerciale (dinamica piețelor financiare) și politice (direcții prioritare de dezvoltare, fonduri de cercetare), ce vin în sprijinul managerilor în alegerea deciziilor optime privind viitorul companiilor.

Abordarea sistemică, permite definirea unei viziuni complexe asupra funcționării dinamice a întreprinderii. Teoria generală a sistemelor, consideră fenomenele și procesele economice ca un sistem format din elemente interdependente aflate în interacțiune. Definirea unui sistem se poate face prin următoarele noțiuni:

- ✓ Componenta constructivă: elementele sistemului, entități materiale sau abstracte;
- ✓ Proprietățile obiectelor;
- ✓ Dinamica sistemului: relațiile dintre elemente (legăturile dintre elemente fac ca acțiunea unora să se reflecte asupra altora și implicit asupra întregii funcționări a companiei).

2.2. Aspecte privind competitivitatea sistemelor de producție în România

Dinamica industriilor anilor actuali este extrem de alertă datorită competiției la nivel global precum și datorită evoluției și perfecționării continue, ceea ce a presupus implicit și diversificarea gamei de producție. Fabricația, bineînțeles că impune o strategie în privința dezvoltării unor sisteme integrate de producție, ce vor combina într-o structură organizată, aspectele tehnologice de proiectarea și programarea producției, precum și controlul și gestionarea

ei. Competitivitatea reprezintă abilitatea și capacitatea unei entități de a învinge și de a obține succesul. Conform OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) „Competitivitatea este capacitatea întreprinderilor, industriilor, regiunilor, națiunilor sau complexelor supranaționale de a asigura factorilor de producție un profit și un nivel de folosire relativ ridicat pe o bază durabilă, în condițiile în care acestea sunt expuse concurenței libere”. [220]. **Timpul** a devenit una dintre cele mai importante resurse economice, „chiar dacă nu se arată nicăieri în inventarele vreunei companii, el rămâne efectiv, o resursă ascunsă” [185].

2.3. Definiții și clasificări ale sistemelor de fabricație

Dicționarul explicativ al limbii române recomandă următoarea definiție: „Fabricația este un proces tehnologic de producere a mărfurilor într-o fabrică, într-o uzină, producția unei asemenea unități industriale, precum și tehnica de a fabrica” [34]. În Dicționarul Merriam-Webster fabricația este definită ca „acțiunea de a face ceva (un produs) din materii prime” [35]. După Business Dictionary.com „fabricația include toți pașii necesari pentru a transforma materiile prime, componentele sau piesele în bunuri finite care satisfac așteptările clientilor” [21]. Dicționarul Oxford 2010 include și o definiție concisă: „Fabricația reprezintă producerea de articole (mărfuri) pe scară mare, utilizând mașini” [36]. Termenii **fabricație** și **producție** sunt deseori interschimbabili, deși termenul de producție are o semnificație mai largă decât cel de fabricație. Orice tip de fabricație este o producție, însă nu orice tip de producție este o fabricație. Sintagma „sisteme de fabricație” constituie un termen general ce definește de fapt, un grup de facilități tehnice de producție.

Conform [193], există următoarele sisteme de fabricație:

- *Sistemele de fabricație moderne ;*
- *Sistemul Just-In-Time JIT ;*
- *Sistemul JIS – Just In ;*
- *Sistemul Kanban ;*
- *Mentenanța productivă;*
- *Fabricația cu răspuns rapid QRM;*
- *Fabricația celulară;*
- *Sistemul flexibil de fabricație SFF;*
- *Sistemul CAD /CAM ;*
- *Sistemul suplu de producție;*
- *Sistemul inteligent de producție ;*
- *Sistemul holonic de fabricație ;*
- *Sistemul fractal de fabricație;*

2.4. Cerințe actuale în organizarea unei întreprinderi și a resurselor sale

Organizarea unei companii depinde de importanța sa și de tipurile de produse fabricate. Resursele unei întreprinderi sunt organizate după o structură determinată de funcțiile sale și anume:

- funcția de marketing, cu rolul de percepere a nevoilor pieții;
- funcția de producție, cu rolul de a produce, la timpul dorit, în cantitățile cerute, la costuri și calitatea dorită, realizând optimizarea resurselor întreprinderii astfel încât să se asigure perenitatea, dezvoltarea și competitivitatea sa;

- funcția de distribuție, ce asigură difuzarea produsului finit;
- funcția financiară, ce optimizează resursele financiare ale întreprinderii;
- funcția personal, ce gestionează personalul necesar întreprinderii.

Organizarea întreprinderilor mici și mijlocii, bazată pe **ingineria simultană (concurrentă)** – contribuie în mod decisiv la crearea reactivității lor, la asigurarea sincronizării și automatizării diferitelor activități, precum și la creșterea performanțelor și a eficienței prin îmbunătățirea tehnologiilor.

2.5. Sistemul integrat de producție –CIM

O soluție în evoluția companiilor, s-a dezvoltat în Japonia cu scopul de a crea **reactivitatea întreprinderii și flexibilitatea fabricației**, demersul fiind un proces de simplificare cu suprimarea oricărei activități inutile sau redondante, ce nu adaugă valoare produsului. Reconsiderarea fluxurilor, se face în scopul simplificării metodei de gestiune a producției și a reducerii termenelor de fabricație, a timpilor de schimbare a echipamentelor, a mărimii loturilor lansate în fabricație, a producției în curs, a stocurilor, costurilor indirecte de transport și magazinare, etc.

Componentele principale ale sistemului CIM sunt:

- PPC - Planning Production Control (Planificarea și Urmărirea Producției);
- CAD - Computer Aided Design (Concepția Constructivă Asistată de Calculator);
- CAE - Computer Aided Engineering (Ingineria Asistată de Calculator);
- CAPP - Computer Aided Process Planning (Concepția Proceselor de Fabricație Asistată de Calculator);
- CAM - Computer Aided Manufacturing (Fabricația Asistată de Calculator);
- CAP - Computer Aided Planning (Planificarea Asistată de Calculator);
- CAQ - Computer Aided Quality (Calitatea Asistată de Calculator);
- CAS - Computer Aided Service (Mentenanța Asistată de Calculator)

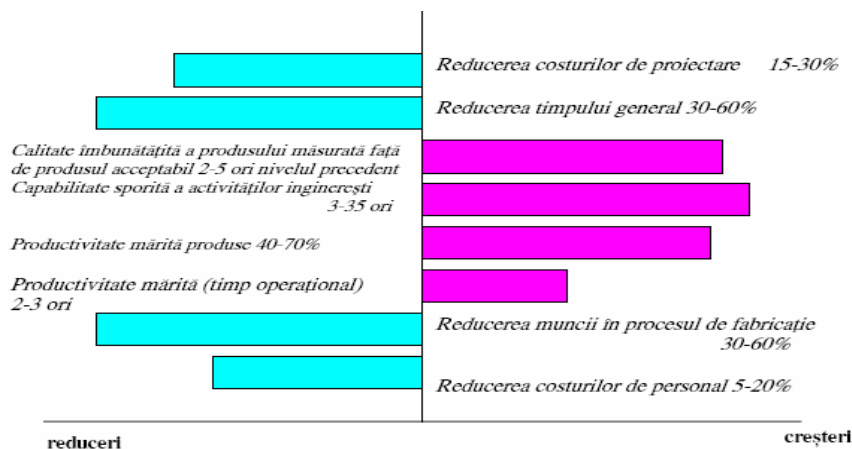


Figura 2.1: Beneficiile implementării CIM [18]

Folosind principiile deja menționate, și adăugând noi concepte referitor la utilizarea corectă a forței de muncă a dezvoltat noul sistem CIM 3.

2.5.1. Soluția PLM

Integrarea soluțiilor de proiectare complexe și inteligente tip **PLM** (Product Lifecycle Management) generează tendința direcției dezvoltării. Având în vedere baza mare de date, implementarea unui sistem PLM într-o companie este un proces laborios, ce nu se referă doar la software-uri sau metode individuale, ci la un set de metode, printre care se evidențiază EDM (Engineering Data Management), ca și metodă sistematică de a proiecta, conduce și controla toate informațiile necesare pe tot parcursul vieții produsului. [173]

2.5.2. Componentele sistemelor PLM

Implementarea conceptelor PLM în cadrul corporațiilor, se realizează prin intermediul sistemelor PLM. Pentru buna lor funcționare este nevoie de o infrastructură hardware și software, de standarde de interoperabilitate în vederea modelării, o bază de date standardizate și instrumente de vizualizare și de aplicații ce includ soluții personalizate PDM, ERP cu module de aplicații CAD, CAM, CAE.

2.5.3. Instrumente și standarde PLM

Implementarea unui sistem PLM, ține cont de următoarele standarde: **CALS** [ISO 8879] (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) **STEP** [ISO 10303] (Standard for The Exchange of Product model data) **DXF** (Drawing Exchange Format) **IGES** (Initial Graphic Exchange Standard) **SGML** [ISO 8879] **DTD** (Document Type Definition) **XML** (Extensible Marking Language) **UML** (Unified Modelling Language)

2.5.4. Beneficiile PLM

Prin abordarea unor metode moderne de management și sinergia eforturilor mai multor departamente din companie, se pot obține beneficii maxime din sistemul PLM.

2.5.5. Viitorul noilor sisteme de fabricație, tendințe

În întreprinderile de fabricație, PLM a ajuns în faza matură a evoluției. Multe corporații au structurat procesele PLM și sistemele PLM-IT, implementându-le cel puțin în anumite părți ale companiei. În jurul lui 2016, PLM va evolua semnificativ și va face o breșă în noi domenii ale corporațiilor cum sunt **luarea de decizii** de execuție cu implicarea inovației.

2.6. Tehnologii colaborative și abordarea lor în medii virtuale

Interesul furnizorilor și consumatorilor de resurse, îl reprezintă construirea unui mecanism colaborativ în vederea alocării eficiente a resurselor și a obținerii de beneficii și satisfacții maxime, printr-o confruntare directă între participanți, bazată pe dualitatea “colaborare-competiție” existentă în sistemele descentralizate. Un model colaborativ eficient asigură comunicarea optimă între participanți, oferind totodată mecanismele necesare în vederea îndeplinirii cerințelor de comunicare, coordonare și cooperare având ca scop final optimizarea utilizării resurselor. [149] Dispersia din punct de vedere geografic și industrial a organizațiilor

sau companiilor scoate în evidență valoarea muncii în colaborare, în cadrul unei comunități hibride de tipul fabricii virtuale, ce este construită pe principiul accesului comun la o bază de date. Integrarea și organizarea tuturor informațiilor referitoare la orice produs sau serviciu, încă din faza de concepție, (unde produsul/serviciul nu există efectiv și unde se pierde aproximativ 70% din timp în căutarea și sortarea informațiilor), până la faza de proiectare și producție, conduce automat la creșterea eficienței și productivității întregii companii.[39] Partajarea resurselor este facilitată de acest mediu virtualizat colaborativ ce permite executarea de simulări colaborative între departamente sau participanți cu vizualizarea, prezentarea și analizarea datelor.

2.6.1. Abordări în medii virtuale ale proceselor colaborative

Colaborarea, este una dintre cele mai importante valori (practici) în cadrul unei organizații. [118] **Conceperea unei platforme colaborative** începe cu construirea infrastructurii unei arhitecturii în scopul modelării și simulării colaborative. Munca echipelor pentru dezvoltarea produsului, necesită și ea o abordare colaborativă. Conceperea unei arhitecturi deschise, de formă liniară, prin integrarea aplicațiilor software este conceptul cel mai relevant al fabricii digitale. [189] O asemenea abordare, pune la dispoziție o platformă deschisă, din care informațiile pot fi extrase atât de către utilizatori cât și de dezvoltatori. Procesele colaborative sunt mari consumatoare de timp, mai ales atunci când nu au la bază o infrastructură de comunicație corespunzătoare. Apariția organizațiilor virtuale și interconectarea lor în rețele electronice de date au condus la dezvoltarea echipelor virtuale.[37] Informațiile complete sunt centralizate într-o bază de date, care permite accesul și modificarea oricăror obiecte sau documente ale departamentelor implicate. [24]

Platformele colaborative se pot clasifica [24] pe diverse domenii de aplicabilitate și anume:

- ✚ Rețea colaborativă, autonomă, larg distribuită geografic;
- ✚ Lanțul de aprovizionare ⇔ Supply Chain, o rețea cu întreprinderi ce au fiecare un rol distinct în ciclul de viață al unui produs;
- ✚ Collaborative e-government, compusă din serviciile organizațiilor guvernamentale;
- ✚ Intreprinderile virtuale, ce reprezintă o alianță temporară care își oferă competențele sau resursele pentru a răspunde oportunităților;
- ✚ Organizațiile virtuale, ce sunt un concept similar cu întreprinderea virtuală, dar luptă pentru un scop comun;
- ✚ Organizațiile dinamice virtuale, ce există doar pentru a veni în întâmpinarea oportunităților din piață;
- ✚ Intreprinderea extinsă, care este un concept lărgit al organizației care include și furnizorii;
- ✚ Echipa virtuală, este formată din persoane unite în grupuri ce susțin același proiect și interacționează între ele prin rețele de calculatoare;
- ✚ Mediul de reproducție, adică o asociație de organizații, ce se ajută reciproc pe bază de contracte de colaborare în momentul identificării unei noi oportunități, care include grupurile industriale, sectoarele industriale ce pot include și institute de cercetare, academii, ecosisteme digitale;
- ✚ Rețelele de laboratoare virtuale, ce sunt alianțe de organizații de cercetare;
- ✚ Rețele de salvare în caz de catastrofe naturale, ce sunt extrem de ușor de coordonat; Comunitățile virtuale profesionale de ingineri, consultanți, etc.

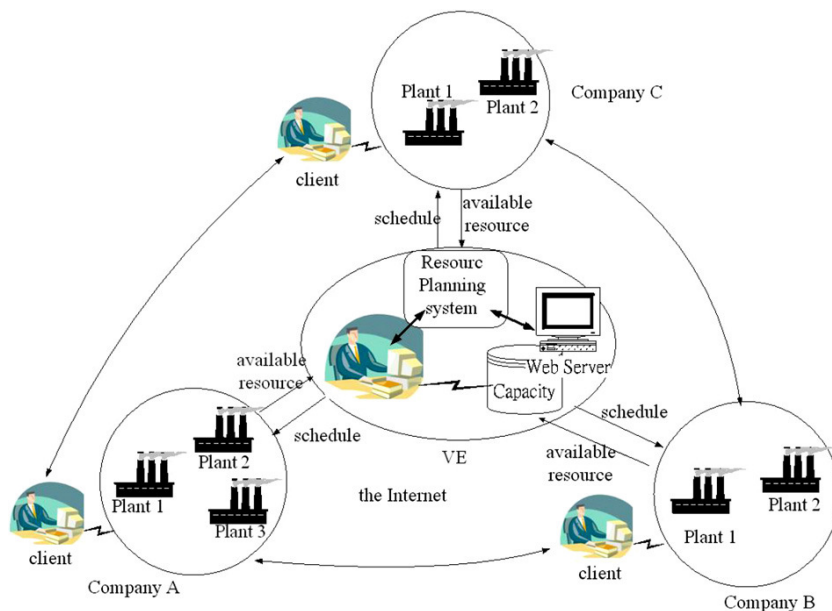


Figura 2.2: Mediul colaborativ [73]

2.6.2. Analiză comparativă a tipurilor de conducere secvențială, simultană și colaborativă

Conducerea secvențială. Organigrama fabricilor s-a schimbat complet față de cea a anilor '70, când serviciile care existau în cadrul întreprinderilor industriale lucrau separat, neexistând o coordonare a activităților desfășurate de către ele. De aceea, etapele erau mereu reluate și modificate cu completările diferitelor servicii la care ajungeau dosarele pe parcursul fluxului de producție, între ele neexistând un limbaj comun, o viziune comună.

Conducerea simultană/integrată. Punerea în paralel a diferitelor activități pe parcursul ciclului de viață al unui produs, conduce la reducerea timpilor de execuție și a termenelor de punere în folosință a produsului. Acest lucru va constitui deosebirea față de demersul liniar prezentat anterior. [48]

Abordarea prin inginerie colaborativă. Contextul global al industrializării, presupune dispersarea echipelor virtuale de specialiști pentru proiectele mari în întreprinderi virtuale, organizate în jurul unei cerințe/necesități exprimate de către un client

2.7. Concluzii

Ingenieria colaborativă, este un mod de abordare a proceselor, ce le adaugă implicit valoare. Este un **mod de gândire** (înspre creșterea productivității și a satisfacției clienților), un **mod de lucru** (strategiile de proiectare permit participanților rezolvarea sarcinilor în mod colaborativ), un **mod de modelare** (se adresează artefactelor de proiectare, ce pot fi dezvoltate, reprezentate și documentate de către un proces colaborativ) și un **mod de control** (cu referire la metodele de măsurare a aspectelor calității proceselor colaborative). Proiectarea proceselor colaborative, cu siguranță este un factor de succes. Această teză de doctorat, va urmări abordarea problemelor de concepție din punct de vedere colaborativ, evaluând, analizând și sistematizând totodată stadiile actuale

Capitolul 3: Arhitecturi de referință, limbaje și tehnologii de modelare

În acest capitol, se vor trata principalele aspecte ale celor mai relevante arhitecturi de modelare (*subcapitolul 3.1*), acordând deopotrivă atenție principalelor standarde, ce pun la dispoziție protocoale și modele de referință (*subcapitolul 3.2*). Unul dintre modelele colaborative cu eficiență maximă fiind ERP, va avea alocată o amplă documentație (*subcapitolul 3.3*), unde se va trata aportul, adus de modelele virtuale (*subcapitolul 3.3.1*) de către funcționalitățile și caracteristicile cele mai importante (*subcapitolul 3.3.2*), managementul relațiilor cu clienții în (*subcapitolul 3.3.3*), implemetarea acestuia într-un mediu real (*subcapitolul 3939.3.4*), precum și analiza riscurilor la implementare (*subcapitolul 3.3.5*), o analiză SWOT a implementării, urmând studiul tendințelor viitoare (*subcapitolul 3.3.6*) și o cercetare despre viitorul ERP în (*subcapitolul 3.3.7*). Firul cercetării ne conduce înspre SAP (*subcapitolul 3.3.8*), ca set complet și agil de soluții, cu tratarea celor mai relevante funcționalități. Tehnologiile emergente de tip SOA (*subcapitolul 3.4.1*), sprijinirea deciziilor de grup (*subcapitolul 3.4.2*), Cloud Computing (*subcapitolul 3.4.3*), și Industria 4.0, în (*subcapitolul 3.4.4*), sunt urmate de o analiză a capabilităților de modelare (*subcapitolul 3.5*). Limbajele de modelare vor fi tratate și analizate în (*subcapitolul 3.6*) urmate fiind de o analiză multicriterială a limbajelor de modelare în (*subcapitolul 3.7*). Concluziile acestui capitol vor fi prezentate în (*subcapitolul 3.8*)

3.1. Arhitecturi de modelare

Modelarea din punct de vedere economic a unei arhitecturi noi în cadrul întreprinderii moderne, a făcut obiectul studiului multor cercetători renumiți, precum Chung-Hsien Kou, A. Gunasekaran și Rutash Mittal. Arhitectura de sisteme deschise CIM-OSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture), este o metodologie orientată mai mult pe vânzări, ce integrează principalele aspecte ale unei întreprinderi și anume: procesele economice, aplicațiile și sistemul fizic, într-un cadru de modelare tridimensional, punând accentul pe generarea, instanțierea și derivarea implementărilor planificate pe model. Printre cele mai relevante se numără: **ARIS** (Architecture of Integrated Information Systems), **PERA** (Purdue Enterprise Reference Architecture), **GERAM** (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology), **GRAI/GIM** (Graph with Results and Activities Interrelated/GRAI Integrated Methodology), **IEM** (Integrated Enterprise Modelling).

3.2. Standarde în domeniul arhitecturilor de referință

Printre cele mai relevante standarde din domeniul arhitecturilor de modelare pot fi enumerate (referirea se va face luând în considerare edițiile în vigoare de la nivelul anului 2014): **ISO 14258/1998**- Concepte, reguli și elemente folosite la crearea modelelor întreprinderii; **ISO 15704/2000**- Metodologii, cerințe și concepte folosite în modelarea prin ARIS, CIMOSA, GRAI sau PERA ce permit larga acoperire a abordărilor diferite; **ENV 40003/1990**- Metodologie conceptuală care identifică conceptele de bază ale întreprinderii; **SR ENV 12204/2004**- Pune la dispoziție protocoalele și interfețele necesare implementării modelelor de organizații.

ISO 14258, a fost adoptat după 14 ani de efort, și cuprinde peste 300 de documente, cu focus pe arhitecturi. A fost elaborat de către Institutul Național de Standarde și tehnologii USA.

ISO 15704, a fost adoptat în anul 2000, după 15 ani de efort și consolidează cunoștințele actuale și practicile din aria industrie automatizate. Cu doar 8 pagini și o anexă de încă 31, el permite o abordarea extinsă a structurii întreprinderii.

ENV 12204, pune la dispoziție un limbaj precis de definire a meta-modelelor, prin reprezentarea corectă a conceptelor și relațiilor definitorii.

ANSI/ISA-95, este un standard internațional pentru dezvoltarea de interfețe între întreprinderi și sistemele de control.

3.3. ERP- Sistemul de planificare a resurselor întreprinderii

Sistemul de planificare a resurselor întreprinderii (abreviat ERP) este instrumentul software care facilitează integrarea tuturor informațiilor dintr-o organizație într-o platformă unică.

3.3.1. Modele virtuale în ERP

Sistemele ERP actuale realizează integrarea tuturor funcțiilor de conducere ale unei companii, plecând de la planificare, asigurarea stocului de materii prime și materiale, definirea tehnologiilor, coordonarea proceselor de producție și nu în ultimul rând, la realizarea gestiunii financiar contabile, a resurselor umane, a stocurilor de produse finite și terminând cu dezvoltarea și menținerea relațiilor cu clienții și partenerii de afaceri [181]. “ERP este o soluție software completă și atotcuprinzătoare pentru o întreprindere. ERP reprezintă și o metodă pentru planificarea eficientă și controlul tuturor resurselor necesare pentru preluarea, realizarea, expedierea și contabilizarea comenzilor clienților în firmele de producție, distribuție ori servicii.

3.3.2. Funcționalități și caracteristici principale

Sistemele ERP, sunt programe modulare, ce funcționează integrat prin folosirea unei singure baze de date, fiecare arie de activitate a companiei fiind acoperită de către o aplicație specifică. Câteva dintre modulele ce servesc la gestionarea cu eficiență a unei întreprinderi sunt: **Producția, salarizarea, Contabilitatea, Imobilizări, CRM, Gestiunea.**

3.3.3. CRM Managementul Relațiilor cu Clienții

În momentul lansării unei noi afaceri, inițial, nu este imperios necesar un sistem integrat pentru managementul proceselor. Achiziționarea primilor clienți și verificarea modelului de afaceri adoptat, sunt dintre primii pași care sunt de executat fără a aduce un cost mare companiei și abia după această etapă de evoluție, putem găsi justificare în implementarea unui sistem software de management al clienților care să centralizeze datele din Marketing, Vânzări, Managementul contactelor și suportul pentru clienți, pentru a obține o viziune asupra situației reale din piață.

3.3.4. Implementarea sistemelor ERP

Calitatea oricărui instrument depinde major de talentul și calificările celui care îl mânuiește. Oricât de scump ar fi un pian, el va fi pus în valoare cu adevărat doar în momentul în care un pianist de excepție își va mișca degetele pe clapele lui. Acest lucru este valabil și în cazul sistemelor ERP. Există exemple de implementări eșuate din cauza: alegerii unor sisteme ERP nepotrivite, performanței echipei de proiect, lipsei de coordonare și comunicare în cadrul companiei în momentul implementării, ignorării îndelungate a unor neajunsuri ale aplicației în ceea ce privește anumite nevoi ale companiei, sau a angajaților care nu sunt instruiți corespunzător. Implementarea cu succes a unui sistem ERP este o temă care a generat o cazuistică bogată.

3.3.5. Analiza riscurilor la implementare

Dintre cele mai mari riscuri ce intervin în momentul implementării, regăsim următoarele :

- ✓ Neimplicarea managementului de top în implementare;
- ✓ Nerigurozitate în emiterea cerințelor;
- ✓ Alegerea unui sistem ERP nepotrivit;
- ✓ Desemnarea inadecvată a resurselor/ persoanelor;
- ✓ Rezistența la schimbare;
- ✓ Neestimarea corectă a timpilor și eforturilor;
- ✓ Maparea incorectă a proceselor de afaceri pe sistemul ERP;
- ✓ Așteptări suprealiste ale beneficiilor;
- ✓ Instruirea inadecvată;
- ✓ Etapizarea detaliată a proiectului implementării;
- ✓ Comunicare în cadrul proiectului;
- ✓ Reduceri de costuri nefundamentate. [182]

3.3.6. Analiza SWOT a implementării unui sistem ERP

În momentul actual, piața ERP poate răspunde cerințelor complexe impuse de oricare dintre modulele de afaceri devenind astfel o necesitate în problema planificării și utilizării resurselor în timp real, conducând întreprinderea pe noi principii de eficiență și competitivitate. Trebuie totuși reținut faptul că ERP nu este un instrument magic și nu vinde rețeta succesului. [223] În urma analizei acestora s-a efectuat o analiză SWOT.

3.3.7. SAP ERP

Cel mai important program de tip ERP, este programul german SAP (sistemul aplicațiilor și produselor) ce se adresează tuturor industriilor și piețelor, permițând eficientizarea activității pentru obținerea de avantaje semnificative într-un timp record (14-20 de săptămâni). SAP-ul a conceput un set complet de soluții pentru afaceri, asigurând o colaborare eficientă între clienți, angajați și parteneri, prin soluții compatibile cu marea majoritate a bazelor de date și sistemelor de operare. Agil și extrem de prompt la schimbările pieței, optimizează operațiuni și resurse și le adaptează complet companiei.

3.3.8. Tendințe ERP – cu ochii spre viitor

Criza economică declanșată la sfârșitul anului 2008 a determinat o schimbare drastică în comportamentul clienților de soluții ERP și nu numai, aceștia reorientându-se spre costuri reduse. Deciziile de achiziții se iau mult mai lent, analiza și punerea în concurență a ofertelor furnizorilor de soluții de pe piață este din ce în ce mai des întâlnită în sectorul privat. Pe termen mediu și lung, se deschide drumul către noile tendințe privind produsele ERP, cum ar fi renunțarea la clasică licențiere în schimbul închirierii produselor și serviciilor legate de ERP.

Companiile producătoare de software, vor adopta serviciile de cloud și vor construi soluții pe platforme oferite ca serviciu (platform as a service - PaaS), datorită agilității și dimensiunii acestor tipuri de servicii. [88] Piața a evoluat prin soluții eficiente pentru întreprinderi construite cu tehnologii pentru centre de date, securitate, comunicații unificate, ERP, CRM. Multe companii vor păstra activitățile ce le oferă unicitate și vor apela la externalizarea serviciilor în sistem “cloud” în locul dezvoltării departamentelor interne.

3.4. Tehnologii emergente și inițiative strategice

3.4.1. SOA

Platformele tehnologice bazate pe **SOA** reprezintă soluția de interoperabilitate. Conceptul de orientare pe servicii este o viziune ideală a lumii în care resursele sunt clar partiționate și reprezentate. Ideea de bază în cazul arhitecturilor orientate pe servicii (SOA), este că toate modulele software -denumite servicii- sunt independente și în același timp interoperabile. Concept de vârf în proiectarea platformelor, SOA este utilizată cu succes și în sfera IT Utilizatorii având posibilitatea de interacționare și preluare a informațiilor, devin colaboratori în cadrul comunităților de tip wiki, blog, social-network. SOA, se adaptează cu ușurință oricărei afaceri, oferind soluții optime în scopul eficientizării costurilor, creșterii performanțelor și randamentului angajaților, cu asigurarea confidențialității și securității datelor. [72]

3.4.2. Medii de lucru colaborative pentru asistarea deciziilor

Aplicarea metodelor de lucru colaborative în scopul sistematizării comunicării între participanții (grup de decidenți) de pe o platformă, a condus la implementarea unei suite de programe pentru facilitarea procesării informațiilor. Metoda de lucru cooperativ cu calculatorul, specifică direcțiilor de cercetare ale tehnologiilor cooperative prin Computer-Supported Cooperative Work - **CSCW** și Group Communication Support Systems **SSDG**, impune o creativitate sporită. Abordarea **orientată spre agent** autonom, folosește tehnici și instrumente ce eficientizează implementarea aplicațiilor complexe. Aceasta este caracterizată de mediul în care este situată și din care își extrage datele, cu scopul final al obținerii controlului asupra acțiunilor pe care le execută, cu câștigarea autonomiei și a capacității de autoguvernare. Din perspectiva inginerescă, capacitatea de colaborare dintre agenți, presupune perceperea corectă a mediului, a interacțiunilor dintre subsistemele componente și a modificărilor ce intervin datorită dependențelor organizaționale. Utilizarea unor modele de proiectare și a unor limbaje specifice, a condus la paradigma **orientării spre obiect. Reducerea timpului de luare a deciziilor,**

presupune interacțiuni între membrii grupului de tipul schimburilor de informații, evidențierea erorilor sau conflictelor, sprijinirea comunicării priorităților, precum și colaborarea în vederea reiterării proceselor din perspective diverse. Decidenții mai creativi și cu mare putere de observare, coexistă și partajează sarcini în mediul virtual cu SSDG - Group Communication Support Systems , influențându-și reciproc autonomia.

3.4.3. Cloud computing

O dezvoltare spectaculoasă o au în ultima perioadă serviciile IT legate de cloud computing. Cercetările de piață vorbesc de o cifră de 11 milioane de euro în 2011, estimându-se o creștere cu cel puțin 50%. anual atât din cloud-ul public, cât și din serviciile de consultanță, integrare și training din cloud-ul privat găzduit și gestionat extern [228]. Veniturile din această activitate în România sunt totuși reduse în comparație cu performanțele înregistrate de alte țări din regiune, dar de preconizează ca până în 2017, suma acestor servicii să depășească 150 de milioane de euro.

3.4.4. A 4-a revoluție industrială- Industry 4.0.

Industria actuală trăiește o perioadă de mari provocări, unde cererea clienților pentru produse noi vine la intervale de timp foarte scurte. Un ciclu de viață al produsului de 6-9 luni, este deja o regulă frecventă acum. Varietatea modelelor și cerințele de calitate cresc, în timp ce ciclul de viață al produselor scade. În Germania, deja discuțiile sunt aprinse în vederea recunoașterii celei de-a **4- a revoluții industriale**, denumită pe scurt, **Industry 4.0**. Începând din aprilie 2011, grupuri de cercetători și experți conlucrează la crearea unei platforme comune care să faciliteze colaborarea tuturor activităților ce aparțin Revoluției Industriale 4.0.[162] În viitoarea lume a rețelelor cu organizare proprie, paradigmele deja existente de tipul SoA (Self Oriented Architectures) sau MAS (multi-agent architectures) care abstractizează funcționalitățile de tip hardware ce conțin mecanisme de auto-organizare și presupun o mare capacitate de cunoaștere a științelor din domeniu, conduc la complicarea implementărilor la nivelul secțiilor de producție și utilizarea greoaie de către personal neinstruit în acest domeniu.

Smart Factory (fabrica inteligentă), deja abordează în acest mod nou, producția. **Smart Products (produsele inteligente)**, sunt produse ce pot fi ușor identificabile, începând de la crearea lor. Sistemele de producție integrate sunt într-o continuă legătură cu companiile. Revoluția Industrială 4.0 presupune o altă dinamică a afacerilor, o dinamică ce permite o mare flexibilitate și transparență, optimizând **procesul de luare a deciziilor**. **Smart Assistance (asistența inteligentă)** oferă personalului angajat avantajul de a economisi timp din sarcinile de rutină în favoarea creativității. Această muncă flexibilă, va permite angajaților să combine munca și viața privată cu dezvoltarea profesională continuă, promovând un bun echilibru între viață și muncă. Utilizarea Internet- Of- Things-and –Services în producție va conduce cu siguranță la schimbări majore în adoptarea unei strategii duale de înaltă tehnologizare prin implementarea următoarelor caracteristici:

- Integrarea orizontală prin rețele de valoare;
- Integrarea digitală a întregului lanț de producție;
- Integrarea verticală a sistemelor de producție în rețele de valoare.

3.4.4.1. I 4.0, parte a unei ample viziuni asupra unei lumi inteligente interconectate

Într-un mediu productiv, produsele inteligente știu când au fost executate, cu ce parametri și în ce scop. Interfațarea lor cu tot ceea ce înseamnă mobilitate, logistică și rețele inteligente, vor face din fabrica inteligentă cheia infrastructurilor inteligente de mâine, ceea ce presupune transformarea modelelor de afaceri. [233] Arhitectura I4.0, devine trend-setter al noilor concepte determinate de High Tech Strategy 2020.

Abordarea holistică a I4.0, presupune **integrarea orizontală**, ce se referă la integrarea diferitelor sisteme IT, utilizate în etapele procesului de producție, ce implică schimbul de materiale, energie și informații atât în interiorul companiei, cât și cu companiile partenerie în scopul punerii la dispoziție a soluțiilor finale prin **crearea de rețele/lanțuri de valoare**. **Integrarea verticală** se referă la integrarea diferitelor sisteme IT pe același nivel ierarhic (control, producție, management, execuție) cu scopul final al alegerii soluției optime.

3.4.4.2. Noi oportunități și modele

I4.0, presupune personalizarea puternică a produselor în condițiile unei producții flexibile, prin metode de auto-optimizare, auto-configurare și auto-diagnoză. Această implementare, permite dezvoltarea de noi modele de parteneriate ce vor promova soluții dinamice pentru IMM-uri. [82] Stabilirea exactă a celor mai relevante aspecte din ciclul de viață al produsului vor ajuta la alegerea parteneriatelor optime în rețea, cu efecte dinamice asupra indicatorilor de producție.

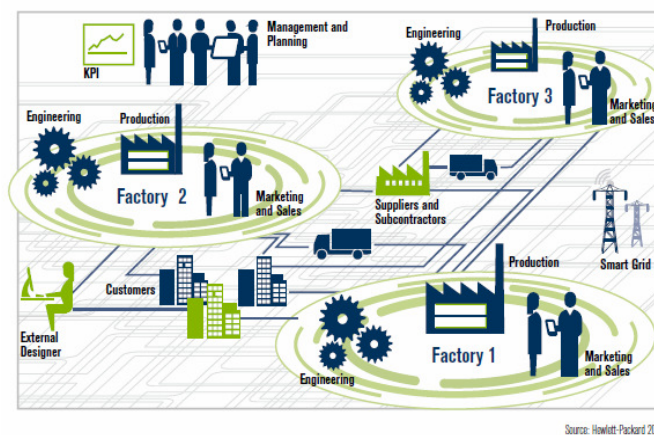


Figura 3.1: Rețele de valoare [229]

3.4.4.3. Perspective ale arhitecturii 4.0.

Arhitectura I4.0 permite integrarea prin intermediul rețelelor de valoare a standardelor corespunzătoare. Găsirea unui echilibru între standardizare și individualizare presupune o abordare holistică a unor noi modele de licențiere, responsabile pentru implementarea tehnică a arhitecturii de referință. Modelarea în I4.0. oferă un potențial enorm în efectuarea activităților manuale în mod automat, cu impact în timp real în lumea reală, în depistarea precoce a erorilor în cadrul soluțiilor găsite, permițând totodată transparență în cadrul fluxului de informații.[82]

3.4.4.4. Siguranță și securitate ca factori critici pentru succesul arhitecturii I4.0.

Siguranța și securitatea sunt două aspecte esențiale în respectul pe care îl datorăm mediului de fabricație din punct de vedere al pericolelor de acces neautorizat, know-how-ului (protejat împotriva utilizării abuzive) și alte drepturi de proprietate intelectuală. Măsurile de securitate sunt lent/greoi puse în aplicare, sau uneori sunt puse doar parțial. Schimburile de date între sisteme, având loc între componente ce acționează autonom între participanții implicați, presupune abordarea sistemului din punct de vedere al siguranței și securității, determinând chiar un mod teoretic de securitate în design, ce trebuie urmat obligatoriu în toate etapele proiectării.

3.4.4.5. Oamenii și munca în I4.0., restricții comerciale și eficientizarea resurselor

În contextul fabricilor inteligente, datele fiind generate și transmise în mod automat de către mașini inteligente în scopul coordonării producției cu logistica, vor fi supuse strategiilor de menținere secrete, deoarece acestea conțin un bagaj valoros pentru potențiali terți. În aceste cazuri, ar putea deveni de mare interes, o garanție juridică privind protecția datelor corporative sau secretelor comerciale, lucru ce le-ar permite companiilor să-și mențină „suveranitatea” asupra datelor lor, prin stabilirea obligativității de a furniza notificări pentru orice încălcare a problemelor de securitate. În prezent, module externalizate de prelucrare a datelor, precum CLOUD COMPUTING se confruntă deja cu dificultăți deoarece standardele de protecție în vigoare nu se aplică și țărilor extracomunitare. [230]

3.4.4.6. Fabrica de azi vs. I4.0

Fabrica de azi, funcționează centralizat, utilajele ce formează procesul de producție fiind independente. Conform noilor tendințe, industria va deveni predictivă, utilajele formând adevărate comunități colaborative. Procesarea istoricului datelor și utilizarea de instrumente performante, vor reduce procesul decizional. Așadar, schimbările aduse de I4.0 sunt majore, ele reflectându-se într-o infrastructură scalabilă, într-o gestionare eficientă a echipamentelor și implicit în creșterea productivității. Inițiativa strategică INDUSTRY 4.0. pune astfel un pas crucial în garantarea potențialului de inovare din industrie.

3.5. Analiza comparativă a capabilităților de modelare a principalelor arhitecturi

Transformarea și adaptarea întreprinderii moderne în mod eficient la noile cerințe informatice presupune o integrare, dezvoltare și organizare a tuturor cunoștințelor referitoare la resurse, procese, fluxuri, optimizări. Funcționarea optimă a subsistemelor decizionale, informaționale și operative, permite descrierea structurii de bază a întreprinderii și explicarea relațiilor și principiilor de funcționare dintre ele. Toate aceste informații se regăsesc în arhitecturile de modelare cu limbajele aferente, în tehnicile și metodele de modelare. În cadrul tezei se regăsește o comparație din punctul de vedere al ciclului de viață, completată cu I4.0, din punctul de vedere al genericității și din punctul de vedere al perspectivelor de modelare:

Din această analiză, având în vedere evoluția informatică din ultimii se poate constata clar, că arhitectura 4.0. tinde spre perfecțiune.

3.6. Limbaje de modelare

În vederea analizei și proiectării programelor, s-au creat limbaje artificiale care pot fi utilizate pentru a exprima informații, date sau sisteme, numite limbaje de modelare. Limbajele de modelare susțin eforturile de generare și creare de noi modele, prin descrierea perspectivelor particulare ale întreprinderii. **BPML - Business Process Modeling Language**, este un limbaj pentru modelarea proceselor de business. Bazat pe tehnica flowchart, acesta pune la dispoziție un standard specific de notații BPMN (Business Process Modeling Notation), ce vine în sprijinul utilizatorilor tehnici, precum și celor economici, de business, prin ușurința utilizării lor. Modelarea evenimentelor influențează fluxul de procese funcție de momentul pornirii lui: în timpul unui flux de procese, sau la încheierea lui, timp în care, BPMN furnizează moduri de notare diferite pentru fiecare tip de eveniment. La modelarea proceselor complexe, unde intervin modelarea de mesaje, cronometre (timers), diverse reguli de afaceri, BPMN permite specificații exacte, ce sunt atașate evenimentului. Acest lucru implică constrângeri asupra fluxului de procese, ce impun reguli de modelare, respectiv reguli în afaceri ce vor trebui executate de unealta de modelare.[245]

3.7. Analiza multicriterială a limbajelor de modelare

În vederea efectuării unei analize multicriteriale a limbajelor de modelare, se va ține cont în mod deosebit de câteva dintre cunoscutele analize comparative ale acestora. [26] [54] Bazându-ne pe documentațiile existente în literatura de specialitate, se încercă evaluarea celei mai performante alternative dintre ele, pe bază de criterii de maxim interes. Astfel, vom nota $E = \{E1, E2, \dots, E10\}$, mulțimea formată din criteriile principale și anume: E1, unelte; E2, suportul metodologic; E3, perspectiva funcțională; E4, perspectiva informațională; E5, perspectiva resurselor; E6, perspectiva organizației; E7, posibilitatea deosebirii cu ușurință a problemelor; E8, descompunerea funcțională; E9, genericitatea; E10, deosebirile între funcționalități. Rezultatele obținute sunt evidențiate în graficul următor, demonstrând clar, ordinea ierarhică în funcție de criteriile alese.

Opțiunea definitivă se va îndrepta însă spre **BPML**, datorită multiplelor variante implementate Prin urmare, conform rezultatelor obținute, pentru optimizarea și reducerea costurilor, se vor alege: arhitectura **I4.0.**, unde există opțiunea utilizării limbajului de modelare BPML, standardul ISO recomandat pentru implementarea modelului întreprinderii și nu în ultimul rând, tehnologiile WEB și aplicațiile cele mai potrivite organizației.

3.8. Concluzii

Principalele concluzii se îndreaptă în direcția elaborării unui model metodologic de concepție, bazat pe ingineria colaborativă, utilizând lanțurile valorice ale I4.0 lucru ce ar permite tuturor celor ce participă la proces, colaborarea. Pentru integrarea informațiilor necesare, este utilă compatibilitatea datelor, deci sunt necesare standardele și posibilitățile de modelare ale BPML, și limbajele de modelare. Tot studiul de până acum, a permis trecerea progresivă de la general la particular în modelarea proceselor de fabricație. În acest mod, au devenit identificabili, următorii pași în cadrul cercetării, cei referitori la elaborarea metodologiei unei platforme colaborative.

Capitolul 4: Metode, tehnici și instrumente de modelare, simulare și optimizare ale sistemelor de producție

Pe parcursul acestui capitol, se vor trata subiecte legate de metodele de modelare și simulare ale sistemelor de producție (*subcapitolul 4.1*), ce vor cuprinde clasificări ale tipurilor de modele (*subcapitolul 4.1.1*), etapele construirii unui model (*subcapitolul 4.1.2*), studierea modelării și simulării asistate de calculator cu prezentarea principalelor software-uri (*subcapitolul 4.1.3*). Modelarea Petri, în (*subcapitolul 4.1.4*), impune și prezentarea principalelor tipuri de rețele. În paragraful despre Teoria așteptării (*subcapitolul 4.1.5*), regăsim de asemenea o aplicație ce vine în sprijinul reglării și optimizării așteptărilor într-un sistem de producție. Modelarea cu Plant Simulation, și prezentarea celor mai relevante principii de modelare și instrumente specifice, se va finaliza cu studiul beneficiilor aduse în (*subcapitolul 4.1.6*). Deosebit de interesantă, ca rezultate ce se pot obține este și modelarea proceselor cu Adonis (*subcapitolul 4.1.7*), ce permite interpretarea colaborativă a lanțurilor de valori. Neuro Solutions, studiată în (*subcapitolul 4.1.8*), devine importantă datorită facilității de interpretare a rezultatelor. Matematic vorbind, este posibilă modelarea oricărui sistem de producție, așa că s-au studiat bazele matematice, conceptele și funcțiile implicate în procesul de optimizare în (*subcapitolul 4.2*), cu ajutorul algoritmilor genetici (*subcapitolul 4.3*).

4.1. Metode de modelare și simulare a sistemelor de producție

Urmare a revoluțiilor tehnico-științifice din producție, s-a recunoscut faptul că în etapele viitoare de dezvoltare, vor avea loc transformări profunde ce vor conduce la modificarea conceptelor și metodelor prin impunerea unei abordări sistemice a procesului de producție.

Tabelul 4.1: Avantajele și dezavantajele simulării

AVANTAJELE SIMULĂRII	DEZAVANTAJELE SIMULĂRII
- studiază și cercetează sisteme, ale căror rezultate nu se pot interpreta altfel;	- posibilitatea neglijării unor aspecte esențiale;
- se asigură un control mai exact decât în realitate;	- experimente mari consumatoare de timp;
-timpul se poate comprima, anii transformându-se în minute;	- nu se cunosc rezultatele;
- imagine apropiată realității;	- demonstrare greoaie;
- schimbarea cu ușurință a parametrilor;	- metode de testare complexe;
- dirijarea experimentelor sistematice spre realitate.	- metodă euristică.

Rezultatele simulării sunt întotdeauna descriptive, dar bune evaluatoare ale soluțiilor optime. Când problemele de studiat sunt atât de complexe încât studierea lor cu ajutorul modelării analitice sau cu tehnici numerice este greoaie, se apelează la simulare.

4.1.1. Sistemele și modelele lor. Tipuri de modele

Sistemele de producție, reprezintă un tot integrat de elemente componente, un ansamblu ce organizează și transformă. **Modelele digitale**, pot fi împărțite în **modele statice** (orientate pe structuri, de tipul listelor de materiale sau planuri geometrice 2D sau 3D) și **modele dinamice** (de simulare bazate pe evenimente discrete, cinematice). O amplă clasificare din diverse puncte de vedere a acestora este detaliată în teză.

4.1.2. Etapele construirii unui model

Utilizarea principiilor și legilor fizice, precum și folosirea datelor experimentale obținute în urma testelor contribuie la realizarea modelului. Așadar, etapele vor fi:

1. Prima etapă, este cea a formulării problemei, prin determinarea și analizarea variabilelor de stare și decizionale, precum și identificarea performanțelor și elementelor sistemului;
2. Elaborarea modelului de simulare, prin evaluarea subsistemelor și elementelor componente și reprezentarea realității în model;
3. Prelucrarea, estimarea și evaluarea primară a datelor și parametrilor, în vederea stabilirii soluției și a elaborării algoritmului de simulare;
4. Validarea modelului prin efectuarea de probe prin parametri comparabili și definiți de intrare și ieșire;
5. Construirea sistemului modelat. [16]

4.1.3. Modelarea și simularea asistată de calculator. Arena, Team Center, Oracle

Transformarea semifabricatelor în piese și produse finite, presupune un proces de producție laborios, ce trebuie privit ca un sistem cu interacțiuni și relații complexe ce conlucrează în vederea atingerii scopului final.

Mediul software Arena- Analiza sistemelor de așteptare complexe prin ARENA SIMULATION, software creat de Rockwell Automation, demonstrează și previzionează efectele economice în vederea simulării afacerilor de succes, fiind dedicată modelării și simulării numerice a sistemelor de servire în masă, cu evenimente discrete.

TeamCenter - Simularea tradițională, limitează nivelul de performanță, așadar, timpul pentru conceperea de noi proiecte specifice, se consumă în defavoarea reutilizării informațiilor CAD, sau a celor privind gestionarea proceselor CAE. Prin software-ul Team Center, companiile pot crea un mediu optim de simulare și modelare, utilizând aceste date, în etape cheie, precum: simularea proiectelor, analiză detaliată, simularea cunoștințelor și automatizarea procesului, corelarea și validarea și simularea datelor cu gestionarea proceselor.

Oracle - În ultimii aproape 40 de ani, Oracle, a fost liderul software-urilor din domeniul modelării și simulării, dezvoltând tehnologii de cea mai bună clasă, ajungând la aplicațiile tip cloud. Strategia Oracle, include infrastructura bazată pe tehnologiile SOA (service-oriented-architecture), pe standarde deschise și pe un ecosistem riguros verificat în vederea reducerii riscurilor, cu mare capacitate de gestionare a bazelor de date warehousing cât și a aplicațiilor on-line de procesare a tranzacțiilor. [206]

4.1.4. Modelarea Petri

Prezentarea tezei de doctorat "Communication mit Automaten" (Comunicarea cu automate), a matematicianului german Carl Adam Petri în urmă cu cinci decenii (1962), prin abordarea flexibilă a problemelor practice din sfere mari de operare, a fost doar punctul inițial al dezvoltării unei teorii aplicabilă celor mai variate și complexe domenii. În acest larg context al științei sistemelor, a apărut sistemul cu evenimente discrete (sistem real sau model matematic) prin raportarea evoluției lui la apariția unor evenimente. Dinamica generală a sistemului este influențată de evenimentele discrete, ce joacă rol de cauză generatoare de efecte. [125] Rețelele propuse de Petri, conform algebrei booleene, permit prin analizarea unei reprezentări matematice inițiale a sistemului, furnizarea de informații esențiale despre structura și comportamentul lui. În cadrul tezei s-au exemplificat diversele tipuri de rețele.

4.1.5. Teoria așteptării în modelarea sistemelor de producție

Parametrii esențiali ai procesului tehnologic ce trebuie să respecte perfect cerințele și indicațiile tehnice sunt: precizia, siguranța, economicitatea și productivitatea. Modul cel mai facil de alegere a soluției optime, este prin modelarea procesului ce va ține cont de toate condițiile (volum de producție, capacitate, termene), dotările tehnice și posibilitățile de cooperare cu alte companii din piață, cu respectarea documentației tehnologice a legii de bază a producției. În organizarea și verificarea procesului de producție se pot folosi cele trei tipuri standardizate de diagrame și anume:

1. compunerea reperelor în produs, unde reperatele și subansamblele ce vor forma produsul final sunt asamblate într-o anumită ordine după o schemă de asamblare tip evantai;
2. circuitul reperelor și subansamblelor, cu indicarea ordinii operațiilor și atelierelor din punct de vedere economic;
3. programarea calendaristică, în vederea reducerii timpilor ciclurilor de producție și respectarea unei ordini temporale precise.

4.1.6. Modelarea cu ajutorul Plant Simulation

Tecnomatix Plant Simulation

Unul dintre software-urile cele mai recunoscute pentru modelare este **Tecnomatix Plant Simulation**, el permițând crearea unui model digital al procesului de fabricație. Diferite scenarii se pot testa pe astfel de modele mult mai ușor decât în realitate, eliminând astfel potențialele perturbări în funcționarea sistemelor de fabricație. [215] Conform Plant Simulation **simularea virtuală oferă**: modele orientate pe obiect cu structuri ierarhice, arhitecturi deschise cu interfețe cu standarde multiple, organizarea cataloagelor și obiectelor, optimizarea prin algoritmi generici, rezultate automate ale analizei simulării și rapoarte bazate pe HTML Builder. [215]

Dintre **beneficiile Tecnomatix** se pot menționa:

1. corelarea etapelor de producție cu ingineria, planificarea și proiectarea produsului;
2. ușurința planificării și validării pieselor;
3. proiectarea determinată de proces și optimizarea întreprinderii;
4. un management corect al proceselor de fabricație;
5. optimizarea proceselor de producție, calitate și gestiune;

6. constituie un suport perfect pentru implementarea fabricii digitale;
7. contribuie la reducerea costurilor în timp ce calitatea crește;
8. scurtarea ciclurilor de producție;
9. planificarea și evaluarea scenariilor de producție într-un mediu virtual;
10. adaptarea la schimbările rapide ale mediului concurențial. [199]

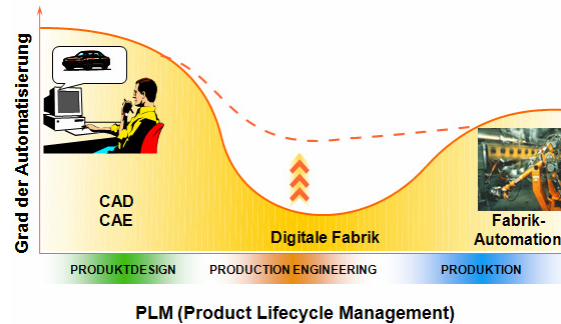


Figura 4.1: Modelarea eficientă [142]

4.1.7. Modelarea în ADONIS

ADONIS este un software ce vine în sprijinul proiectării operaționale și a documentării imaginii procesului, având propriile tehnici de modelare și propriul limbaj, sprijinind optimizarea proceselor de afaceri. Modelarea și execuția proceselor de afaceri precum și monitorizarea este facilitată de un motor de flux de lucru al procesului, ce are specificat limbajul tip BPMN.



Tabelul 4.1: Comparații între răspunsuri Adonis și UML

	ADONIS	UML
CARE ?	Pune la dispoziție maparea proceselor	Utilizează cazuistica
CINE ȘI CE ?	Lucrează cu modele abstracte	Diagrame de secvențe, Diagrame collaborative
CUM ?	Procese modelate și operaționale	Diagrame de activitate

Având în vedere faptul că în ultimii ani, organizațiile urmează tot mai des varianta digitală, au avut loc schimbări importante în adaptarea acestora la internet. Combinația dintre aceste tehnologii s-a executat rapid, ieftin și accesibil în sensul evoluției și integrării celor patru trenduri: cloud computing, portabilitate, colaborare socială și analiza datelor.

Viziunile specifice, analizele grafice, comparațiile, managementul documentelor și optimizările oferite de Adonis Cloud, vin în sprijinul celor ce apreciază serviciile și siguranța oferită de platformele cloud, ce promovează o nouă dimensiune în managementul datelor. O scurtă comparație între cele mai noi variante de Adonis este detaliată în cele ce urmează:

Tabelul 4.4: Comparații între Adonis Cloud și Adonis Process Portal

 Adonis Cloud	 Adonis Process Portal
Soluție BPM intuitivă	Suită BPM
Acces colaborativ facil	Disponibilitatea scenariilor BPM
Focus pe modelarea proceselor de afaceri și analize grafice	Managementul riscurilor
Viziune	Integrare cu SAP
Disponibilitate în servicii cloud și în cloud privat	Metamodelle
Necesită browser HTML	Disponibilitate
Promovare tip software as a service (SaaS), prin providerul CloudSigma	
Stocarea datelor conform ISO27001 în centrul certificat din Elveția	
Platformă flexibilă și scalabilă	

Ca și concluzii finale, se desprind multiplele aprecieri referitoare la această tehnică, ce este privită ca și o unealtă complet integrată pentru modelarea proceselor cu posibilități majore de analize, de reinginerie și optimizare. [203]

4.1.8. Modelarea proceselor cu *NEURO SOLUTIONS*

Este binecunoscut faptul că *Inteligența Artificială (IA)* a întrunit mai multe concepte, evidențiate în diferite definiții, acestea ținând cont și de specificul perioadei respective. Încadrarea termenului de Soft Computing, introdus de Lotfi Zadeh, apare ca „o abordare manifestată în domeniul calculului matematic, având capacitatea minții umane de a raționa și a învăța din mediul incertitudinii și impreciziei”. [139]

Acest software este proiectat în scopul elaborării de modele pentru rezolvarea unei mari varietăți de sarcini, precum: datamining, clasificări. Sistemul de operare este Windows, venind în întâmpinarea dezvoltării de sisteme artificiale, ce pot realiza sarcini la fel de inteligente, precum cele dezvoltate de creierul uman. Ele acumulează informații prin învățare, sau prin memorarea de informații în straturi intermediare. Această metodă, reprezintă o formă de inteligență artificială, ce imită procesul de învățare al creierului, cu scopul extragerii tiparelor din istoricul datelor tehnologice și al implementării de noi soluții. Este de fapt o rețea de **DATAMINING** (proces de extragere a modelelor din structuri cu volum mare de date, modelele identificate ca fiind valide, se transformă apoi în cunoștințe ce fundamentează **luarea deciziilor**), ce creează modele predictive.

În vederea optimizării prin această metodă, se alege un model, ca și variantă inițială, căruia i se aplică variabile de proiectare restrictive sub forma de egalități sau inegalități. Optimizarea va consta în determinarea valorii minime a funcției obiectiv dependente de variabilele de proiectare propuse. [54]

Algoritmul matematic al procesului de optimizare, este strategia alegerii celei mai bune soluții din mulțimea tuturor celor posibile. Funcția obiectiv (liniară sau neliniară) este componenta fundamentală a procesului de optimizare. Aceasta nu are nicio restricție de definire.

4.3. Algoritmul genetic. Utilizări

Căutarea soluțiilor optime pentru problemele complexe, se bazează pe mecanismul natural al evoluției biologice.

4.2. Baze matematice, concepte și funcții ale procesului de optimizare

Alegerea soluțiilor optime, prin aplicarea metodelor deja demonstrate matematic, a devenit o necesitate. Algoritmii genetici reprezintă tehnici inteligente stohastice de optimizare bazate pe un mecanism ce imită selecția naturală. Algoritmii genetici sunt procese iterative prin care o populație inițializată în manieră aleatoare este transformată succesiv prin selecție, mutație și încrucișare, până la atingerea unui anumit număr de iterații (generații) sau până la îndeplinirea unui alt criteriu de oprire. Principalul beneficiu al algoritmilor constă în faptul că pot fi aplicați unui mare număr de probleme fără modificări semnificative. Metodele bazate pe algoritmi genetici sunt adecvate optimizării proceselor care vizează atingerea în mod concomitent a mai multor obiective, uneori contradictorii (*optimizare multiobiectiv*) [138], putând lucra cu *funcții obiectiv scalare* [138] sau *vectoriale* [60]. În identificarea practică a sistemelor, optimizarea proceselor, este adesea de dorit să se poată manevra simultan câteva obiective și restricții. [60]

4.4. Concluzii

În cadrul acestui capitol, au fost studiate și ierarhizate metodele de modelare și simulare ale sistemelor de producție. Pentru următoarele etape ale cercetării, în urma clasificărilor celor mai relevante metode de simulare și modelare a sistemelor de producție, precum și în urma comparării principiilor de modelare, a beneficiilor și instrumentelor specifice, am ales aplicarea și dezvoltarea modelării în ADONIS pentru cazul concret cercetat. De asemenea modelarea cu ajutorul NeuroSolutions este de o importanță majoră în luarea deciziilor corecte facilitând interpretarea rezultatelor.

Capitolul 5: Proiectarea proceselor colaborative privind resursele întreprinderii dezvoltate pe platforma I4.0.

A 4-a revoluție industrială (Industry 4.0) descrie un scenariu evolutiv și progresiv al producției industriale. Platforma "Industria 4.0" (I40) este definită ca fiind *"a patra revoluție industrială, ea propunând un nou nivel de organizare și control al întregului lanț valoric pe perioada ciclului de viață al produselor. Baza este construită pe cerințele din ce în ce mai individualizate ale clienților, începând de la ideea, contractul pentru dezvoltarea produsului, producția și livrarea acestuia către client, urmărindu-se reciclarea, cu inclusiv toate serviciile asociate. Relevantă este disponibilitatea pe platformă a tuturor informațiilor în timp real, existând totodată și posibilitatea implicării tuturor instanțelor în creșterea valorii și capacității datelor cu scopul optimizării acestora în timp. Prin colaborarea/ interacționarea oamenilor, obiectelor și sistemelor informatice apar în mod dinamic rețele cu valoare adăugată ce se auto-organizează în funcție de diferite criterii precum: costurile, disponibilitatea și utilizarea resurselor."* [249]

În acest context, misiunea este de a integra controlul și organizarea rețelelor de valoare în domeniul tehnologiei de automatizare industrială. Această integrare are în vedere două aspecte: pe de o parte, funcționalitățile sistemelor de automatizare industrială ce trebuie să fie în măsură să poată fi utilizate în mod direct de către sistemele de management, iar pe de altă parte, funcționalitățile lanțului valoric ce trebuie să poată fi integrate în sistemele de automatizare industrială. Din aceste activități, precum și datorită cerințelor în proiectarea viitoarelor sisteme industriale de automatizare, se identifică o arhitectură de referință care se va diferenția fundamental de arhitecturile de referință prezentate în *capitolul 3*. În esență aceasta presupune trecerea graduală de la o arhitectură centralizată la una descentralizată care să faciliteze colaborarea. La momentul actual această arhitectură este în curs de elaborare și cu siguranță va suferi modificări ulterioare pe măsură ce conceptul I40 va fi asimilat de mediul industrial.

Prima fază în implementarea unei platforme I40 constă în identificarea și modelarea lanțurilor de valori cu scopul definirii unor noi modele de afaceri care să beneficieze de amplificarea interacțiunii dintre diferite subsisteme ale sistemului de fabricație. Această etapă va fi detaliată în (*subcapitolul 5.1*) pe baza principiilor ingineriei colaborării. În secțiunile următoare este exemplificată descompunerea unor lanțuri de valori în procese colaborative, în speță pentru dezvoltarea produsului (*subcapitolul 5.2*) și a capacităților de fabricație (*subcapitolul 5.3*). Interacțiunea dintre diferite procese colaborative în cadrul unor lanțuri de valori distincte este ilustrată în *subcapitolul 5.4*. Capitolul se încheie cu o sinteză a ideilor principale rezultate în urma analizei și modelării proceselor colaborative din cadrul lanțurilor de valori ale arhitecturii de referință I4.0, precum și a contribuțiilor personale din această parte a lucrării (*subcapitolul 5.5*).

5.1. Procese colaborative în arhitectura de referință I4.0

Secțiunea sintetizează principalele lanțuri de valori din cadrul platformei I4.0 (*secțiunea 5.1.1*), a modului în care aceste lanțuri de valori pot fi descompuse și structurate în procese colaborative (*secțiunea 5.1.2*), precum și identificarea unor procese colaborative relevante în

contextul acestor lanțuri de valori (*secțiunea 5.1.3*). Se evidențiază posibilitatea reutilizării modelelor colaborative în cadrul unor lanțuri de valori diferite și existența unor instanțe multiple ale acestor modele în contextul real de utilizare în cadrul întreprinderii. Detalierea, reutilizarea și interacțiunea dintre aceste procese colaborative conform principiilor ingineriei colaborării descrise în *secțiunea 5.1.2* vor fi explicate în secțiunile următoare.

5.1.1. Lanțuri de valori în arhitectura de referință I4.0

Un lanț valoric descrie procesul de creare de valoare de-a lungul ciclului de viață al unui activ (produs material sau imaterial). În arhitectura de referință propusă de VDI (Asociația Inginerilor din Germania) și VDE (Asociația de Electrică, Electronică și Tehnologia Informației din Germania) pentru I4.0 sunt identificate patru lanțuri interne de valori:

- 1) managementul produsului;
- 2) managementul facilităților de producție sau a infrastructurii;
- 3) managementul echipamentelor de fabricație și
- 4) managementul comenzilor, realizarea produsului sau a serviciului propriu-zis. [250]

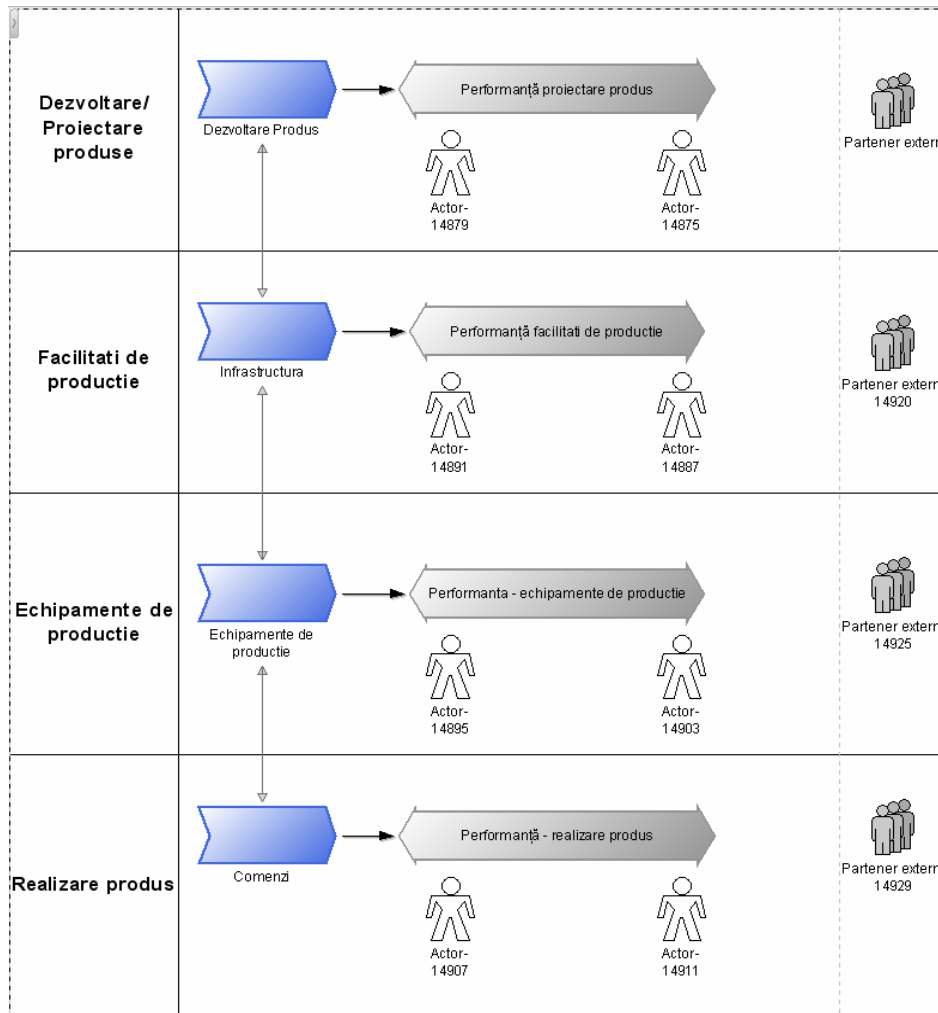


Figura 5.1: Principalele procese cu valoare adăugată în cadrul întreprinderilor dezvoltate pe platforma I4.0

Evident, în afară de aceste lanțuri de valori specifice mediului I40, există lanțuri de valori adiacente care joacă un rol important pentru o anumită întreprindere, dar nu aparțin direct platformei I40. Acestea sunt, de exemplu lanțuri de valori pentru dezvoltarea și întreținerea de norme, standarde, metodologii, tehnologii, instrumente, etc.

În concluzie, **I4.0 identifică principalele lanțuri de valori** care vor fi vizate în primele implementări ale unei fabrici pe platforma I4.0 în conformitate cu arhitectura de referință. Toate aceste lanțuri de valori presupun colaborarea diversilor actori implicați în planificarea, inițierea, execuția și monitorizarea proceselor. *Modul în care ingineria colaborativă poate sprijini optimizarea acestor lanțuri de valori va fi elaborat în continuare.* De asemenea, observăm că lanțurile de valori aparțin unor procese clasice de creare de valoare. În fiecare caz în parte se examinează care dintre aceste procese cu valoare adăugată sunt necesare și care este modul în care acestea sunt interconectate prin tehnologia informației organizaționale. Datorită obiectivelor economice diferite ale participanților, sau a adoptării diferitelor modele de afaceri sau strategii de producție, rezultă structuri individuale ale acestora, specifice fiecărei fabrici.

5.1.2. Decompoziția și modelarea proceselor colaborative

Ingineria colaborativă accentuează, pe lângă transparența utilizării resurselor întreprinderii și implicarea tuturor factorilor decizionali în acest proces complex pentru a facilita punerea informată în practică a deciziilor luate. În cazul principalelor lanțuri de valori din I4.0 avem de a face în mod evident cu un decident colectiv. După cum s-a arătat în secțiunea anterioară acest lucru presupune colaborarea unor actori diverși în cadrul lanțurilor de valori. Avantajul acestui proces decizional colectiv constă în: a) *implicarea activă și continuă* a factorilor de decizie în analiza oportunităților și riscurilor ce pot fi potențate sau evitate pe parcursul planificării, inițierii, execuției și monitorizării unui lanț de valoare; b) îmbunătățirea *coordonării* între interesele, perspectivele, intențiile și acțiunile factorilor de decizie; c) *comunicarea* cunoștințelor, intențiilor și deciziilor; d) *angajamentul* față de implementarea măsurilor rezultate.

Tabelul 5.1: Modele de interacțiune în cadrul proceselor decizionale colaborative

Model	Descriere
<i>Divergența</i>	Este procesul de extindere și diversificare al numărului de concepte cu care operează un grup de lucru. O clasă specială a acestei categorii o presupune elaborarea sau detalierea unor concepte preexistente. În timpul procesului de elaborare, grupul începe procesul decizional cu un set de concepte identificat în prealabil pe care le extinde în mod creativ sau le analizează pentru a adânci gradul de înțelegere prin contribuția cu informații adiționale relative la conceptele inițiale.
<i>Convergența</i>	Este procesul de selectare a conceptelor considerate mai importante cu scopul unei evaluări ulterioare. Prin diminuarea numărului de concepte utilizate acest proces simplifică complexitatea cognitivă de evaluare. Un astfel de proces presupune existența unui element de filtrare prin care se încearcă reducerea numărului de concepte utilizate și a unei descrieri semantice care să ajute la stabilirea unei semnificații comune asupra terminologiei și conceptelor utilizate în cadrul grupului.

<i>Organizarea</i>	Este procesul de aprofundare al (inter)relațiilor dintre anumite concepte. Atunci când grupul încearcă organizarea unuia sau mai multor concepte, această activitate presupune o aprofundare a înțelegerii relațiilor dintre conceptele abordate. În mod frecvent această fază nu se execută decât în scopul facilitării activităților ulterioare, precum evaluare sau realizarea consensului.
<i>Evaluarea</i>	Este procesul de creștere a gradului de înțelegere a consecințelor decizionale pe care le induc anumite concepte. Rolul acestei activități este pe de o parte focalizarea secvențială a discuției grupului pe fiecare concept în parte, iar în al doilea rând, pe baza unei evaluări obiective în funcție de anumite criterii de evaluare, comunicarea perspectivei decizionale a grupului asupra valorii relative pe care o aduce fiecare concept în parte asupra deciziei finale. Faza de evaluare este urmată în mod frecvent fie de o fază divergentă, fie de realizare a consensului.
<i>Realizarea consensului</i>	Este procesul de creștere a gradului de consens în cadrul grupului asupra unui plan de acțiuni (implementarea deciziei). Scopul acestei faze este de a permite decidenților să ajungă la un angajament comun. De obicei procesul este utilizat pentru a stimula creșterea gradului de consens printre factorii decizionali critici și de implicare activă a acestora în fazele ulterioare de implementare a deciziilor respective.

Indiferent de modelul procesului decizional colaborativ în care acesta poate fi descompus sau structurat, acesta cuprinde anumite tipuri de activități sau modele de interacțiune colaborativă. Acestea prezintă caracteristici comune în raport cu modul de transformare a cunoștințelor cu care operează grupul. Până în prezent au fost identificate cinci modele de interacțiune decizionale de grup [20] în general fiind acceptat faptul că aceste categorii sunt suficiente pentru a modela orice proces decizional colaborativ așa cum sunt sintetizate în tabelul 5.1 [20]

Fiecare lanț valoric constă în execuția unor procese cu valoare adăugată. Fiecare proces de creare a valorii poate fi privit ca o compoziție de sub-procese de producție care transformă anumite intrări de produse. În sens generalizat, un produs poate fi orice artefact fizic sau informațional, un plan, o strategie, un dispozitiv reparat, un dispozitiv montat sau doar un nou produs în sensul specific al producției industriale. Procesele cu valoare adăugată nu sunt procese naturale, ci procese tehnice intenționate care de regulă se inițiază la apariția unui eveniment (Fig. 5.2). Aceste evenimente sunt fie exogene (de exemplu comanda unui client), fie endogene (de exemplu defectarea unui utilaj). În consecință, toate problemele legate de planificarea producției, a sarcinilor de producție și de control, procesarea comenzilor comerciale, managementul resurselor etc. pot fi aplicate într-un sens generalizat la toate tipurile de procese cu valoare adăugată. Chiar dacă produsul inițial este un artefact informațional (de exemplu o diagramă bloc), performanța operațională a procesului de creare de valoare impune un "plan general" ce specifică toate sarcinile necesare pentru realizarea artefactului respectiv. Planificarea producției, executarea producției, precum și prelucrarea comenzilor sunt concepte generale care stau la baza execuției unui proces de creare de valoare. În consecință realizarea planului general de execuție a unui lanț valoric presupune descompunerea acestuia în activități a căror execuție succesivă va garanta execuția lanțului valoric. Descrierea planului general este asimilat cu modelarea lanțului

valoric specific fiecărei întreprinderi în parte. Chiar dacă rezultatul acestui proces de modelare va fi unul particular, procesul de modelare este generic și poate fi aplicat oricărei întreprinderi.

Pentru simplificare, în figura 5.2 este descris doar procesul de modelare a activităților colaborative pentru orice lanț valoric. Acesta poate fi extins cu ușurință și pentru activitățile necolaborative din cadrul unui lanț valoric principal așa cum au fost definite în figura 5.1 sau adiacente acestora.

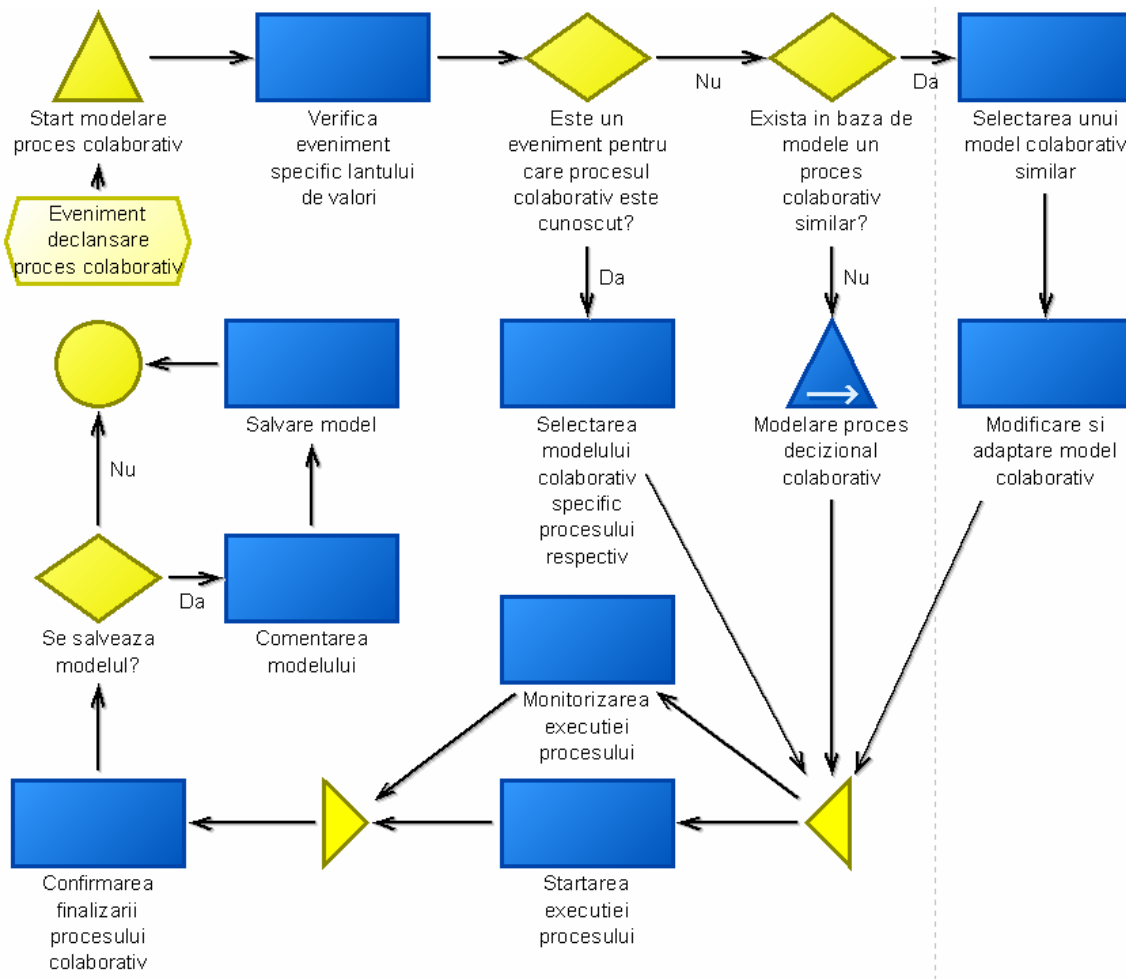


Figura 5.2: Modelarea sau identificarea proceselor colaborative specifice unui lanț valoric

Cu alte cuvinte modelele proceselor colaborative dezvoltate și executate anterior sunt utilizate ca sursă de inspirație pentru rafinarea unuia nou. În acest context *toate modelele proceselor colaborative deja existente formează o bază de cunoștințe experiențială ce poate fi exploataată în cazul dezvoltării unui nou proces colaborativ*. De remarcat că această bază de modele oferă posibilitatea unei colaborări asincrone în cadrul întreprinderii prin modul în care cunoștințele și experiența de execuție a unui lanț valoric este partajată și păstrată în cadrul acesteia. Dacă niciunul din modelele deja existente nu poate oferi o sursă de inspirație suficient de relevantă pentru tratarea evenimentului declanșator al unui lanț valoric, atunci se trece la

modelarea procesului decizional colaborativ necesar execuției acestuia. Indiferent de modul în care a fost realizată planificarea lanțului valoric, după finalizarea execuției acestuia, se analizează parametrii de performanță ce privesc execuția sa (figura 5.1), iar în cazul în care acești parametri au valori acceptabile se salvează modelul pentru utilizări ulterioare în situația apariției unui eveniment identic sau similar.

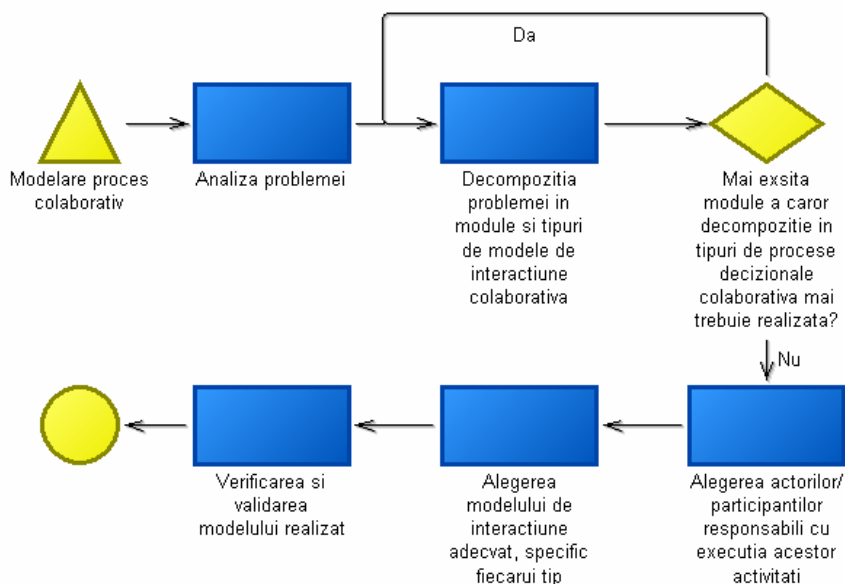


Figura 5.3: Modelarea unui proces decizional colaborativ conform ingineriei colaborării

În ceea ce privește modelarea unui proces decizional colaborativ, etapele clasice, conform ingineriei colaborării [20] prevăd în esență activitățile descrise în fig. 5.3. În prima fază se analizează problema ceea ce presupune determinarea obiectivelor procesului colaborativ și a livrabilelor aferente.

5.1.3. Identificarea proceselor colaborative în cadrul lanțurilor de valori

În continuare se vor identifica și detalia câteva procese colaborative din cadrul lanțurilor de valori descrise anterior. De remarcat că aceste procese colaborative sunt în cadrul unui anumit lanț de valoare, fie opționale, fie reutilizabile în cadrul celorlalte lanțuri de valori. În plus aceste procese nu sunt modele predefinite, structura lor putând varia de la un context de utilizare la altul. Revenind din nou la rețeaua de valoare prezentată în figura 5.1, observăm că modelele colaborative aparțin unuia sau mai multor procese clasice de creare de valoare. În fiecare caz în parte, se examinează care dintre aceste modele colaborative sunt necesare și care este modul în care acestea sunt interconectate prin tehnologia informației organizaționale. Datorită obiectivelor economice diferite ale participanților, sau a adoptării diferitelor modele de afaceri sau strategii de producție, rezultă structuri individuale specifice fiecărei întreprinderi. Acestea diferă nu numai în selecția etapelor modelelor colaborative, dar, și în modul de control și management a acestora. Odată stabilite alternativele de proiectare se poate trece la analiza riscurilor asociate cu realizarea produselor respective. De asemenea, lanțul de valori al managementului produsului presupune în contextul actual al paradigmei „întreprinderii verzi” și dezasamblarea produselor realizate.

Dezasamblarea unui produs implică un proces colaborativ de proiectare a acestuia fiind necesare echipamente de fabricație specifice.

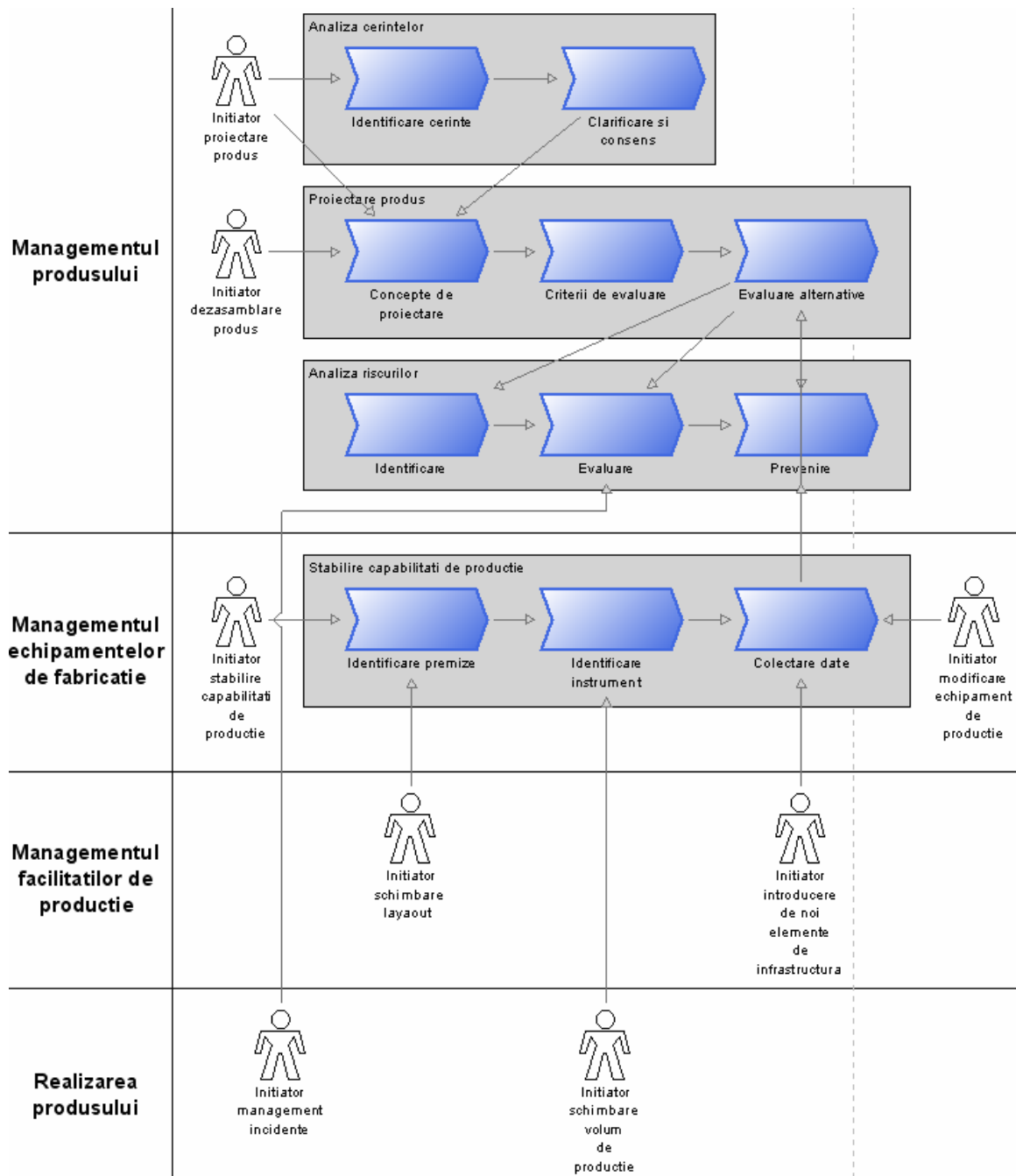


Figura 5.4: Exemple de procese colaborative utilizate în cadrul fluxurilor cu valoare adăugată

În concluzie, în această secțiune au fost identificate câteva dintre cele mai importante procese colaborative din cadrul lanțurilor de valori ale platformei I4.0. Intenția nu este de a

detalia exclusiv toate procesele colaborative existente într-o întreprindere, acestea fiind extrem de particulare, ci de a ilustra metodologia de analiză, modelare și execuție a acestora.

5.2. Modelarea colaborării în contextul dezvoltării produselor

În această secțiune sunt analizate și modelate unele dintre cele mai importante procese colaborative din cadrul lanțului de valori asociat dezvoltării produselor. După cum au fost identificate în secțiunea precedentă acestea sunt: identificarea cerințelor (secțiunea 5.2.1), proiectarea produsului (secțiunea 5.2.2) și analiza riscurilor (secțiunea 5.2.3).

Acest lanț de valori descrie în general crearea de valoare de-a lungul dezvoltării produsului, de la proiectare până la ultima etapă a ciclului, dezasamblarea produsului respectiv. O linie de producție este strict separată de ciclul de viață al unui singur produs real. De obicei, din lanțul valoric tip "linie de produse" rezultă artefacte/obiecte ce conțin articole informative tip masterplan, loturi de producție, norme de producție etc. Cu toate acestea, există unele excepții, de exemplu demonstranți, prototipuri, modele 3D, ce sunt gândite și concepute ca și instrumente fizice pentru dezvoltare.

Scopul este obținerea unui grad ridicat de integrare a lanțurilor valorice primare în I4.0. Partenerii externi importanți sunt utilizatorii, partenerii de comunicare, de exemplu cei din marketing, vânzări, servicii post-vânzări.

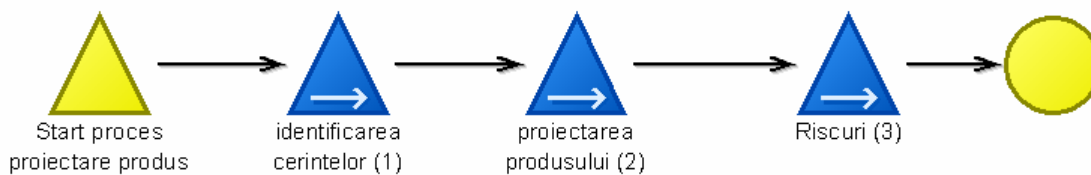


Figura 5.5: Principalele procese din cadrul procesului de dezvoltare a produsului în I4.0

În general procesul de dezvoltare a unui produs presupune (figura 5.5): 1) identificarea cerințelor noului produs; 2) proiectarea produsului; și 3) analiza riscurilor. Din perspectiva ingineriei colaborative toate aceste subprocesuri sunt cele în care necesitatea colaborării dintre diverși factori de decizie este evident extrem de intensă. Aceste subprocesuri sunt de regulă urmate de prototipare, un proces specific lanțului de valori realizare produs. În continuare se va analiza modul în care aceste procese pot fi descompuse la nivelul unor procese decizionale colaborative executabile cu ajutorul tehnologiei colaborative existente.

5.2.1. Identificarea cerințelor

Ingenieria cerințelor ("requirements engineering") este disciplina care descrie activitățile necesare definirii cerințelor unui produs nou sau a unui reproiectat prin considerarea cerințelor conflictuale ale decidenților implicați. Prima fază a procesului de inginerie a cerințelor, denumită și *proces de identificare a cerințelor* ("requirements elicitation") presupune identificarea și formalizarea cerințelor produsului. Cerințele sunt fundamentale pentru orice produs tehnologic și descriu funcționalitățile necesare.

Favorizați de factori precum globalizarea piețelor, avansul tehnologic, segregarea cerințelor clienților, în ultimele două decenii activitățile de proiectare a produsului, precum și identificarea cerințelor, s-au mutat în medii de lucru colaborative în cadrul paradigmei întreprinderii extinse (v. secțiunea 2.5.5). Este recunoscut faptul că până la 80% din costurile unui produs sunt determinate de rezultatul deciziilor colective din prima fază, în speță aceea de identificare a cerințelor clienților, din ciclul de viață a unui produs.

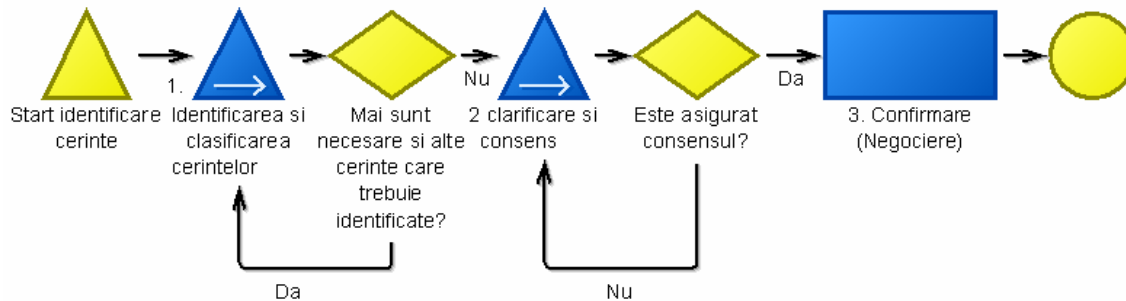


Figura 5.6: Identificarea cerințelor

Datorită decidentului colectiv și a obiectivelor conflictuale, procesul colaborativ necesar realizării unui produs este unul dintre cele mai complexe. Dezvoltat cu ajutorul unor modele de colaborare, acesta poate fi aplicat pentru orice proces colaborativ de analiză a cerințelor clienților.

5.2.2. Proiectarea produsului

Procesul de selectare a unei proiectări adecvate sau acceptabile pentru un produs necesită un efort colaborativ în care trebuie tratate preocupările și perspectivele conflictuale. De aceea proiectarea unui produs folosind ingineria colaborativă are ca scop (figura 5.9): **1)** o conceptualizare comună asupra proiectării produsului, **2)** generarea alternativelor de proiectare a produsului, **3)** evaluarea colaborativă cu selectarea unei alternative optime de proiectare a produsului și **4)** realizarea consensului asupra modului de realizare a produsului adecvat.

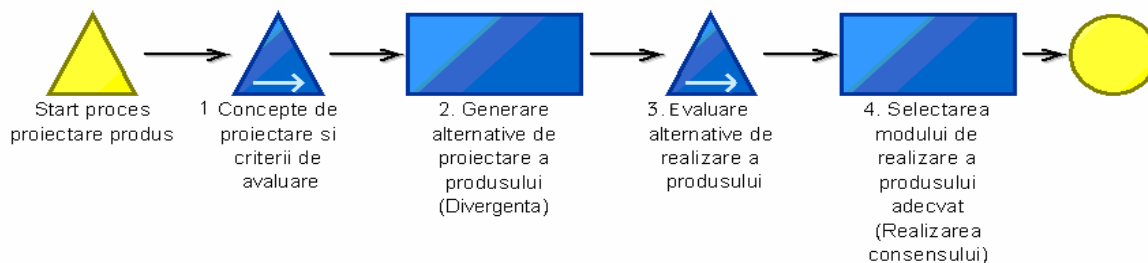


Figura 5.9: Proiectarea produsului

Printre decidenții implicați în acest proces sunt: clienții (preocupați de calitatea serviciilor, incertitudinea operațiilor tehnologice etc.), personalul administrativ (preocupați de locurile de muncă, incertitudinea noilor locuri de muncă, trainingul necesar și costurile asociate

acestui etc.), acționarii (preocupați de portofoliul clienților, profit, etc.), furnizorii (preocupați de incertitudinea asociată serviciilor oferite), responsabilii tehnici (preocupați de riscul, costurile, modificările necesare). De remarcat că finalitatea acestui proces colaborativ nu conduce neapărat la o singură alternativă de definire a procesului tehnologic, acesta putând fi modificat în timp real în raport cu parametrii de performanță urmăriți în alte fluxuri tehnologice, precum cel de realizare a produsului. De asemenea, el poate fi reiterat atunci când schimbări majore în cerințele clienților, în parametrii de funcționare ai echipamentelor tehnologice, ai infrastructurii tehnologice sau a structurii comenzilor, conduc la nevoia identificării sau utilizării unui alt proces tehnologic de realizare a produsului.

De regulă avem o multitudine de alternative de proiectare care să satisfacă aceste criterii ce trebuie evaluate înainte de proiectarea propriu-zisă. Alternativele pot fi generate fie de aceeași echipă de proiectare fie de echipe diferite. Următorul subproces are rolul de a constrânge și mai mult spațiul de proiectare în raport cu experiența inginerului tehnolog. De remarcat că acest subproces necesită de regulă interacțiuni cu alte fluxuri de valori adăugate, dintre care cel mai evident este acela al echipamentelor de fabricație. Pentru simplificare în figura 5.11 este modelat procesul colaborativ al evaluării alternativelor de proiectare fără reprezentarea explicită a acestor interacțiuni. De altfel toate modelele colaborative reprezentate anterior pot necesita interacțiuni cu procese specifice celorlalte fluxuri de valoare adăugată.

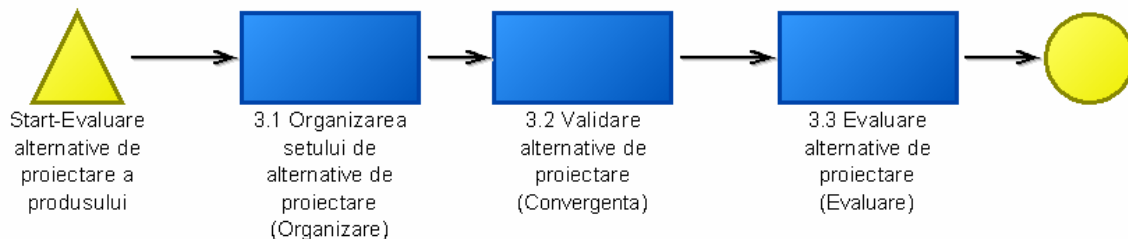


Figura 5.11: Evaluare alternative de proiectare

5.2.3. Analiza riscurilor

Un alt proces important din cadrul fluxului de dezvoltare a unui produs o constituie analiza riscurilor asociate (v. figura 5.5). În figura. 5.12 este prezentată succesiunea modulelor asociate procesului colaborativ complex de analiză a riscurilor. Acesta poate include module de: 1) identificare a riscurilor - care încearcă să identifice printr-un proces colaborativ de evaluare a mediului operațional care sunt potențialele riscuri pentru realizarea unui anumit produs; 2) evaluare a riscurilor - care încearcă să evalueze impactul potențial al factorilor de risc identificați anterior asupra realizării produsului respectiv și 3) prevenire a riscurilor - care încearcă să identifice acele politici sau elemente de control care ar fi eficiente în diminuarea impactului negativ asupra realizării unui produs.

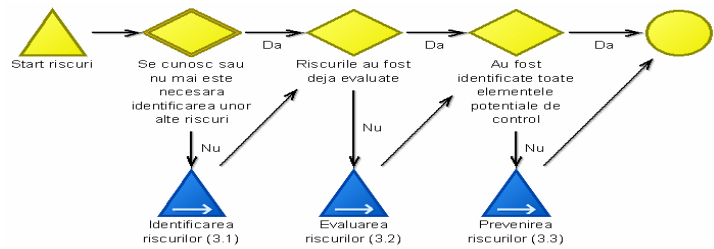


Figura 5.12: Procesul decizional colaborativ necesar identificării, evaluării și prevenirii riscurilor

Aceste module sau subprocese pot fi executate și distinct în cadrul altor lanțuri valorice după cum a fost arătat în secțiunea 5.1.3; de exemplu în cazul lanțului de valori al realizării produsului poate fi realizat un proces colaborativ de prevenire a riscurilor pentru un risc neidentificat anterior în faza de planificare a producției dar care a apărut ulterior în faza de realizare propriu-zisă. De remarcat că acest proces nu are menirea să elimine riscurile unui factor exogen necontrolabil, ci să pregătească factorii de decizie în eventualitatea unor astfel de riscuri, pentru a minimiza timpul de reacție necesar minimizării efectului nedorit. De asemenea se poate observa că rezultatele obținute în urma derulării unui anumit subproces constituie elementele de intrare pentru următorul.

În figura 5.13 este detaliat procesul de identificare a riscurilor care, pe lângă identificarea propriu-zisă, presupune selectarea (de obicei în urma unui proces de brainstorming avem o listă extrem de mare de potențiali factori de risc, de ordinul zecilor sau chiar sutelor, care trebuie restrânsă la un subset prelucrabil, de regulă 5-10) și organizarea acestora pe diferite categorii (de exemplu factori de risc sociali, tehnologici, economici, de mediu, politici) pentru a minimiza complexitatea cognitivă asociată cu evaluarea impactului acestora asupra realizării produsului.

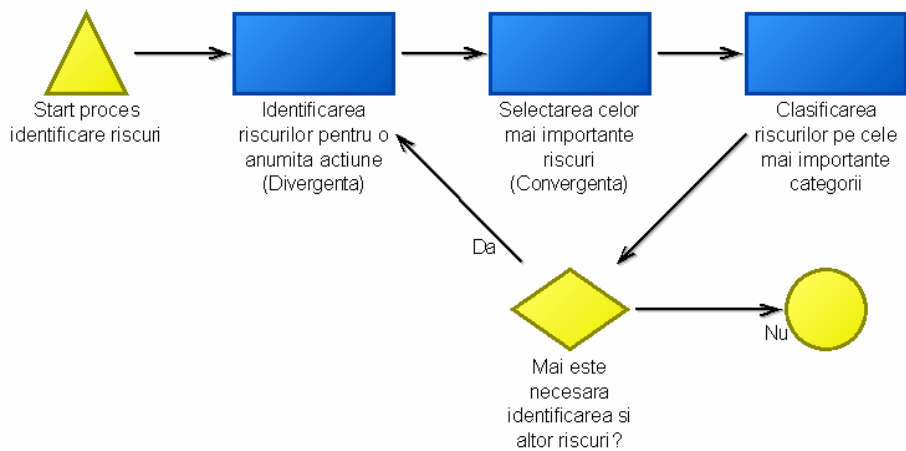


Figura 5.13: Proces colaborativ de identificare a riscurilor

În figura 5.14 este detaliat procesul de evaluare a impactului factorilor de risc considerați relevanți (așa cum rezultă din etapa anterioară) asupra realizării unui produs. Evaluarea este realizată în contextul elementelor de control deja existente în întreprindere conform standardelor

de calitate, însă fiecare întreprindere are factori de risc proprii care nu vor putea fi niciodată integrați în totalitatea lor într-un standard generic.

Pe lângă evaluarea fiecărui risc, prin cuantificarea impactului acestuia, modulul presupune și identificarea măsurilor de contracarare sau minimizare a efectelor sale. Acestea de regulă constă în măsuri concrete care au menirea să reducă impactul riscurilor inițiale la o valoare acceptabilă, denumită în literatură risc rezidual.

Subprocesul de prevenire a riscurilor poate fi reutilizat și în cadrul altor fluxuri de valoare adăugată, precum managementul incidentelor în cadrul fluxului de management a infrastructurii dacă se urmărește modificarea layout-ului atelierului de fabricație sau în cadrul fluxului de management a echipamentelor de fabricație dacă incidentul presupune mentenanța sau reparația unui anumit echipament.

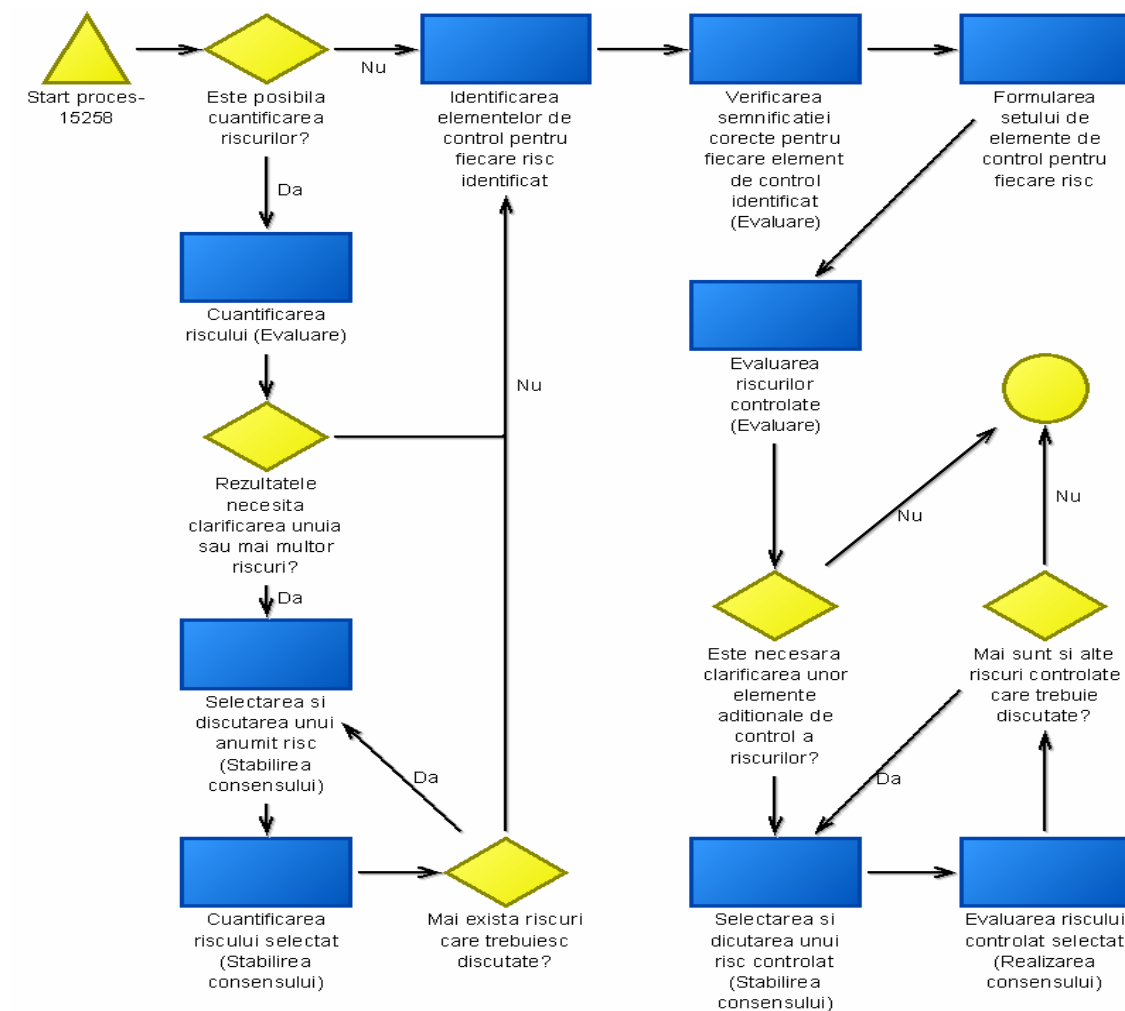


Figura 5.14: Procesul colaborativ de evaluare a riscurilor

5.3. Colaborarea în contextul configurării echipamentelor

În această secțiune sunt analizate și modelate câteva procese colaborative din cadrul lanțului de valori al stabilirii și configurării echipamentelor de fabricație. După cum au fost identificate în *subcapitolul 5.1.3* acestea sunt: identificarea premizelor de la care se pleacă atunci când se stabilesc capabilitățile de producție (*subcapitolul 5.3.1*), selectarea instrumentului de simulare utilizat în optimizarea capabilităților de producție (*subcapitolul 5.3.2*), colectarea datelor necesare pentru realizarea unor simulări relevante cu ajutorul instrumentului ales anterior (*subcapitolul 5.3.3*) și evaluarea alternativelor de configurare a capabilităților de producție în funcție de rezultatele obținute în urma simulărilor (*subcapitolul 5.3.4*)

Acest lanț descrie valoarea adăugată în timpul construcției, exploatării și dezafectării unui echipament de producție. Acesta include toate modificările, îmbunătățirile și măsurile de întreținere-conservare etc. Construcția, exploatarea, reconfigurarea și dezafectarea sistemului de fabricație este o componentă esențială ciclului de viață a acestuia. În multe cazuri, serviciile furnizorului din piață prevăd înființarea/întreținerea instalațiilor.

Figura 5.16 prezintă procesul colaborativ clasic de stabilire a capabilităților de producție. Acesta cuprinde suprocese de: 1) identificare a premizelor în stabilirea capabilităților de producție; 2) identificarea instrumentului de optimizare utilizat; 3) colectarea datelor; și 4) evaluarea alternativelor de configurare a atelierului de fabricație.

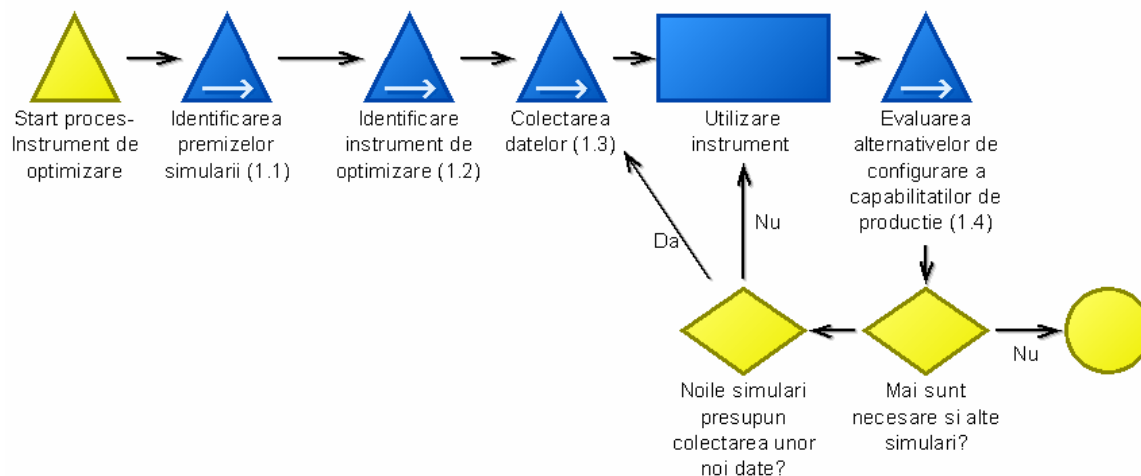


Figura 5.16: Proces colaborativ de stabilire a capabilităților de producție

5.3.1. Identificarea premizelor necesare de stabilire a capabilităților de producție

Prima etapă presupune identificarea premizelor de la care se încearcă realizarea modelului de optimizare a capabilităților de producție necesare. Se identifică elementele sistemului real care vor fi excluse sau incluse la un nivel de detaliere moderat sau detaliate. În figura 5.17 este reprezentat acest proces utilizând modelele de interacțiune specifice ingineriei colaborării detaliate în *subcapitolul 5.1.2*. După cum se poate observa acesta este un proces

iterativ care poate fi derulat parțial sau în totalitate de fiecare dată când este inițiat în cadrul lanțului de valori al echipamentelor de fabricație.

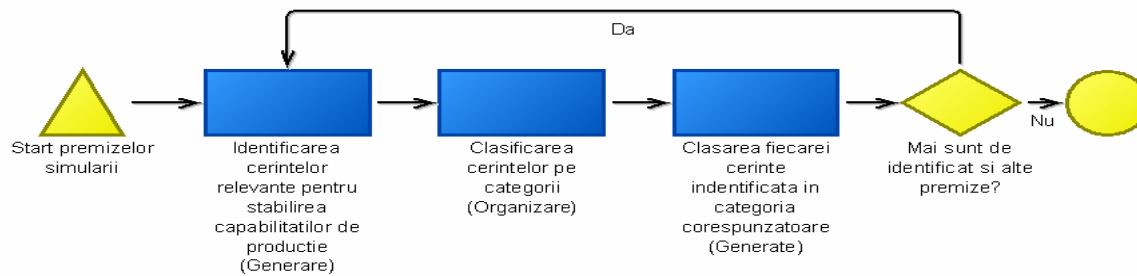
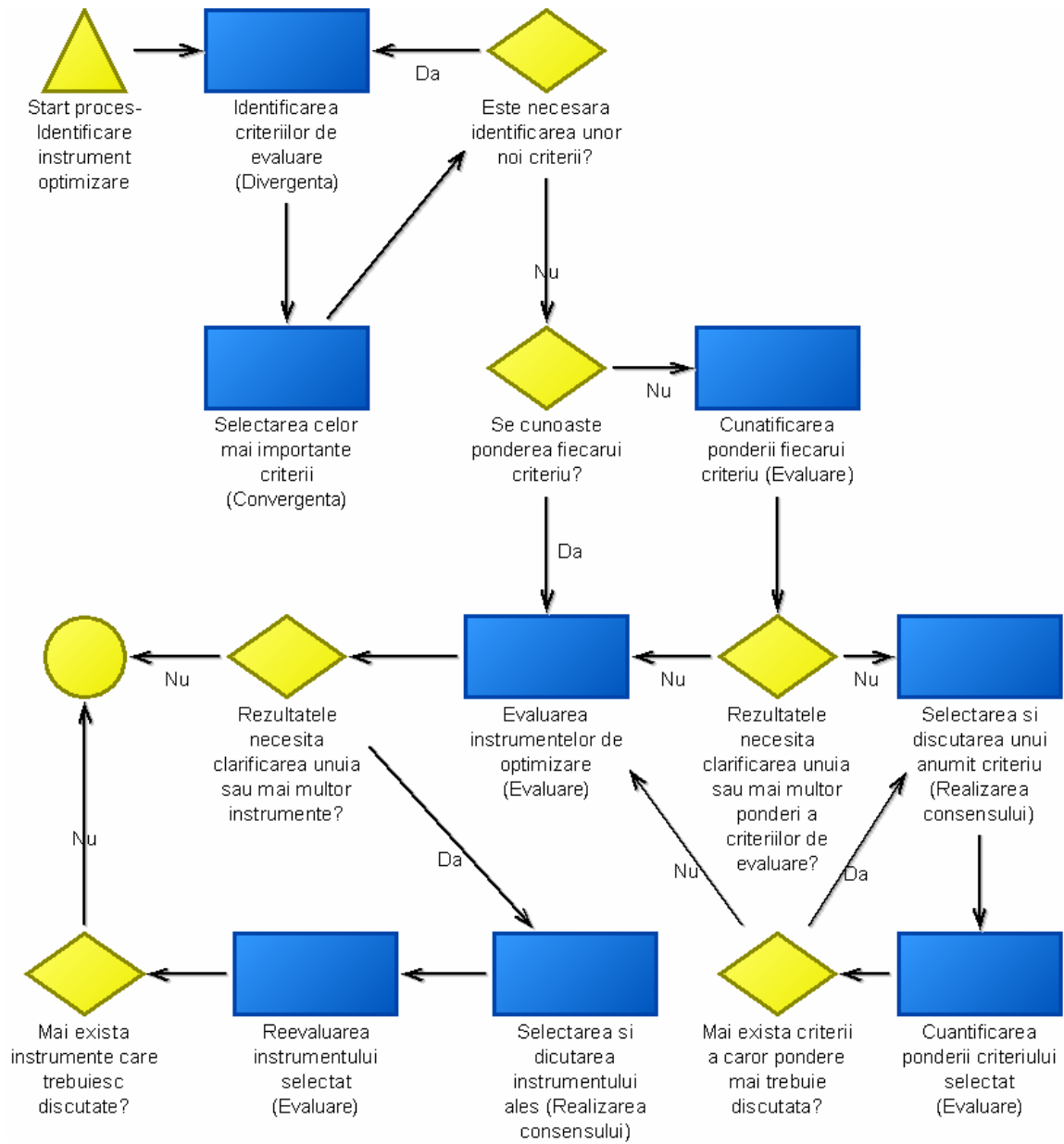


Figura 5.17: Proces colaborativ de identificare a premizelor de la care se pleacă atunci când se stabilesc capabilitățile de producție

De asemenea clasificarea premizelor pe categorii are rolul de a simplifica reutilizarea următorului subproces când datorită schimbărilor survenite asupra echipamentelor de fabricație este necesară o ponderare diferită a acestor categorii ce implică conduc la alegerea unui instrument de optimizare diferit. De remarcat similaritatea acestui proces colaborativ cu cel descris în figura 5.7 utilizat pentru identificarea și clasificarea cerințelor pentru un anumit produs în cadrul fluxului de management a produsului. Astfel, la nivelul întreprinderii se pot identifica cele mai eficiente modele de structurare a proceselor colaborative care pot fi ulterior reutilizate cu modificări minimale. În consecință I4.0 necesită o bază de modele colaborative care să permită întreținerea acestora pe măsură ce sunt modelate, utilizate și evaluate (v. figura 5.2).



Activitate	Model de interacțiune	Descriere	Rezultat
2.1	Divergență	Identificarea criteriilor de evaluare	Lista criteriilor de evaluare necesară evaluării instrumentelor de optimizare
2.2	Convergență	Selectarea criteriilor	Lista celor mai importante criterii
2.3	Evaluare	Cuantificarea ponderii fiecărui criteriu	Lista ponderilor asociate fiecărui criteriu de evaluare
2.4	Evaluare	Evaluarea instrumentelor de optimizare în raport cu fiecare criteriu	Ierarhia instrumentelor de optimizare ca rezultat al unei decizii colective multicriteriale
2.5	Stabilirea consensului	Selectarea și discutarea unui anumit criteriu	Acordul comun asupra semnificației/impactului unui anumit criteriu
2.6	Stabilirea consensului	Cuantificarea ponderii criteriului asupra căruia nu există consens	Acordul comun asupra ponderii asociate criteriului discutat anterior
2.7	Stabilirea consensului	Selectarea și discutarea instrumentului de optimizare ales	Acordul comun ierarhiei instrumentelor obținută
2.8	Evaluare	Reevaluarea instrumentului selectat	Ierarhizarea finală a instrumentelor de optimizare potențiale ce pot fi utilizate în stabilirea capacităților de fabricație

Figura 5.18: Proces colaborativ de identificare a instrumentului de optimizare ales la stabilirea capacităților de producție

5.3.2. *Selectarea instrumentului utilizat pentru optimizare*

Selectarea celui mai bun instrument de simulare pentru identificarea capacităților de producție depinde de factori multipli, incluzând disponibilitatea acestora, experiența personalului în utilizarea lor, ciclul de viață al produsului, nivelul de detaliere necesar. În esență aceasta este o decizie multicriterială de grup având în vedere complexitatea simulărilor și a datelor necesare. De multe ori utilizarea unui instrument de optimizare neadecvat conduce la extinderea timpului necesar obținerii rezultatelor dorite. De aceea echipa de proiect trebuie să pondereze impactul tuturor factorilor înainte de a selecta instrumentul adecvat pentru simulare luând în considerare toți factorii relevanți menționați anterior. În figura 5.18 este detaliat procesul colaborativ de identificare a instrumentului de optimizare utilizând elementele de structurare specifice ingineriei colaborării.

5.3.3. Identificarea și colectarea datelor

Activitățile de identificare și colectare a datelor necesare pentru realizarea optimizării capacităților de producție poate să fie extrem de laborioasă. De asemenea trebuie decis în ce măsură indisponibilitatea unor anumite date afectează rezultatele stabilirii capacităților de producție. Rezultatele utilizării unui anumit instrument de optimizare sunt extrem de dependente de disponibilitatea și acuratețea datelor. În principiu, o platformă I.4.0, în care gradul de automatizare este ridicat, poate conduce la o mulțime de date care trebuie analizate și interpretate de experții tehnologi.

În figura 5.19 este reprezentat un posibil proces de colectare a datelor utilizând modelele de interacțiune specifice ingineriei colaborării. De remarcat că indiferent de gradul de automatizare prin care datele din sistemul de fabricație sunt colectate și stocate, implicarea factorului uman este esențială pentru atribuirea interpretării semantice a acestora în contextul real de utilizare, în acest caz utilizarea unui instrument de optimizare a capacităților de producție.

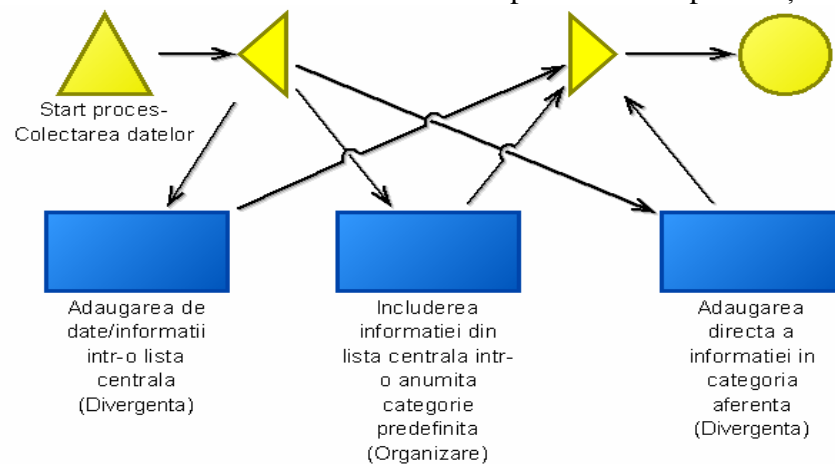


Figura 5.19: Proces colaborativ de colectare a datelor necesare optimizării capacităților de producție

5.3.4. Evaluarea alternativelor de configurare

În fine, având datele necesare și instrumentul de optimizare ales, se trece la o campanie de simulări care să conducă la câteva alternative de configurare a capacităților de producție. Fiecare alternativă de configurare presupune în esență achiziții sau reconfigurări ale infrastructurii de producție existente. Este foarte important ca aceste alternative de configurare a capacităților de producție să fie analizate de toți decidenții importanți iar procesul de evaluare să fie reiterat de fiecare dată când apar modificări considerabile în structura comenzilor primite de la clienți.

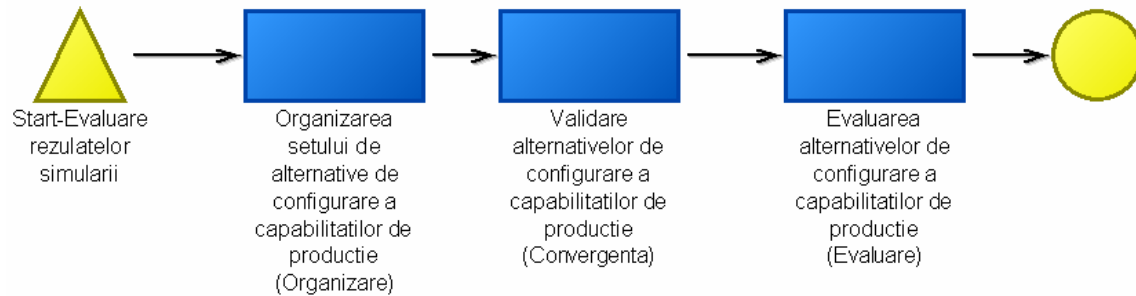


Figura 5.20: Proces colaborativ de evaluare a alternativelor de configurare a capabilităților de producție

5.4. Reutilizarea și interacțiunea proceselor colaborative

În toate exemplele modelate anterior s-a evidențiat posibilitatea *reutilizării proceselor colaborative* în contextul unor lanțuri de valoare diferite.

În această secțiune se vor exemplifica câteva interacțiuni posibile dintre procesele colaborative definite anterior în cadrul lanțurilor de valori. Numărul și intensitatea interacțiunilor posibile dintre acestea sunt practic nelimitate, de aceea în secțiunile următoare vor fi detaliate doar două situații clasice în care lanțul de valori al realizării produsului necesită interacțiuni cu celelalte lanțuri valorice, în speță la defectarea unui echipament de fabricație (*subcapitolul 5.4.1*) sau la modificarea structurii cererilor de produse (*subcapitolul 5.4.2*).

5.4.1. Defectarea unui echipament de fabricație

De exemplu, în cadrul lanțului valoric de realizare a unui produs cea mai complexă problemă este aceea a alocării operațiilor tehnologice de realizare a unui produs, a echipamentelor disponibile, cu alte cuvinte fluxul real de transformare a semifabricatului prin trecerea succesivă de la un echipament de fabricație la altul.

Având în vedere indisponibilitatea operațiilor tehnologice aferente utilajului defectat, se încearcă identificarea unei alte alternative fezabile de realizare a produsului, cu alte cuvinte un proces tehnologic alternativ. Acest lucru presupune rederularea subprocesului colaborativ de evaluare a alternativelor de realizare a produsului sau doar selectarea unui alt proces tehnologic din cele identificate deja (v. *subcapitolul 5.2.1*, figura 5.8).

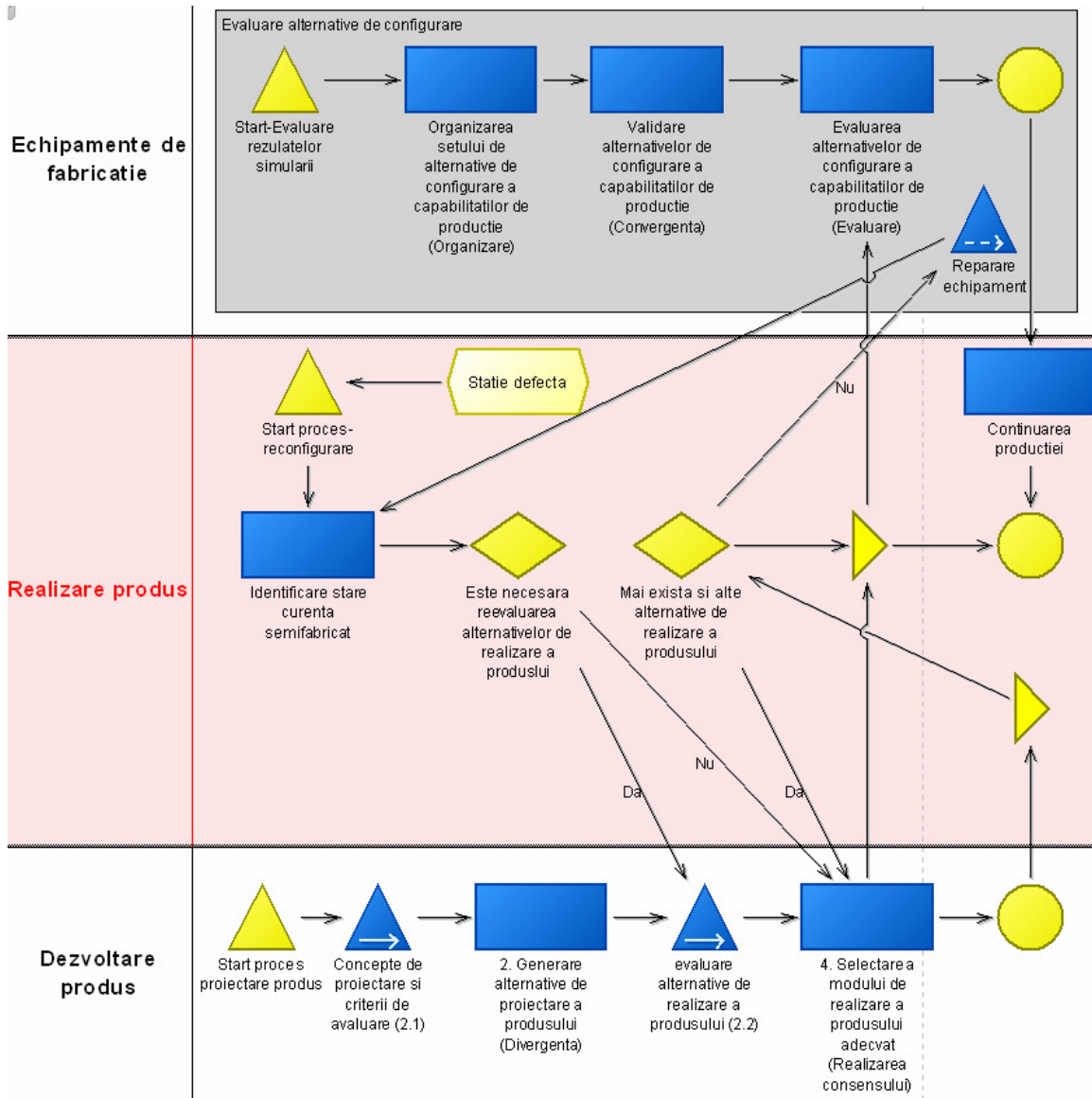


Figura 5.21: Interacțiunea proceselor colaborative din cadrul lanțului de valoare adăugată al realizării produsului cu alte procese colaborative

De remarcat că aceste subprocesе colaborative sunt asociate lanțului de valori al managementului produsului iar granularitatea reutilizării acestor procese (fie o singură activitate colaborativă, fie un întreg modul) este dependentă de context. Dacă nicio alternativă fezabilă de realizare a produsului nu poate fi identificată în situația indisponibilității echipamentului de fabricație defectat atunci se inițiază procesul colaborativ de reparare a echipamentului respectiv (nedetaliat în lucrare). În caz afirmativ este necesară reevaluarea alternativelor de configurare a capabilităților de producție și a impactului pe care o reconfigurare o are asupra parametrilor de performanță urmăriți. Acest proces colaborativ aparține lanțului de valori specific managementului echipamentelor de fabricație (v. *subcapitolul 5.3.4*, figura 5.20) și în consecință presupune interacțiunea sa cu lanțul de valori specific realizării produsului.

5.4.2. Modificarea structurii cererii clienților

O situație frecventă în sistemele de fabricație actuale este aceea în care datorită modificărilor intervenite în structura cererilor clienților (de exemplu o creștere semnificativă a cererii pentru un anumit tip de produs în comparație cu altul) este necesară reamenajarea facilităților de producție sau a layout-ului de dispunere a echipamentelor de fabricație pentru a minimiza costurile de transport ale semifabricatelor de la o stație de operare la alta.

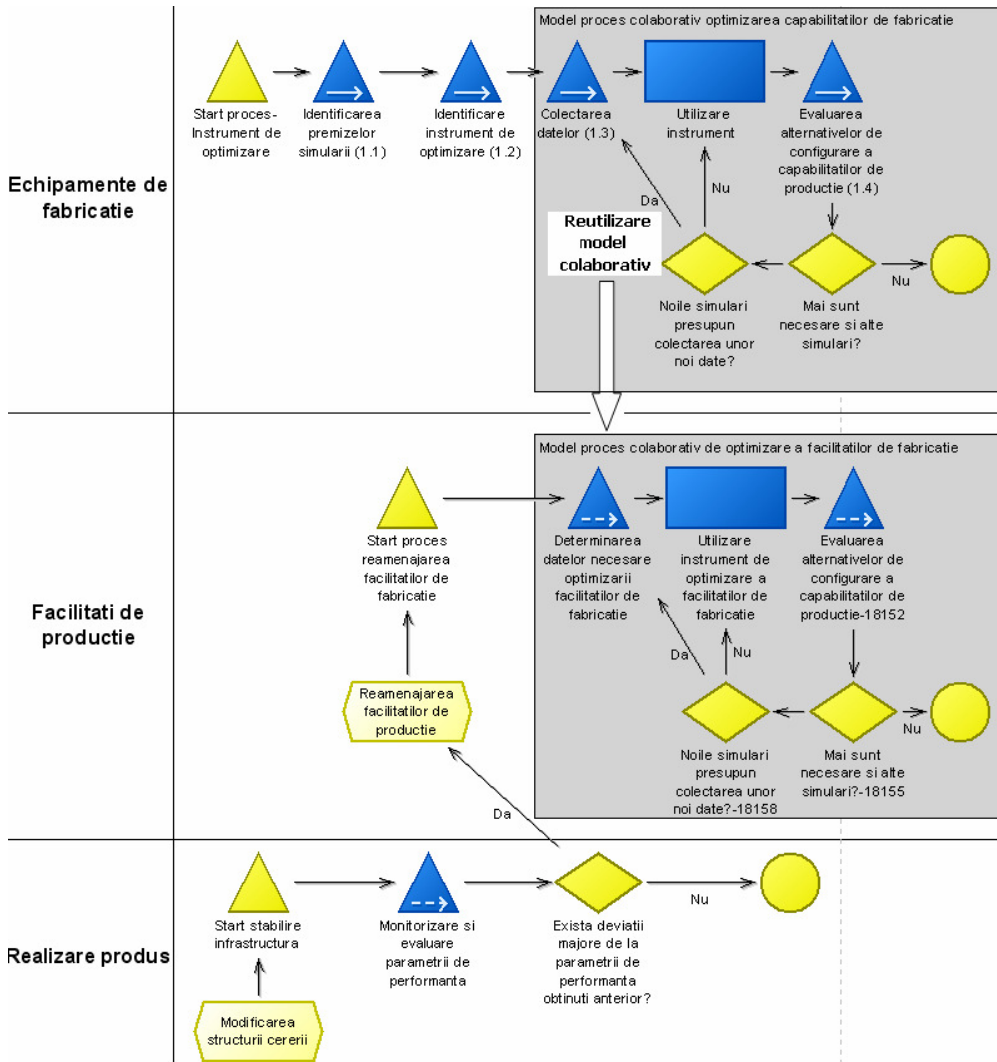


Figura 5.22: Interacțiunea proceselor colaborative din cadrul lanțului de valoare adăugată al realizării produsului cu cel al facilităților de producție

De altfel, în I.4.0 se preconizează ca această reconfigurare va putea fi realizată dinamic prin standardizarea interfațării de natură mecanică, electromecanică și IT dintre echipamentele de fabricație. [251] Reconfigurarea atelierului de fabricație face parte din lanțul de valori al managementului infrastructurii sau al facilităților de producție. Configurarea optimă a atelierului de fabricație, prin modul în care sunt dispuse spațial echipamentele de producție, existența posibilităților de transport și de stocare a semifabricatelor, au un rol esențial asupra indicatorilor

de performanță urmăriți. Această configurare este identificată cu ajutorul unor instrumente de simulare specifică, așa cum au fost sintetizate în *capitolul 3*.

De remarcat că reutilizarea unui model presupune doar păstrarea fluxului și a structurii activităților compozite și nu neapărat a parametrilor săi de configurare (de exemplu: grupul decidenților implicați, documentele și informațiile disponibile).

5.5. Note și comentarii

Plecând de la fluxurile de valoare adăugată definite în arhitectura de referință I4.0 și de la principiile de analiză și proiectare a colaborării specifice ingineriei sistemelor de sprijinire a deciziilor de grup, în acest capitol s-au modelat câteva dintre cele mai relevante procese colaborative cu impact major asupra optimizării resurselor întreprinderii. Datorită complexității și particularității analizei proceselor colaborative din cadrul întreprinderilor, demersul este în primul rând metodologic. În plus fiecare întreprindere, pe lângă lanțurile de valori analizate, întreține lanțuri de valori specifice. Datorită obiectivelor economice diferite ale întreprinderilor, sau a adoptării unor modele diferite de afaceri sau strategii de producție rezultă inevitabil structuri diferite ale proceselor colaborative. Acestea diferă nu numai în selecția etapelor cu valoare adăugată implicate, dar, și în modul de control și management a acestora. Esențial însă pentru orice întreprindere este ca procesele colaborative să poată fi modelate, salvate și reutilizate atunci când dispun de infrastructura tehnologică specifică mediilor de lucru colaborative. De aceea pentru modelarea activităților colaborative s-a utilizat instrumentul ADONIS care permite implicit definirea elementelor specifice unui model de interacțiune sau ThinkLet. În plus acesta este dezvoltat pe tehnologia de cloud-computing, permițând partajarea, interacțiunea și reutilizarea modelelor colaborative în cadrul întreprinderii.

În toate exemplele modelate s-a evidențiat posibilitatea *reutilizării proceselor colaborative* în contextul unor lanțuri de valoare diferite. Acest lucru este esențial asimilării mediilor colaborative de lucru în cadrul întreprinderii unde decidenții implicați sunt de multe ori reticenți în utilizarea unor tehnologii noi.

Capitolul 6: Proiectarea și implementarea platformei colaborative pentru resursele companiei. Aplicație pe compania S.C. COMPA S.A.Sibiu

Capitolul prezintă simularea și analiza proceselor colaborative modelate anterior pentru cazul real al companiei sibiene COMPA S.A. Prin participarea acesteia în proiectul de cercetare FP7 Virtual Factory Framework compania a implementat parțial modelele elaborate anterior. În acest fel rezultatele simulărilor au putut fi validate în raport cu datele reale obținute de COMPA în cadrul proiectului. Astfel după analiza fluxurilor de valoare adăugată din cadrul companiei (*subcapitolul 6.1*) sunt simulate și analizate procesele colaborative aferente dezvoltării produsului (*subcapitolul 6.2*) și a stabilirii capabilităților de fabricație (*subcapitolul 6.3*). Capitolul se încheie cu o sinteză a ideilor principale rezultate în urma simulării proceselor colaborative precum și a contribuțiilor personale din această parte a lucrării (*subcapitolul 6.4*).

6.1. Analiza fluxurilor de valoare adăugată

Secțiunea descrie contextul de simulare și analiză a proceselor colaborative modelate în capitolul 5. Astfel se descrie succint forma de organizare a companiei COMPA (*subcapitolul 6.1.1*) necesară analizei fluxurilor de valoare adăugată conform arhitecturii de referință I4.0 (*subcapitolul 6.1.2*) și a instrumentelor software disponibile în cadrul companiei pentru asistarea activităților colaborative din cadrul principalelor fluxuri valorice (*subcapitolul 6.1.3*). Secțiunea se încheie cu sintetizarea metodologiei de simulare utilizată în secțiunile următoare (*subcapitolul 6.1.4*).

6.1.1. Forma de organizare a companiei

Studiul de caz ce va fi prezentat se află în cadrul companiei sibiene S.C. COMPA S.A. Această companie este specializată în proiectarea și producția de subansamble și piese din industria automotivă.

6.1.2. Principalele fluxuri valorice

COMPA SA, este o companie ce are dese schimbări de comenzi din partea clienților. Întregul proces de dezvoltare și proiectare de noi produse este fundamentat în complet acord cu ISO TS 16949, ghidul de calitate a sistemului de management în industria automotivă. [150] În conformitate cu acest standard internațional, planificarea calității avansate a produselor, Advanced Product Quality Planning (APQP), este prezentată în continuare. Planificarea avansată a calității produselor este structurată în COMPA corelând fluxurile de valori adăugate.

Elaborarea strategiilor de creștere a volumului vânzărilor, se face funcție de caracterul continuu (masă, serie mare) sau discontinuu (cu multe tipuri de produse, serie mică) al producției. [38] Dacă organizarea producției este funcție de comenzi, loturi, sau flux, amplasarea utilajelor se va face în grupe, pe linii de fabricație, fiecare dintre ele având de executat un anumit număr de produse, funcție bineînțeles și de capacitatea lor. În cazul amplasării utilajelor în ordinea fluxului tehnologic, durata timpului de pregătire scade, acesta fiind consumat doar o

singură dată, la lansarea în fabricație. Așadar, funcție de forma producției, există forme diferite de utilizare a programelor între secții și respectiv ateliere.

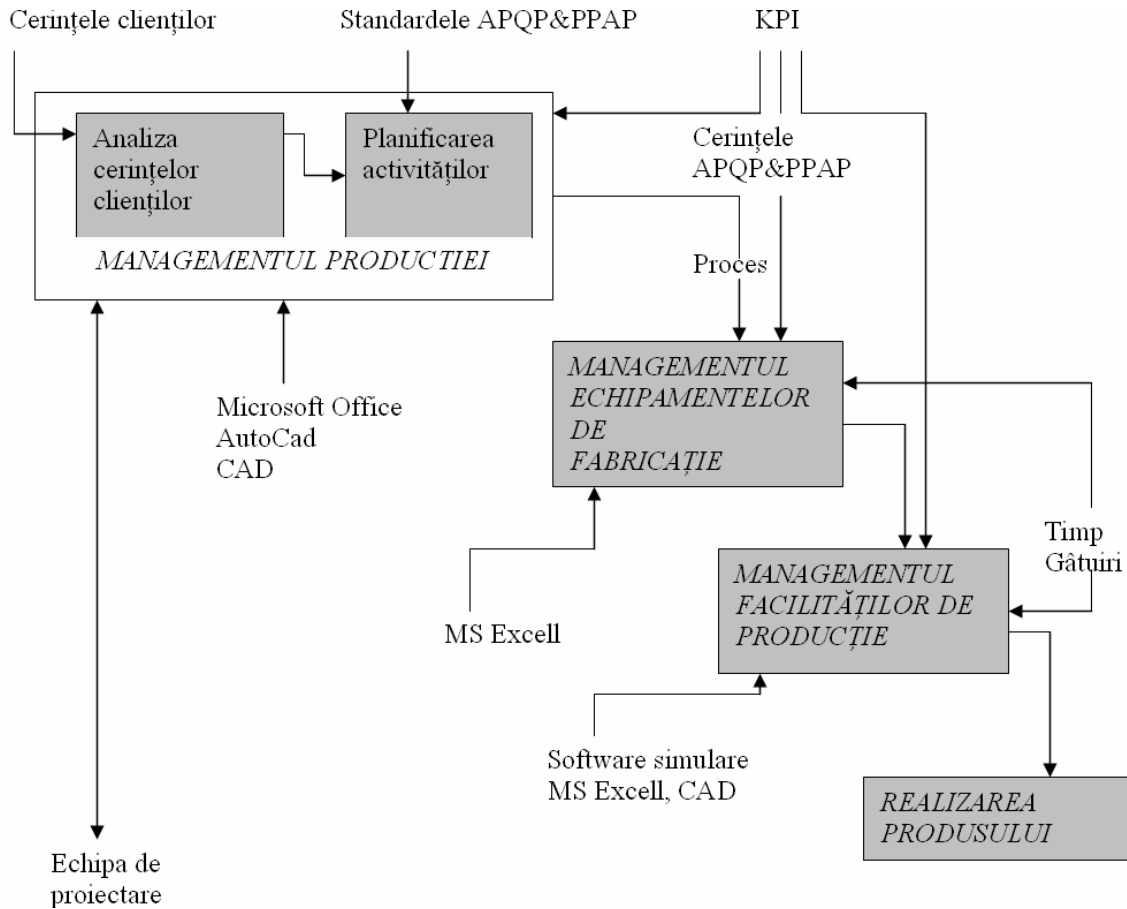


Figura 6.1: Prezentare generală

6.1.2.1. Managementul produsului

Prima analiză a cererii clientului începe prin pregătirea unei oferte cu studiul fezabilității ce se execută de către compartimentul de marketing. După ce oferta este acceptată, este ales managerul de proiect precum și echipa multifuncțională. Managerul de proiect planifică toate activitățile și verifică evoluția proiectului. Toate activitățile urmăresc proceduri speciale, documentele fiind generate în perfect acord cu procesul predefinit. Caracteristica acestei etape este analizarea pas cu pas a cerințelor clientului cu toate funcționalitățile implicate [150]. **Cerințele specifice ale clienților și analiza riscurilor** pas cu pas, se execută cu implicarea tuturor funcțiilor specifice. În momentul când un client dorește **conceperea unui nou produs** în cadrul companiei COMPA, sunt efectuați pașii de mai sus prin utilizarea instrumentelor tip **AutoCad, Microsoft Office** și un **software de simulare tip CAD**. După cum se poate observa, procesele din cadrul acestui lanț de valori sunt executate în COMPA secvențial, fără a utiliza sisteme informatice specifice ingineriei colaborative

6.1.2.2. Managementul echipamentelor de fabricație

După ce toate cerințele clientului sunt studiate și analizate, responsabilul tehnic definește specificațiile cele mai importante ale procesului tehnologic. Următorul pas constă în stabilirea capabilităților de producție pentru produsele respective în conformitate cu specificațiile de calitate ale acestora.

În cadrul acestui proces s-au identificat o serie de probleme precum: 1) *perioada de timp mare și costuri crescute pentru testarea alternativelor în selectarea soluției optime*; 2) *complexitatea colectării datelor necesare realizării simulărilor necesare*; 3) *problemele datorate schimbărilor în designul produsului, adăugarea sau scoaterea unui subansamblu al produsului finit, schimbări cauzate de cererea de produse sau în designul procesului lucru care necesită repetarea întregului proces de optimizare a capabilităților de fabricație*; 4) *interpretarea rezultatelor este uneori dificilă, ea depinzând de multiple variabile*; 5) *construirea unui model presupune timp și cunoștințe avansate*.

6.1.2.3. Managementul facilităților de producție

Specializarea locurilor de muncă în executarea anumitor operații, presupune organizarea producției în flux. De la necesitatea de fabricare a unui produs, a unor piese sau a unui grup de produse sau piese asemănătoare se trece la etapa amplasării locurilor de muncă în ordinea și cu constrângerile impuse de succesiunea operațiilor. Planificarea facilităților de producție în cazul COMPA pentru linia de asamblare are rolul de a determina utilizarea eficientă a suprafețelor de asamblare, diminuarea ponderii timpilor de așteptare și asigurarea unei încărcări ritmice a postului de muncă. Pierderile din sistem, apar datorită faptului că operatorii au nevoie de timpi diferiți pentru executarea aceleiași sarcini, datorită timpilor necesari manipulării și a timpilor necesari aprovizionării cu unelte. Optimizarea layout-ului în COMPA este realizată în **MS Excel** prin: maparea activităților și a dependențelor între resurse, stabilirea necesarului de resurse (spațiu, apă, aer, electricitate și altele), executarea unui grafic cu dependențele și conexiunile dintre ele și creând arii de lucru pentru toate stațiile din cadrul secției, evaluarea și alegerea celor mai eficiente legături și în fine, schițarea în detaliu a layout-ului optimizat. Ca și în cazul fluxului de valoare precedent s-au identificat o serie de probleme precum: 1) *perioada de timp mare și costuri crescute pentru testarea alternativelor în selectarea soluției optime de configurare a layout-ului*; 2) *complexitatea colectării datelor necesare realizării simulărilor necesare*; 3) *probleme datorate schimbărilor din celelalte lanțuri valorice*; 4) *timpul și cunoștințele avansate necesare construirii modelului*.

6.1.2.4. Realizarea produsului

După aprobarea de către echipă a procesului de proiectare, toate utilajele, echipamentele, instrumentele și toate celelalte facilități sunt achiziționate sau reconfigurate cu scopul implementării lor în sistemul de producție. Când procesul începe realizarea primei faze a pre-producției se fac toate testările necesare validării capabilității procesului, conformității produsului cu cerințele (prin măsurători, teste și analize), măsurarea capabilității procesului și întreținerea capabilității sistemului. Ultimul stadiu, constă în validarea procesului și produsului de către client (PPAP).

De aceea în COMPA o problemă majoră constă în: 1) *posibilitatea reutilizării experienței sau rezultatelor din activitățile de proiectare și planificare anterioare*; 2) *limitări în managementului documentelor și* 3) *posibilitatea planificării colaborative utilizând aceleași date, majoritatea fluxurilor de valoare adăugată desfășurându-se în paralel*. Toate aceste elemente trebuie asistate de instrumente adecvate care să maximizeze capacitatea de reutilizare a datelor sau paralelizare a activităților de producție.

6.1.3. Instrumente și tehnologii colaborative utilizate în Compa SA

COMPA S.A. este amplu implicată în crearea și elaborarea de noi soluții de optimizare. În acest sens, compania a participat la cercetări în cadrul unor proiecte europene de anvergură, precum **Virtual Factory Framework (VFF)**. În acest proiect COMPA a testat utilizarea unui mediu colaborativ integrat cu scopul optimizării fluxurilor valorice menționate în secțiunea anterioară.

6.1.4. Metodologia de simulare a proceselor colaborative

În general, simularea unor procese socio-tehnice reale presupune:

- *analiza practicilor de utilizare a instrumentelor colaborative* (etapa I) - implică observarea și/sau analiza activităților din cadrul fluxurilor de valori pentru extragerea datelor descriptive despre utilizarea reală a instrumentelor colaborative în cadrul companiei;
- *modelarea proceselor de utilizare a instrumentelor în cadrul fluxurilor de valori* - constă în formalizarea datelor descriptive rezultate din faza anterioară; această fază presupune: *definirea modelului conceptual al proceselor colaborative* (etapa II), *specificarea și implementarea modelului* (etapa III și IV). Modelul conceptual constă în modelarea proceselor colaborative descrise în capitolul 5, iar specificarea și implementarea lor va fi detaliată în secțiunile următoare ale acestui capitol.
- *experimentarea sau simularea* (etapa V) - modelul este simulat având ca „intrare” modelul formal și ca „ieșire” parametrii de performanță ai acestui proces, în speță eficiența proceselor colaborative asistate de instrumente software. Aceasta implică un ciclu iterativ de „compilare-simulare-reprogramare”, astfel încât simularea practicilor de utilizare a instrumentelor colaborative din cadrul întreprinderii să corespundă comportamentului real din companie.
- *observarea simulării* (etapa VI) – constă în observarea și investigarea rezultatelor simulării și compararea acestora cu sistemul real al activităților umane, în scopul creării unei înțelegeri comune asupra modelului și practicilor de lucru rezultate în urma simulării. Rezultatul acestei faze implică rafinări ale modelului.

În consecință validarea simulării prin compararea cu practicile de utilizare a instrumentelor colaborative existente în COMPA presupune reproducerea în modelul simulat, a unor caracteristici cunoscute din experiența de utilizare reală a acestora.

6.2. Simularea proceselor colaborative necesare dezvoltării produsului

Secțiunea prezintă rezultatele simulării și analiza a două procese colaborative modelate din cadrul lanțului de valori necesar dezvoltării produsului. Cum analiza este raportată la compania COMPA, în speță la datele obținute prin participare sa în proiectul FP7 Virtual Factory

Framework, procesele colaborative analizate se restrâng la identificarea cerințelor (*subcapitolul 6.2.1*) și proiectarea produsului (*subcapitolul 6.2.2*). Deși procesul colaborativ de analiză a riscurilor a fost modelat în capitolul precedent, el nu a fost testat în cadrul proiectului Virtual Factory Framework. *Subcapitolul 6.2.3* sintetizează principalele concluzii derivate din simularea proceselor colaborative de identificare a cerințelor necesare și proiectare a produsului.

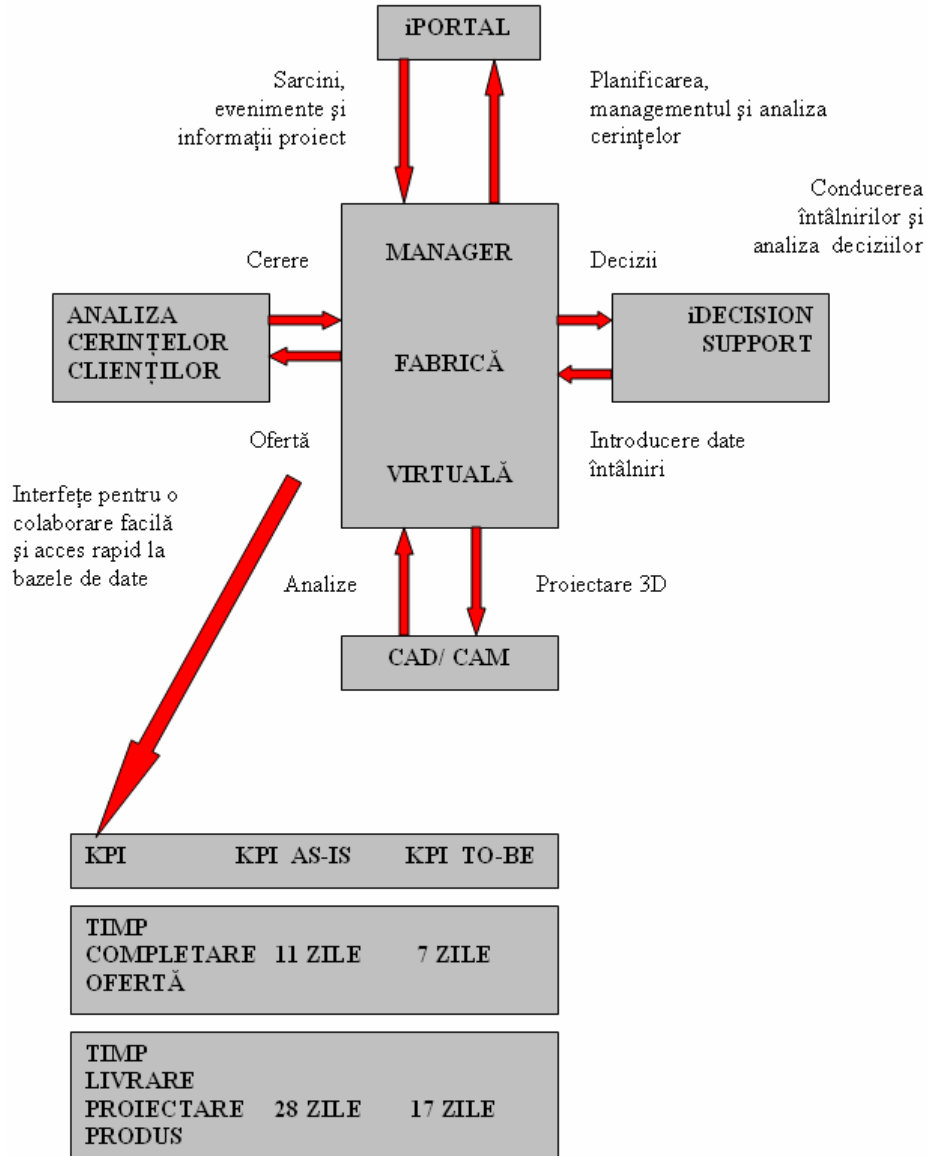


Figura 6.2 : Analiza cerințelor clienților COMPA în cadrul proiectului VFF

6.2.1. Identificarea cerințelor

Procesul colaborativ de identificare a cerințelor modelat în *subcapitolul 5.2.1* este mai întâi validat și calibrat în raport cu datele reale de execuție al acestuia (*6.2.1.1*) în cadrul companiei COMPA, după care sunt analizate rezultatele obținute în urma simulărilor cu un set extins de date (*6.2.1.2*).

6.2.1.1. Validarea modelului

În cadrul studiului pilot din proiectul VFF, COMPA a testat utilizarea mediului colaborativ integrat pentru procesul de analiză a cerințelor doar pentru un produs de tip flanșă. Pentru celelalte tipuri de produse detaliate în anexa 2 nu au fost derulate procese colaborative, fie din lipsa timpului necesar în cadrul proiectului, fie datorită indisponibilității platformei VFF după finalizarea proiectului. În acest test s-a observat o diminuare a timpului de analiză a cerințelor de la 11 zile (vezi “*timp de analiză cerere din partea clienților*” + „*timp pregătire ofertă*” în anexa 2) la aproximativ 7 zile (Fig. 6.2).

Simularea în ADONIS a activităților colaborative descrise în *subcapitolul 5.2.1.* conduce la același rezultat (de 7 zile) necesar derulării acestuia. Pentru simularea activităților, în afara datelor menționate anterior, au fost utilizate variabile adiționale pentru condițiile de tranziție (elementele decizionale reprezentate prin romburi). Acestea sunt atribuite prin intermediul unei funcții de distribuție discretă. Deoarece în cadrul proiectului VFF s-a considerat că toate aceste tranziții sunt implicit afirmative, probabilitatea acestora a fost setată cu 1 pentru a valida modelul propus. În plus, modelele de interacțiune generice descrise în *subcapitolul 5.2.1* (divergență, organizare, convergență, evaluare, realizarea consensului) au fost instanțiate cu modelul utilizat în COMPA. De menționat că deși ADONIS oferă posibilitatea estimării costului asociat derulat acestui proces colaborativ, din considerente de confidențialitate valorile acestora nu sunt disponibile pentru studiul realizat de COMPA.

6.2.1.2. Analiza procesului

Așa precum menționam, din păcate testarea platformei VFF nu s-a realizat și pentru celelalte tipuri de produse detaliate în anexa 2. O analiză statistică a timpului clasic de identificare a cerințelor pentru toate tipurile de produse realizate în COMPA pe parcursul ultimilor 5 ani prezintă o variabilitate foarte mare, atât în cadrul unui produs, cum ar fi flanșă, sau între tipuri de produse, de exemplu între flanșă și reperi ștanțate (Fig. 6.3). Deși procesul decizional este identic, acest lucru se datorează complexității asociate cu necunoașterea categoriilor de beneficiari, a necesității de a identifica noi cerințe, sau a dificultății de realizare a consensului care conduc la repetarea întregului proces.

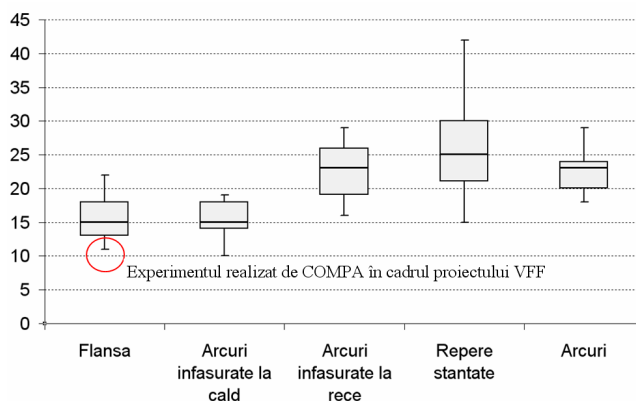


Figura 6.3 : Diagrame Wisker pentru timpul necesar analizei cerințelor din COMPA pentru fiecare tip de produs (exprimat în zile lucrătoare)

În consecință, pentru simularea acestor aspecte în modelul expus, variabilele de tranziție (*Alte_cerințe*, *Cunoaștere_beneficiari*, *Consens*) sunt modificate conform valorilor probabilităților din Tabelul 6.1. Coloana marcată cu gri din tabel reprezintă parametrii utilizați în utilizarea reală a modelului de COMPA în proiectul VFF.

Tabelul 6.1. Probabilitatea tranzițiilor dintre etapele procesului colaborativ de identificare a cerințelor

Variabile de tranziție	Probabilitatea tranziției					
Alte cerințe	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8
Cunoaștere beneficiari	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
Consens	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
Număr de zile necesare	7	9	11.2	13.2	17	32.1

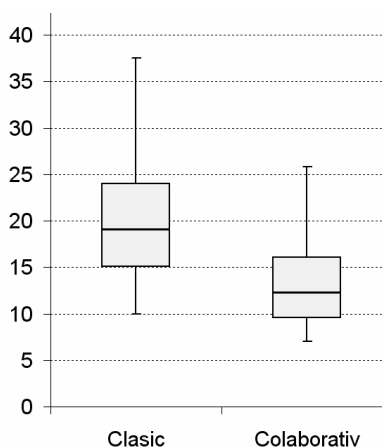


Figura 6.4. Diagrame Wisker pentru timpul necesar analizei colaborative a cerințelor din COMPA comparativ cu cel clasic (exprimat în zile lucrătoare)

Mai mult, unele dintre etapele reprezentate pot fi derulate în aceeași zi, rapoartele rezultate fiind automat generate de sistemul de asistare a deciziilor IDS.

6.2.2. Proiectare produs

Procesul colaborativ de proiectare a produsului modelat în *subcapitolul 5.2.2* este mai întâi validat și calibrat în raport cu datele reale de execuție ale acestuia (*6.2.1.1*) în cadrul companiei COMPA, după care sunt analizate rezultatele obținute în urma simulărilor cu un set extins de date (*6.2.1.2*).

6.2.2.1. Validarea modelului

Conceperea unui nou produs în cadrul companiei COMPA presupune utilizarea secvențială a unor instrumente de tip AutoCad, Microsoft Office și un software de simulare tip CAD. Similar procesului colaborativ de identificare a cerințelor, COMPA a testat în cadrul

studiului pilot din proiectul VFF utilizarea mediului colaborativ integrat pentru procesul de proiectare a flanșei. În acest test s-a observat o diminuare a timpului de proiectare de la 28 de zile (vezi “*timp execuție 12 desene 2D+16 detalii*” + „*timp planificare*” din anexa 2) la aproximativ 17 zile.

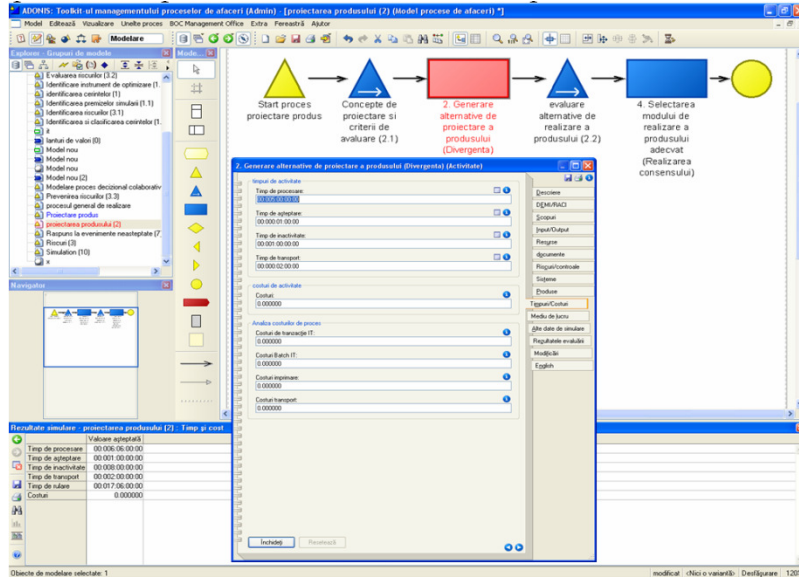


Figura 6.5. Simularea în ADONIS a procesului colaborativ de proiectare a produselor

Structura procesului decizional colaborativ utilizată este similară cu cea detaliată în Fig. 5.9 (*subcapitolul 5.2.2*) considerând că toate criteriile de evaluare sunt cunoscute deja (vezi Fig. 5.10). Timpul alocat unei activități din cadrul procesului colaborativ de proiectare a produsului a fost de aproximativ 2 ore, timpul de așteptare necesar explicării fiecărei etape sau model de interacțiune (v. Anexa 1) de aproximativ o oră, iar timpul necesar documentării rezultatelor unei etape pentru de 2 ore. Din lipsa de experiență a echipei implicate în utilizarea sistemului colaborativ IDS, fiecare etapă decizională a fost realizată după 1 zi lucrătoare. Prin partajarea documentelor intermediare realizate cu ajutorul instrumentelor CAD/CAM/CAE, timpul de execuție al celor 12 desene a fost de o săptămână. În acest proces de proiectare au fost implicate 2 echipe, una din partea COMPA, cealaltă din partea beneficiarului.

Simularea în ADONIS a activităților colaborative descrise în *subcapitolul 5.2.2* și configurate conform datelor menționate anterior ne conduc la același rezultat, de 17 zile, necesar derulării procesului colaborativ de proiectare a produsului.

6.2.1.2. Analiza procesului

Spre deosebire de procesul colaborativ necesar identificării cerințelor unde avem tranziții multiple, în proiectarea produsului avem o singură tranziție, aceea a existenței criteriilor de evaluare pentru alternativele de proiectare propuse (vezi Fig. 5.10 din *subcapitolul 5.2.2*). De aceea impactul său este minor asupra tipului de derulare al procesului de proiectare. În acest caz, diminuarea timpului de derulare s-a datorat în esență utilizării unor instrumente CAD/CAM/CAE colaborative care au făcut posibil lucrul în echipe virtuale. Prin partajarea și reutilizarea schițelor

intermediare gestionate de sistemul de management al documentelor disponibil în VFF s-a reușit reducerea timpului alocat generării alternativelor de proiectare.

6.2.3. Note și comentarii

În urma rezultatelor simulărilor realizate pentru procesele colaborative din cadrul lanțului de valori al dezvoltării produsului putem trage următoarele concluzii:

- *pentru maximizarea eficienței proceselor colaborative este necesară o utilizare frecventă a acestora în cadrul întreprinderii* - beneficiile utilizării sporadice a unui sistem de sprijinire a deciziilor colective sunt eliminate de costurile asociate cu documentarea procesului și pregătirea decidenților implicați;

- *implicarea tuturor factorilor decizionali relevanți conduce implicit la diminuarea incertitudinii de derulare a procesului colaborativ și la reducerea tranzițiilor către activități repetitive* – după cum se observă din simulările realizate probabilitatea acestor tranziții are un impact major asupra timpului de derulare a oricărui proces decizional colaborativ;

- *ingineria colaborativă conduce implicit la definirea unor activități colaborative cu o granularitate mai mică (activități multe și simple)* – acest lucru favorizează reutilizarea rezultatelor acestor activități în contextul unor procese diferite de cel în care a fost inițial proiectat;

- *chiar dacă simulările au vizat doar eficiența proceselor colaborative (timpul necesar derulării acestora) rezultatele pot fi cu ușurință transferate atât asupra eficacității (decizii mai bune datorate în speță posibilității de a prelucra în paralel contribuții multiple), cât și asupra satisfacției factorilor decizionali (datorită implicării acestora în toate etapele relevante luării deciziei);*

- *pentru creșterea eficienței oricărui proces colaborativ este necesară utilizarea cu preponderență a instrumentelor software colaborative, în caz contrar, având doar ”insule de colaborare”, impactul oricărui proces va fi semnificativ diminuat.*

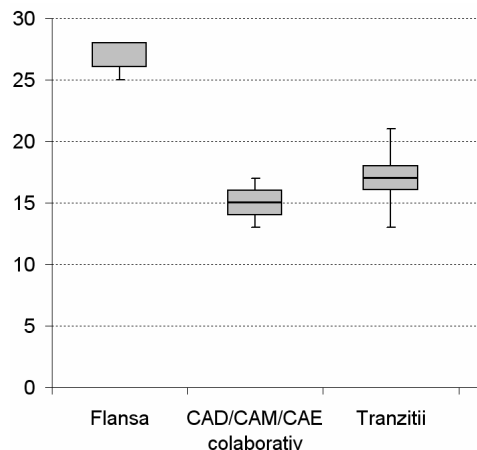


Figura 6.6 : Impactul utilizării instrumentelor CAD/CAM/CAE colaborative și a disponibilității criteriilor de evaluare asupra timpului de derulare a procesului de proiectare (exprimat în zile lucrătoare)

6.3. Simularea proceselor colaborative necesare stabilirii echipamentelor

Procesele colaborative detaliate în *subcapitolul 5.3* necesare stabilirii și configurării echipamentelor de fabricație implică decizii extrem de complexe care trebuie să țină cont de o serie de variabile, precum volumul producției, costurile asociate, personalul necesar, semifabricatele folosite, echipamentele de fabricație de care dispune secția de producție etc.

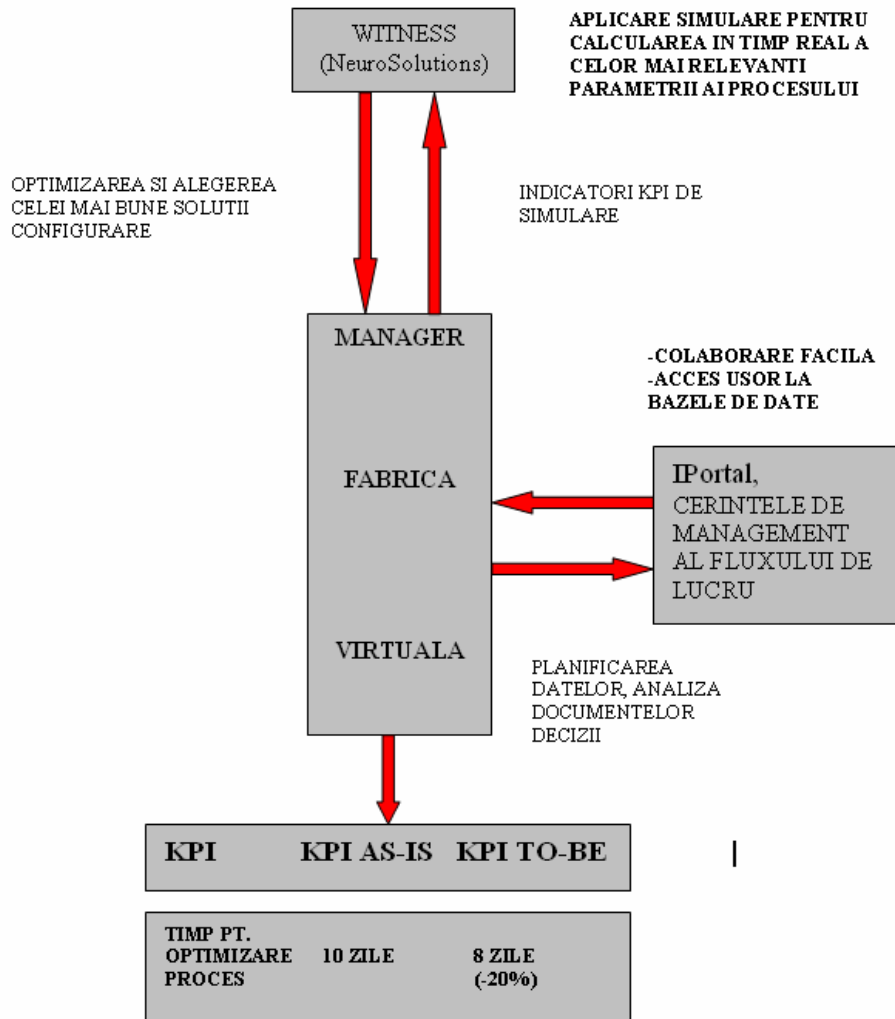


Figura 6.7: Analiza cerințelor clienților COMPA în cadrul proiectului VFF

În cadrul proiectului VFF, COMPA a utilizat instrumentul WITNESS, un instrument care din păcate nu a fost achiziționat după finalizarea proiectului pentru a fi testat ulterior (Fig. 6.7) cu care a obținut o îmbunătățire a timpului de optimizare a capacităților de fabricație cu 20%. În consecință pentru a ilustra contextul complex de utilizare colaborativă a unui astfel de instrument s-a realizat propria optimizare cu ajutorul software-ului NeuroSolutions 5 al firmei NeuroDimension Inc (*subcapitolul 6.3.1*). Acest lucru va fi analizat și detaliat în *subcapitolul 6.3.2*. *Subcapitolul 6.3.3* sintetizează principalele concluzii derivate din simularea proceselor colaborative de stabilirea a capacităților de fabricație.

6.3.1. Stabilirea capacităților de fabricație prin modelare neuronală

Datorită capacității de a învăța ceea ce se întâmplă într-un anumit proces industrial, fără a modela legile care guvernează sistemul, modelarea acestora cu ajutorul rețele neuronale a suscitât interesul pentru aplicații vizând domeniul industrial și cel al luării deciziilor [117]. Acest aspect implică obținerea unui model optim, folosind date experimentale, rețeaua putând fi ulterior utilizată la modelarea proceselor neliniare complexe. Multe aplicații au demonstrat faptul că, dacă sunt antrenate și validate corespunzător, modelele bazate pe rețele neuronale pot fi folosite în predicția eficientă a comportării procesului [139].

În continuare sunt descrise principalele elemente ale modelului neuronal realizat în NeuroSolutions pentru optimizarea capacităților de fabricație din COMPA. Aceste elemente au rolul de a evidenția natura colaborativă a procesului de construire (*subcapitolul 6.3.1.2*), utilizare (*subcapitolul 6.3.1.3*) și agregare (*subcapitolul 6.3.1.4*) a unor modele neuronale utilizate pentru configurarea capacităților de fabricație.

6.3.1.1. Etape de dezvoltare a unui model neuronal

În esență, elaborarea unui model bazat pe rețele neuronale presupune parcurgerea următoarelor etape (Fig. 6.8): stabilirea variabilelor de intrare și ieșire, stabilirea seturilor de date pentru antrenare și validare, dezvoltarea modelului neuronal sau a arhitecturii rețelei, antrenarea rețelei, validarea modelului neuronal, și în fine utilizarea acestuia pentru a oferi predicții suplimentare.

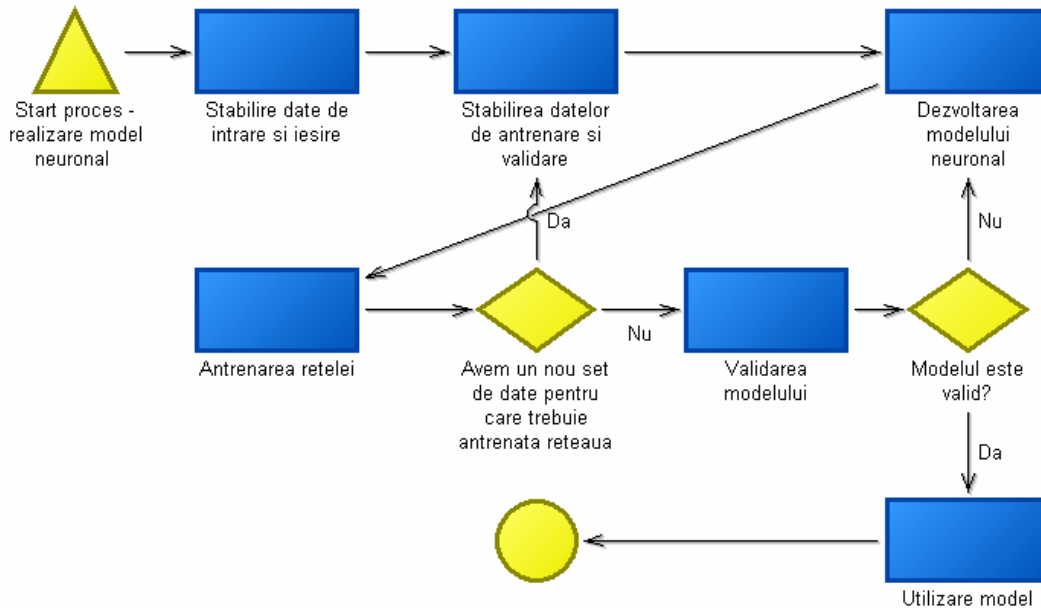


Figura 6.8. Etapele dezvoltării unui model neuronal

Este binecunoscut faptul că obținerea unei rețele neuronale eficiente depinde de cantitatea și calitatea datelor de antrenare (distribuirea lor uniformă pe domeniul studiat). Acesta poate fi considerat un proces colaborativ precum cel modelat în *subcapitolul 5.3.3*. După ce se asigură

condițiile pentru a acoperi întreg domeniul de variație, este necesară colectarea unui set reprezentativ, lucru ce s-a realizat pe baza datelor reale din COMPA și prezentate în anexa 2 unde seturile de date sunt reprezentate în coloane, iar capetele de coloane reprezintă parametrii care se pot constitui în intrarea sau ieșirea modelului. În anexa 2 de la I1 la I32 sunt simbolizate datele de intrare în rețeaua neuronală, iar cu E1 și E2 cele două ieșiri: *cost producție flanșă* și *productivitatea* calculată ca cifra afaceri/nr. salariați*100.

După stabilirea datelor de antrenare și validare se trece la etapa de alegere a tipului de rețea din cadrul programului software. Acest lucru presupune *stabilirea topologiei rețelei* prin definirea unor parametri de configurare multipli, precum: numărul de intrări, numărul de ieșiri, numărul straturilor ascunse, numărul de neuroni din straturile ascunse, funcțiile de activare folosite, numărul ponderilor, regulile de învățare, numărul de epoci (iterații).

În *faza de antrenare*, rețeaua neuronală învață comportamentul procesului, conducând la găsirea valorilor ponderilor care minimizează diferența dintre ieșirile rețelei și valorile țintă. Setul de date de antrenare conține atât modele de intrare, cât și modele de ieșire (numite și modele țintă). Faza de antrenare este considerată completă când eroarea pentru toate modelele de antrenare este mai mică decât criteriul de eroare admis sau când se parcurge un număr maxim impus de epoci.

Validarea modelului neuronal presupune testarea modelului rezultat după faza de antrenare față de date neincluse în setul de antrenare („nevăzute de rețea”). În NeuroSolutions validarea modelului cel mai performant s-a realizat cu ajutorul instrumentul TestingWizard din bara de comandă care afișează erorile relative procentuale cât mai apropiate de 0.

După cum se poate observa toate etapele de realizare a unui model neuronal necesită un efort considerabil de analiză, experimentare și creativitate din partea unui personal specializat. Din aceste considerente fiecare etapă se poate transpune cu ușurință într-un proces decizional colaborativ.

6.3.1.2. Construirea modelului neuronal

Datele experimentale din anexa 2 au fost folosite la antrenarea diferitelor rețele neuronale, modelându-se activitățile de bază, funcție de condițiile de lucru. Acestea au fost utilizate pentru antrenarea diferitelor rețele neuronale, modelându-se costul de producție al flanșei, precum și productivitatea muncii funcție de condițiile de lucru impuse. Din aceste date 20 % reprezintă datele de validare, iar restul datele de antrenare. După cum s-a menționat anterior, unul dintre cele mai complexe și importante activități al modelării cu rețele neuronale îl constituie identificarea celei mai bune topologii. Aceasta este realizată prin propunerea de topologii și compararea erorilor de predicție asociate. Antrenarea este realizată în acest caz prin atribuirea de valori aleatoare pentru ponderile fiecărui neuron, evaluarea ieșirii rețelei neuronale și calcularea diferențelor dintre ieșirea rețelei și rezultatele cunoscute. În cazul în care eroarea este prea mare, ponderile sunt ajustate, iar procesul se reia în vederea evaluării ieșirii rețelei. Acest ciclu este repetat până când eroarea devine mică sau este realizat un anumit criteriu de oprire. [169] În acest prim tip de abordare prin antrenarea celor 30 parametri (din care 20 % reprezintă datele de validare, iar restul datele de antrenare) din anexa 2, reprezentând intrările (I) rețelelor neuronale și a celorlalți 2 parametri reprezentând ieșirile (E), se înregistrează performanțele diferitelor topologii funcție de: 1) *MSE* (Mean Square Error, eroarea medie pătratică); 2) *r* (corelația dintre ieșirea experimentală și cea dată de rețea) și *E_p* (eroarea procentuală).

Tabelul 6.1: Diferite topologii testate pentru rețelele neuronale

<i>Nr. crt.</i>	<i>Rețea</i>	<i>Nr. iterații</i>	<i>Eroare medie</i>	<i>Corelație</i>
1	MLP(30:10:2)	600	2,782591	0,999012
2	MLP(30:12:2)	1200	4,606393	0,958422
3	MLP(30:15:2)	1500	1,674089	0,962004
4	MLP(30:20:2)	400	0,503273	0,962918
5	GFF(30:4:2)	900	5,546119	0,958495
6	GFF(30:6:2)	1200	3,714762	0,943264
7	MNN(30:10:2)	100	2,015116	0,942687
8	JEN(30:5:2)	900	2,707518	0,95553
9	JEN(30:10:2)	1200	6,503178	0,963124

Aceste modele sunt relativ simple și înregistrează la antrenare performanțe bune. Cu modelul neuronal MLP (30:10:2) s-au obținut predicții satisfăcătoare față de datele de antrenare: eroarea relativă medie de 2,78 %, iar corelația dintre datele experimentale și predicția rețelei s-a situat în jurul valorii de 0,999. Eroarea relativă procentuală (Tabelul 6.1) a fost calculată folosindu-se relația (6.1):

$$E_r = \frac{P_{exp} - P_{net}}{P_{exp}} \cdot 100 \quad (6.1)$$

în care p reprezintă parametrul modelat, indicii exp și net reprezintă valorile experimentale, respectiv predicțiile rețelei.

Spre exemplu, MLP(30:10:2) reprezintă utilizarea unui model de tip perceptron multistrat (multilayer perceptron) având 30 de intrări, 10 neuroni în stratul ascuns și două ieșiri. Numărul de iterații este același cu numărul de epoci și reprezintă reluarea algoritmului de atâtea ori cât este necesar pentru a aduce modelul la un nivel în care eroarea exprimată ca diferență dintre datele experimentale și cele obținute prin simulare să fie cât mai scăzută. Parametrii modelați sunt cele 30 intrări: I_1 - I_{30} .

Modul de acțiune al modelului merge pe un principiu asemănător cutiei negre în care se introduc parametri care se constituie în date de intrare, rezultând alți parametri. Funcționarea este sistemică și încearcă simularea unui proces despre a cărui model de funcționare se cunosc foarte puține lucruri. Așa cum este evidențiat în partea introductivă, scopul unui model neuronal este de a încerca simularea unui proces prin care se pot obține date suplimentare în intervalele de variație ale parametrilor introduși. Astfel se introduc un număr de condiții care sunt exprimate prin intrări, modelul evidențiind rezultatele. Prin aceasta se reduce numărul de experimente, timpul, etc., lucru ce reduce costurile suplimentare.

Comparațiile dintre datele experimentale și datele obținute prin simulare sunt prezentate în Fig. 6.9. Astfel sunt comparate ieșirile modelului cu cele existente în realitate.

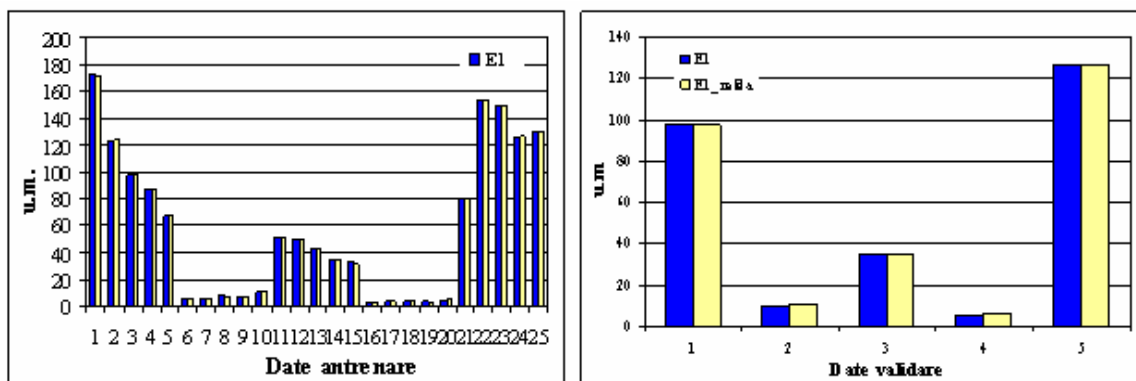


Figura 6.9. Concordanța dintre datele experimentale și predicțiile modelului MLP(30:10:2) față de datele de antrenare pentru cele două ieșiri

Capacitatea de generalizare implică o examinare mai atentă asupra preciziei rezultatelor rețelei neuronale, și este realizată printr-o comparare cu date experimentale neutilizate în faza de antrenare (date nevăzute anterior). Predicțiile rețelei E2 față de datele de validare sunt date în Fig. 6.10.

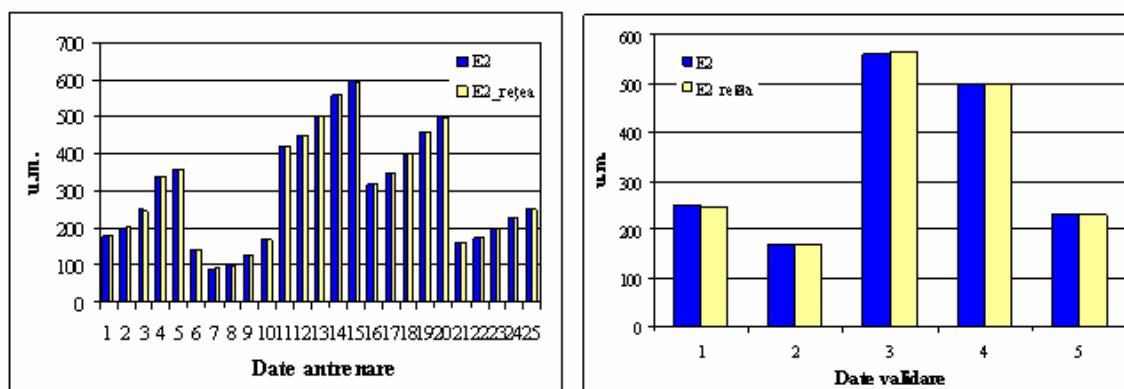


Figura 6.10: Reprezentarea rezultatelor modelului MLP(30:10:2) în faza de validare

Pe baza modelului cu cea mai ridicată performanță, s-a efectuat și o analiză de sensibilitate în scopul cunoașterii influențelor fiecărei intrări a rețelei asupra ieșirii. Pentru modelele reprezentate de rețele neuronale, *analiza de sensibilitate* este folosită în vederea examinării faptului dacă caracteristica fiecărei intrări a fost învățată bine sau pentru a explora sensibilitatea de ieșire la variația fiecărei intrări. [66].

Metoda cu derivate parțiale este întâlnită în literatura de specialitate drept 'PaD' și, prin cu această abordare se pot obține două rezultate: profilul de ieșire pentru variații de intrare mici și o clasificare privind contribuția relativă a fiecărei variante:

$$s_{ji} = \frac{\partial y_j}{\partial x_i} \quad (6.2)$$

în care s_{ji} reprezintă sensibilitatea ieșirii y_j raportată la intrarea x_i .

6.3.1.3. Utilizarea modelului neuronal

De regulă pentru fiecare gen de utilizare a unui model neuronal acesta trebuie reconfigurat, antrenat și validat. De exemplu modelul neuronal detaliat anterior poate să răspundă la întrebări de genul “*care sunt costurile flanșei și productivitatea muncii pentru un set de intrări I1-I32 dat?*”. În utilizarea reală modelul trebuie să răspundă la orice fel de întrebare de tipul “*ce se întâmplă dacă?*”, de exemplu „*care sunt condițiile optime reprezentate prin parametrii de ieșire B1÷B28 care conduc la valori impuse ale costurilor de producție flanșă (A₂), productivității muncii (A₃), cererii de piese din partea clienților (A₄), numărului de angajați, deservire (A₅) pentru fiecare piesă în parte (A₁)?*”.

Alte întrebări de genul “*ce se întâmplă dacă?*” impun construirea unei funcții multiobiectiv care să includă fiecare obiectiv în parte. De exemplu:

- “*care sunt condițiile optime pentru (I₁-...) necesare obținerii unui cost al flanșei scăzut (E₁) și al unei productivități a muncii ridicate (E₂)?*” presupune construirea funcției bazate pe w₁, și w₂ ca ponderi aferente algoritmului de învățare:

$$F_1 = w_1 \cdot (E_1)^2 + w_2 \cdot \left(\frac{1}{E_2}\right)^2 \quad (6.3)$$

- “*care sunt condițiile optime (I₁-...) necesare obținerii unei valori a costului flanșei impus (E₁) și al unei productivități a muncii ridicate (E₂)?*” presupune construirea funcției:

$$F_2 = w_1 \cdot \left(1 - \frac{E_1}{E_{1d}}\right)^2 + w_2 \cdot \left(\frac{1}{E_2}\right)^2 \quad (6.4)$$

- “*care sunt condițiile optime (I₁-I₈) necesare obținerii unui cost al flanșei scăzut (E₁) și al unei valori a productivității muncii impuse (E₂)?*” presupune construirea funcției:

$$F_3 = w_1 \cdot (E_1)^2 + w_2 \cdot \left(1 - \frac{E_2}{E_{2d}}\right)^2 \quad (6.5)$$

Întrebările exemplificate anterior presupun utilizări diferite ale modelului și vin din partea unui decident colectiv cu interese și viziuni diferite asupra configurării echipamentelor de fabricație.

6.3.1.4. Agregarea mai multor modele neuronale

După cum se poate observa toate etapele de realizare a unui model neuronal necesită un efort considerabil de analiză, experimentare și creativitate din partea unui personal specializat. Din aceste considerente fiecare etapă se poate transpune cu ușurință într-un proces decizional colaborativ. De exemplu, dezvoltarea modelului neuronal presupune configurarea unui set extins de parametrii ce pot fi realizați în paralel de către un decident colectiv. Soluțiile de configurare propuse de fiecare decident în parte pot fi ulterior evaluate utilizând un model colaborativ similar

cu cel prezentat în *subcapitolul 5.2.2*. În mod similar antrenarea sau validarea rețelei se poate realiza în paralel utilizând seturi distincte de date.

Mai mult, modelele neuronale pot fi agregate în stive. Ele integrează rețelele neurale candidate într-o arhitectură unică, combinându-le cu scopul îmbunătățirii preciziei predicției. Utilizând setul de soluții optime din tabelul A3.3 din anexa 3 în modelul de tip stivă optimizată cu ponderile rețelelor individuale 10-20-70 % se obțin valori ale unor variabile dependente, la ieșirea din sistem care, în cazul studiat reprezintă indicatorii de calitate. Din motive de programare a experimentelor numărul variabilelor de intrare, respectiv ieșire este cu 1-2 mai mic, dar acest lucru este în avantajul modelării neuronale, ca instrument flexibil de modelare și optimizare.

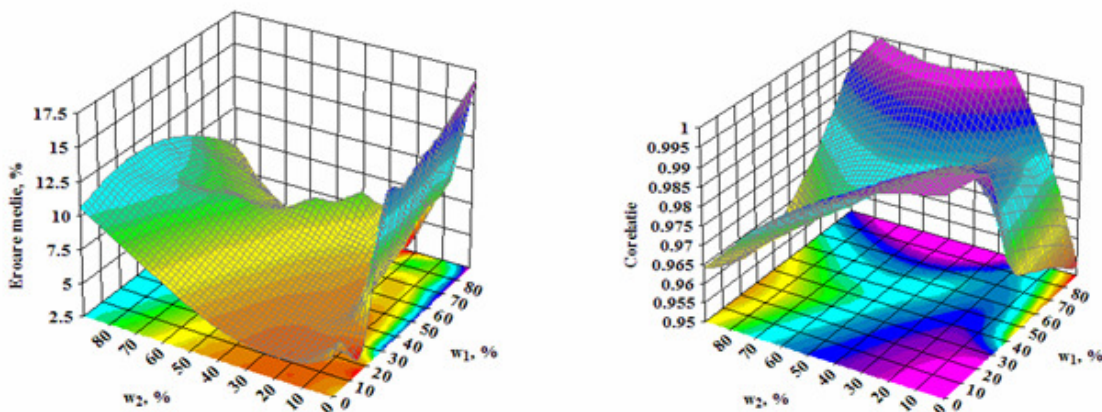


Figura 6.11: Influența ponderilor asupra performanței stivei (corelație și eroare medie) în faza de antrenare

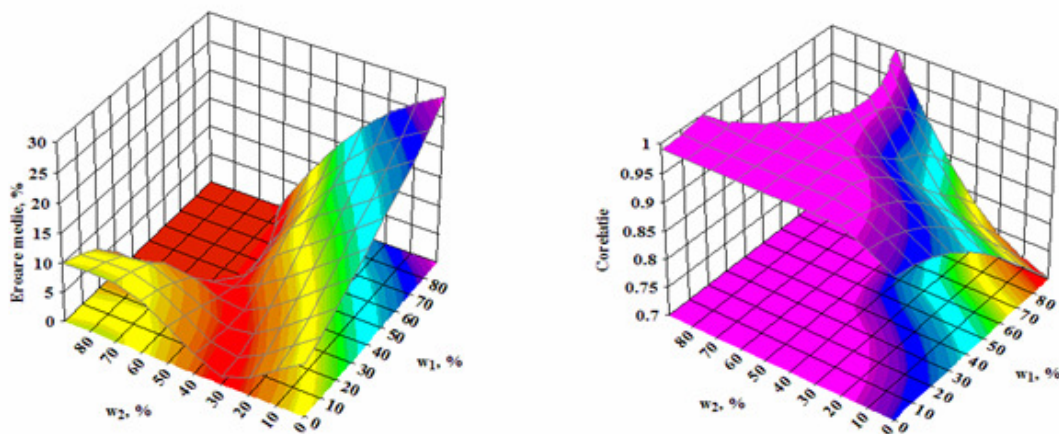


Figura 6.12: Influența ponderilor asupra performanței stivei (corelație și eroare medie) în faza de validare

Fig 6.11 și 6.12 reprezintă valorile obținute prin simulări ale varierii ponderilor stivei obținute. Se poate observa o anumită variație, începând cu erori foarte mari până la erori foarte mici. [45] Prin evidențierea acestor cazuri studiate se poate observa că există anumite intervale care pot fi utilizate pentru stiva respectivă cu ponderile pentru rețelele componente. Fig 6.11 și 6.12 prezintă variația performanțelor (corelație și eroare medie) stivei considerate, funcție de

ponderile rețelelor neuronale componente.

6.3.2. Simularea contextului de utilizare a modelului neuronal

Contextul de utilizare colaborativă a instrumentului de optimizare a capacităților de fabricație este cel detaliat în *subcapitolul 5.3*. Simularea în ADONIS a acestui proces ne conduce la o diminuare a timpului de stabilire a capacităților de fabricație cu 20% (așa cum rezultă din Fig. 6.7) doar în cazul în care se consideră că premisele simulării sunt deja știute, se utilizează doar un instrument de optimizare, iar utilizarea acestuia nu impune colectarea unor date noi sau executarea unor noi simulări (Fig. 6.13).

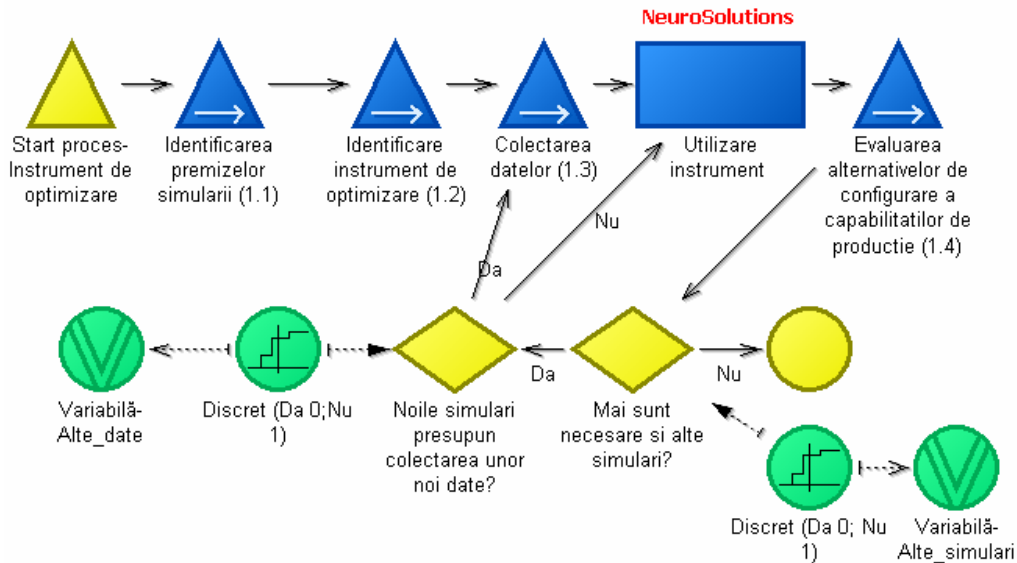


Figura 6.13 : Simularea procesului colaborativ de utilizare a instrumentului de optimizare necesar stabilirii capacităților de fabricație

Datele obținute în urma simulării acestui proces colaborativ, arată creșterea exponențială a timpului necesar stabilirii capacităților de fabricație în raport cu validitatea modelului. În contextul unui mediu decizional dinamic în care modelul neuronal trebuie reconfigurat periodic în raport cu datele disponibile, singura soluție abordabilă este în acest caz utilizarea unui proces colaborativ de dezvoltare, antrenare și validare a unui model neural de tip stivă, așa cum a fost exemplificat în *subcapitolul 6.3.1.4*. În acest fel s-ar diminua considerabil frecvența tranzițiilor de validare care se vor activa doar pentru modelul neural afectat de modificarea datelor.

6.3.3. Note și comentarii

În urma simulărilor proceselor colaborative din cadrul lanțului de valori al stabilirii capacităților de fabricație putem trage următoarele concluzii:

-Fiecare metodă și instrument de optimizarea prezintă trăsături specifice de realizare a modelului și în consecință de structurare a procesului colaborativ.

-Eficacitatea utilizării unui instrument de optimizare depinde esențial de acuratețea modelului realizat.

-Adoptarea unei platforme I4.0 amplifică implicarea unui decident colectiv în procesul de stabilire a capabilităților de fabricație.

6.4. Concluzii

Capitolul a prezentat simularea și analiza proceselor colaborative modelate anterior pentru cazul real al companiei sibiene COMPA S.A. Plecând de la fluxurile de valoare adăugată definite în arhitectura de referință I4.0 și de la rezultatele implementării reale a unor procese colaborative în cadrul proiectului FP7 Virtual Factory Framework, în acest capitol s-au validat și simulat pe un set extins de scenarii câteva dintre cele mai reprezentative procese colaborative din cadrul fluxurilor valorice ale arhitecturii de referință I4.0. Concluziile acestor simulări au fost sintetizate în *secțiunile 6.2.3 și 6.3.3.*

Capitolul 7: Concluzii generale, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare

7.1. Concluzii generale

Scopul principal al acestei lucrări a fost elaborarea unei platforme colaborative cu incorporarea și respectarea principiilor ingineriei colaborative în vederea optimizării resurselor unei companii. Cercetările au respectat etape bine delimitate, începând de la analiza stadiului actual al procesului de fabricație, până la implementarea lanțurilor valorice specifice celei mai noi arhitecturi I4.0. Elaborarea noului model metodologic s-a bazat pe conceptul de inginerie colaborativă.

7.2. Contribuții personale

Contribuțiile aduse au fost în principal de natură teoretică-conceptuală și metodologică. O etapă de durată și de implicare personală majoră, a presupus analiza modului și etapelor de realizare a planului de producție, precum și a condițiilor din cadrul companiei sibiene COMPA SA. Au fost prezentate, tehnologiile și instrumentele bazate pe un mediu colaborativ, care îmbunătățesc activitățile de proiectare, prototipare și execuție a produselor. Reducerea timpului și a costurilor, împreună cu creșterea calității și flexibilității, sunt în aceste zile probabil cele mai importante ținte de atins în cadrul companiilor, astfel, ajungându-se la concluzia că procesele colaborative, devin de fapt o strategie de viitor. Studiul s-a dovedit benefic, în sensul relevării de noi metode, facil aplicabile în cadrul companiei pentru optimizarea procesului de luare a deciziilor determinat de introducerea în fabricație a unui nou produs.

Tot studiul, a permis trecerea progresivă de la general la particular în modelarea proceselor de fabricație. În acest mod, au devenit identificabili, pașii referitori la elaborarea metodologiei unei platforme colaborative. Au fost studiate și ierarhizate metodele de modelare și simulare ale sistemelor de producție. În urma clasificărilor celor mai relevante metode de simulare și modelare a sistemelor de producție, precum și în urma comparării principiilor de modelare, a beneficiilor și instrumentelor specifice, am ales aplicarea și dezvoltarea modelării în ADONIS pentru cazul concret cercetat. Plecând de la fluxurile de valoare adăugată definite în arhitectura de referință I4.0 și de la principiile de analiză și proiectare a colaborării specifice ingineriei sistemelor de sprijinire a deciziilor de grup, s-au modelat câteva dintre cele mai relevante procese colaborative cu impact major asupra optimizării resurselor întreprinderii.

Etapetele cercetării efectuate cu ajutorul software-ului Neuro Solutions, în scopul optimizării procesului de luare a deciziilor sunt descrise punctual, parcursul acestora fiind prezentat prin capturi de ecrane din timpul cercetărilor. Comparațiile și graficele rezultate, relevă cu acuratețe faptul că introducerea predicțiilor suplimentare, simularea mai multor variante ținând cont de un set mare de constrângeri, au condus la abateri minore.

7.3. Perspective viitoare de cercetare

Cercetările efectuate până acum creează perspective de dezvoltare pe următoarele direcții:

- ✓ validarea în mediu industrial a aplicației care stă la baza platformei de concepție colaborative în domeniul industriei automotivă;
- ✓ dezvoltarea bazei de date prin integrarea cât mai multor constrângeri și a unui set de criterii pentru alegerea constrângerilor;
- ✓ dezvoltarea platformei pentru urmărirea fabricației;
- ✓ transferul datelor de pe platforma colaborativă în fabrica reală.

Soluțiile cloud vor fi cu siguranță pasul următor. Acestea vor permite utilizatorilor să lucreze în orice moment, din orice colț al lumii, prin intermediul unei simple conexiuni la internet. . Asemenea pachetelor de aplicații scumpe, ce includ mai multe programe software de birou, și soluțiile cloud pot fi achiziționate ca pachete. Diferența majoră dintre suitele de programe software tradiționale și serviciile cloud este că soluțiile online pot fi integrate, astfel încât să funcționeze împreună fără a mai fi nevoie să soliciți procesorul computerului. Colaborarea este posibilă de oriunde, oricând, direct de pe computer, telefon inteligent sau tabletă. Pe lângă ușurința de utilizare și avantajul de a fi intuitive, soluțiile cloud permit flexibilitate. Cloud-ul permite posibilitatea de a alege exact soluțiile de care are nevoie fiecare angajat. De asemenea, pot fi create pachete de soluții personalizate pentru fiecare companie în parte. Astfel, sunt eliminate cheltuielile inutile, iar costurile sunt în permanență sub control. Acest lucru înseamnă, pentru o companie, că devine mult mai competitivă pe piață, iar produsele sale sunt livrate mult mai repede.

Orice descoperire științifică are la baza ei o invenție, care reprezintă de fapt, găsirea unei soluții corecte la problema pusă cercetării. A descoperi, înseamnă a scoate la iveală ceva ce poate deja există, dar nu a fost căutat sau găsit. A inventa, însă, înseamnă a produce ceva nou. Descoperirea științifică este finalul cercetării, în timp ce invenția este finalul concepției. Așadar, în concluzie, nu există invenție fără concepție, ea fiind singura care transformă invenția în inovație.

Referințe bibliografice:

1. Al-Bazi, A. F. J., *Development of simulation-based genetic algorithms model for crew allocation in the precast industry*, PhD Thesis. Teesside University, 2010.
2. Anderson, J., *Multiobjective Optimization In Engineering Design*, Dissertation no.675, Liuköping Universitat, Sweden, 2010.
3. Anghel F. S., Popescu M. O., *Tehnologii electromecanice i sisteme de producție cu ateptare*, Ed. Printech, Bucuresti, 2006.
4. Ansalam, T.G., *Analysis and optimization of machining process using evolutionary algorithms*, A thesis submitted in partial fulfillment of the degree of Doctor of Philosophy by Rajdivision of Mechanical Engineering School of Engineering Cochin University of Science and Technology, Kochi, Kerala-682 022 India, 2011.
5. Avgoustinov, N., *Modelling in Mechanical Engineering and Mechatronics Towards Autonomus Intelligent Software Models*, Springer Verlag London Ltd, 2007.
6. Badea, F., Bagu, C.tin., *Managementul produciei*, Academia de Studii Economice Bucureti, 2010.
7. Bai, C., Sarkis, J., *Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory*, Journal of Cleaner Production, vol.18, nr.12, pp1200-1210, 2010.
8. Bair, F., Langer, Y., Caprace, J.D., Rigo, P., *Modeling, Simulation and Optimization of a Shipbuilding Workshop*, Ship Technology Research Journal, Belgium, 2010.
9. Banciu, F. V., *Dezvoltarea unui model de concepie inovant, colaborativ a produselor*, Ed. Politehnic, Timioara, 2011.
10. Bangsow, S., *Fertigungssimulationen mit Plant Simulation und SimTalk*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 2008.
11. Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., *Discrete event system simulation*, third edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, ISBN 0-13-088702, 2001.
12. Baum, H., Schutze, J., *A Model of Collaborative Enterprise Networks*, Procedia CIRP, Volume 3, Pages 549-5542012, 2012.
13. Beju, L.D., *Bazele teoriei sistemelor*, Ed. Universitii L. Blaga, Sibiu, 2000.
14. Blessing, C., Chakrbatti, J., *DRM a Design Research Methodology*, Ed. Springer, 2009.
15. Boivie, F., Hoglund, M., *Production system design and optimization. Optimized two-line production system for bus chassis assembly at Volvo Buses Bors factory*, Master of Science Thesis in the Master Degree Programme, Automation and Mechatronics Department of Product and Production Development Division of Production Systems Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden, 2008.
16. Bondrea, I., *Modelarea i simularea proceselor de producie*, Sibiu, Ed. Universitii L. Blaga, Sibiu, 1998.
17. Bondrea, I., *Proiectarea asistat de calculator utilizând CATIA v5*, Ed. Universitii L.Blaga, Sibiu, 2007.

18. Bondrea, I., *Sisteme integrate de producție în industria constructoare de mașini*, Ed. Universității Lucian Blaga din Sibiu 1999.
19. Bracht, U., Masurat, T., *The Digital Factory between vision and reality. Computers in Industry*, Vol. 56, 325-333, 2005.
20. Briggs, R.O., Vreede, G.J. & Nunamaker, J.F., *Collaboration Engineering with ThinkLets to Pursue Sustained Success with Group Support Systems*, Journal of Management Information Systems, 4(19), pag. 31-63, 2003.
21. Business Dictionary, 2011.
22. Cao, J. Z., *Distributed design process coordination based on a service event notification model*. Concurrent Engineering, 13 (4), 301–310, 2005.
23. Cao, M., Qingyu Z., *Supply chain collaborative advantage: A firm's perspective*, International Journal of Production Economics, Volume 128, Issue 1, Pages 358-367, 2010;
24. Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., Galeano, A. M., *Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises Computers & Industrial Engineering*, Volume 57, Issue 1, Pages 46-60, 2011.
25. Chen, W.W., Huang, J.C., Zhao, X., *Evolutionary innovations of formalization and digitalization, Extenics and Innovation Methods*, Proceedings of the International Symposium on Extenics and Innovation Methods, pp. 89-94., 2013.
26. Cioca. M., Cioca L.I., Duta L., *Web engineering and multi-criterion analisys of modeling languages used in production systems*, IEEE International Conference, pag 230-233, 2005.
27. Covaciu, D., *Soluții în studiul performanțelor dinamice și în trafic ale autovehiculelor prin integrarea aplicațiilor CAD/PLM și GPS*, Teza de doctorat, Brașov, 2010.
28. Curaj, A., *Conducerea sistemelor de fabricație integrate în arhitecturi de întreprindere virtuală*, Editura Tehnică, București, 2000.
29. Datta, D., *Multi-Objective Evolutionary Algorithms for Resource Allocation Problems* Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Kanpur, India 2006.
30. Dao, V., Langella, I., Carbo, J., *From green to sustainability: Information technology and an integrated sustainability framework*, Journal of Strategic Information Systems, vol 20, no.1, pp 63-79, 2011.
31. Deb, K., *Multi-objective Optimization using Evolutionary Algorithms*, Chichester, UK, Ed. Wiley. 2001.
32. Denise, L., *Collaboration vs. C Three Cooperation, Coordination, and Communication In Innovating*, 7(3), Spring Editur, 1999.
33. Dho, H. J., *Multi-objective optimization for resource driven scheduling construction projects*, Dissertation at University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.
34. Dicționarul explicativ al limbii române, 2011.
35. Dicționarul Merriam-Webster, 2011.

36. Dicționarul Oxford 2010.
37. **Dobrin, C.**, Cioca, M., *Intelligent Collaborative Platform for testing a product by virtual prototyping*, Advanced Materials research Vol 837 pp 77-83 Trans Tech Publications, Switzerland, 2014.
38. **Dobrin, C.**, *Analiza ciclului de viață al produselor, instrument de selecție în măsurarea performanțelor de mediu și management*, Conferința UGAL MAT, Galați 2011.
39. **Dobrin, C.**, *Virtual Reality Perspectives in the Design Environment*, Conferința Artcast, ISSN 1453-083x 2012, pp 163 Galați 2012.
40. **Dobrin, C.**, Bondrea, I., *Collaborative Engineering in the Management of Business Implementing Initiatives*, International Conference on Engineering and Business Education Innovation and Entrepreneurship, Conference Proceedings isbn 978-606-12-0369-7, ISSN 1843-6730, Sibiu, 2012.
41. **Dobrin, C.**, Cioca, M., *Management of Agility Process for Surviving in the Competitive Business Environment*, International Conference on Engineering and Business Education Innovation and Entrepreneurship, conference proceedings ISBN 978-606-12-0369-7, issn 1843-6730, Sibiu, 2012.
42. **Dobrin, C.**, Bondrea, I., *The Power of Genetic Algorithm in Modelling a Company Resource Scheduling*, International Conference of Nonconventional Technologies Sibiu, 2013.
43. **Dobrin, C.**, Simion, C.,M., *Research in Estimating Production Process Indicators on Virtual Teaching Platforms*, International Conference on Manufacturing Science and Education ,MSE-2013, , pp 193, Sibiu, 2013.
44. **Dobrin, C.**, *Industry 4.0, m2m, iot&s – All Equal ?*, The First International Conference for PHD Students, Sibiu, 2013.
45. **Dobrin, C.**, Bondrea, I., & oth *Hybride Approach Based on Genetic Algorithms and Neural Networks in Decision Making within a Virtual Factory*, Bramat 2015 International Conference on Materials, Science and Engineering, Brașov 2015.
46. Dong, S., Behzadan, A. H., Feng, C., *Collaborative Vizualization of engineering process using tabletop augmented reality*, *Advanced in Engineering Software*, ScienceDirect 2012.
47. Doumeingts, D., Vernadat, G., Chen, F., *Architectures for enterprise intergration and interoperability:Past, present and future*, Computers in Industry, vol 58, 2008.
48. Drăghici, G. E., *Raport de Cercetare Concepția inovantă, colaborativă și integrată a produselor*, Timișoara,2011.
49. Drăghici, G.E., *Concepția inovantă, colaborativă, integrată a produselor*, Universitatea Politehnică din Timișoara Revista de Politica Științei și Scientometrie - Număr Special 2005 - ISSN- 1582-121., Timișoara, 2005.
50. Everett, E. A., Ronald, J.E., *Managementul producției și al operațiunilor* , Editura Teora, 2001.

51. Fatahi, O. V., Mahmoud, H., *A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 29, Issue 1, Pages 110-127, 2013.
52. Fathianathan, M., Panchal, J.H., Nee, A.Y.C., *A platform for facilitating mass collaborative product realization*, National University of Singapore, Singapore, 2011.
53. Feng, Y., Zang, Y., *Consider a balanced multi-target multi-mode project payment scheduling problems*, Proceedings of 2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2013, 3, art. no. 6703648, pp. 561-565., 2013.
54. Filip, F.G., Bărbat, B., *Informatica industrială: Noi paradigme și aplicații*, Editura Tehnică, București, 1999.
55. Fotache, D., Hurbean, I., *Sisteme informatice integrate pentru gestiunea afacerilor ERP*, Editura Economică, București 2004.
56. Fotache, D., Hurubean, L., *Soluții informatice pentru gestiunea afacerilor ERP.*, Ed. Economică, București, 2009.
57. Gottshalk, H., Stritzke, T., *Using Petri Net models for energy demand*, Proceedings of the 27th UPER Iraklion, Crete, 1996.
58. Geisberger, E., Broy, M., *Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*, Acatech Studie, Berlin March 2012
59. Gunasekaran, A., Marri, H.B., Lee, B., *Design and Implementation of Computer Integrated Manufacturing in Small and Medium Sized Enterprises. A Case Study*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 1998 ISSN 1433-3015, 2012.
60. Guria, C., Bhattacharza, P.K., Gupta, S.K., *Multi-objective optimization of reverse osmosis desalination units using different adaptations of the non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA)*, Computers and Chemical Engineering, 29 (9), 1977-1995, 2005.
61. Halsall, W., Thibault, H., *Multi-objective optimization for chemical processes and controller design: Approximating and classifying the Pareto domain*, Computers and Chemical Engineering, 30, 1155-1168, 2006.
62. Han, K., Wang, D.L., *Neural Network based pitch tracking in very noisy speech, nsembles*. IEEE/ACM Transactions on audio speech and language processing, Pattern Anal. Vol. 20, no.1, 2014.
63. Heinävaara, M., *Lean Application in Shop Floor Layout design*, Master's Thesis Degree Program in Technological Competence Management Production Management, 2010.
64. Heinze, R., *Business intelligence system for the manufacturing industry. Open automation*, issue 5, pp. 10-13, 2006.
65. Hermawanto, D., *Genetic Algorithm for Solving Simple Mathematical Equality Problem* Indonesian Institute of Sciences (LIPI), INDONESIA, 2010.

66. Hunter, A., Kennedy, L., Henry, J., Ferguson, I., *Application of neural networks and sensitivity analysis to improved prediction of trauma survival*, *Comput Methods Programs Biomed*, 62,11-19, 2000.
67. Harshada, P., Pettitt, M., Wilson, J. R., *Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model* *Applied Ergonomics*, Volume 43, Issue 1 Pages 1-26, 2012.
68. Hee, H. K., Jun, W. P., *Process-centered knowledge model and enterprise ontology for the development of knowledge management system* *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 4, Pages 7441-7447, 2009.
69. He, Z., Qiu, C., Wang, N., *Evaluation and selection of the ship collaborative design resources based on AHP and genetic and simulated annealing algorithm*, *Journal of Marine Science and Application*, 2006.
70. Hicks, D., *The Influence of Collaboration on Program Outcomes The Colorado Nurse–Family Partnership*, Volume 32 Number 5 Sage Publication, 2008.
71. Himmelman, W., *Coalitions and Transformation of Power Relations: Collaborative Betterment and Collaborative Empowerment*, In *American Journal of Community Psychology*, 29 (2), 2001.
72. Hsiao, D. W., Trappey, A. J. C., Lin, M., Pei-Shun, H., *An integrated platform of collaborative project management and silicon intellectual property management for IC design industry* *Information Sciences*, Volume 179, Issue 15, 4 Pages 2576-2590, 2009.
73. Hsien-Pin, H., Hsien-Ming, H., *Systematic modeling and implementation of a resource planning system for virtual enterprise by Predicate/Transition net* a Department of Logistics Management, National Kaohsiung Marine University, Kaohsiung, Taiwan b Department of Information Management, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2010.
74. Hsien-Pin, H., Hsien-Ming, H., *Systematic modeling and implementation of a resource planning system for virtual enterprise, by Predicate/Transition net* *Expert Systems with Applications*, Volume 35, Issue 4, Pages 1841-1857, 2008.
75. Hui, L., Kegui, X., Quanquan, Q., *Study of Structural Damage Detection with Multi-objective Function Genetic Algorithms*, *Procedia Engineering*, Volume 12, Pages 80-86, 2011.
76. In-Jae, J., *A dynamic model for the optimization of decoupling point and production planning in a supply chain*, *International Journal of Production Economics*, Volume 131, Issue 2, Pages 561-567, 2011.
77. Javel, G., *Organisation et gestion de le production*, Ed. Dunod, France, 2002.
78. Jaszkiwicz, A., *Genetic local search for multi-objective combinatorial optimization*, *European Journal of Operational Research*, 137, 50-71, 2002.
79. Jennings, R., *Professional ADO.NET 3.5 with Entity Framework*, Wiley Publishing, Canada, 2009.
80. Jingshan, L., Meerkov, S., *Production Systems Engineering*, Ed. Springer 2009;

81. Jun, J.G., *Reverse Logistics Operation Management Based on Virtual Enterprises and Complaint Service Management*, Published Online in SciRes Copyright © 2008 SciRes JSSM School of Management, Xiamen University, Xiamen Fujian, 361005, China, 2008.
82. Kagermann, H., Lukas, W., Wahlster, W. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution*, VDI-Nachrichten 1.4., 2011.
83. Katare, S., Bhan, A., Caruthers, J., Delgass, W.N., *A hybrid genetic algorithm for efficient parameter estimation of large kinetic models*, Computers and Chemical Engineering, 28, 2569-2581, 2004.
84. Kaveh, A., Talatahari, S., *Imperialist competitive algorithm for engineering design problems*, Centre of Excellence for Fundamental Studies in Structural Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, 2009.
85. Kifor, C., *Tehnici și instrumente ale managementului calității*, Editura Alma Mater Sibiu, 2003.
86. Kirikova, M., Makna, J., *Renaissance of business process modelling, Information Systems Development: Advances in Theory, Practice and Education*, Edited by O. Vasilecas et al., Springer, 2005.
87. Knagas, K., *A Visual Essay of the Region*, Conference in International Academy of Design and Technology, 2005.
88. Koh, S.C.L., Gunasekaran, A., Rajkumar, D., *ERP II: The involvement, benefits and impediments of collaborative information sharing*, International Journal of Production Economics, Volume 113, Issue 1, Pages 245-268, 2008.
89. Kou, C.H., Huang, H.P., Min-Chin, Y., *Object Orientated Approach of MCTPN for Modelling Flexible Manufacturing Systems*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 1998 ISSN 1433-3015, 2009.
90. Kühn, W., *Digitale Fabrik, Fabriksimulation für Produktionsplaner*, Ed. Hanser, 2006.
91. Kühn, W., *Digital Factory- Simulation enhancing the product and production engineering process*, Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 1899-1906-2006.
92. Kühnle, H., *Distributed Manufacturing-Paradigm Concept, Solutions and Examples*, Springer Verlag London, 2009.
93. Kühnle, H., Spengler, W., *Wege zur fraktalen Fabrik*, IO Management Zeitschrift, Germany, 1994.
94. Küh, W., *Digitale Fabrik, Fabriksimulation für Produktionplaner*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 2006.
95. Lanouette, R., Thibault, J., Valade, J.L., *Process modeling with neural networks using 1999 small experimental datasets*, Computers and Chemical Engineering, 23, 1167-1176, 2010.
96. Laroque, C., Himmelpach, J., Pasupathy, R., Rose, O., and Uhrmacher, A.M., *Witness Simulation Software*, Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference UK, 2012.

97. Liu, X., Qiang, H., Xiaogang, Q., Bin, C., Kedi, H., *Cloud-based computer simulation: Towards planting existing simulation software into the cloud Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 26, Pages 135-150, 2012.
98. Lin, Y., Chin, P., Heng, T., *The impact on Global Logistic Integration System to concurrent collaborative process*, Springer Editur, 2009.
99. Liu, X., Qiu, X., Chen, B., Huang, K., *Cloud Based Simulation: The State of the Art Computer Paradigm*, proceedings of the 2012 ACM/IEEE/SCS 26th, SUA, 2012.
100. Lu, Y., Conger, R., *Advanced in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, Ed. Springer, 2007.
101. Machon, I., Lopez, H., Rodríguez-Iglesias, J., Maranon, E., Vazquez, I., *Simulation of a coke wastewater nitrification process using a feed-forward neuronal net*, Environmental Modelling and Software, 22 (9), 1382-1387, 2007.
102. Malita, M., *Dubla spirală a învățării și a muncii*, Ed. Comunicare, București, 2005.
103. Man, K.F., Tang, K. S., and Kwong, S., *Genetic Algorithms: Concepts and Applications*, Proceedings of IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol 43, 1996.
104. Mani, G., *Lowering Variance of Decisions by Using Artificial Neural Networks Portfolios*, Neural Comput., 3, 484-486, 1991.
105. Marco, M.J., Leitao, P., Colombo, A.W., and Restiv, F.O., *Service-Oriented Control Architecture for Reconfigurable Production Systems*, in IEE International Conference on Industrial Informatics, Daejeon, ,pp 744-749, 2008.
106. Mathur, K., *Matematical Models and Genetic Algorithm Approaches to Simultaneously Perform Workforce Overtime Capacity Planning and Schedule Cells*, PhD Thesis, Ohio University, 2012.
107. Mc Farlane, B., *Beginning AutoCad*, Butterworth-Heineman Ltd., London, 1996.
108. Menck, N., Yang, X., Weidig, C., Winkes, P., Lauer, C., Hagen, H., Hamann, B., Aurich, J.C., *Collaborative Factory Planning in Virtual Reality Procedia CIRP*, Volume 3, Pages 317-3222012, 2010.
109. Mittal, R., *New Systems in Computer Integrated Manufacturing*, Proceedings of National Conference on Challenges Opportunities in Information Technology COIT, 2007.
110. Moisil, Gh., *Elemente de logică matematică și teoria mulțimilor*, Ed. Științifică, București, 1968.
111. Mutlu, H.M., Çevik, A., *Soft computing modeling of dealer loyalty in Turkish insurance sector*, International Journal of Economics and Management, 7 (2), pp. 175-204, 2013.
112. Neculai, A., *Modele, probleme de test și aplicații de programare matematică*, Ed. Tehnică, București, 2003.
113. Noel, ș.a., *Growth and Development of Computer Aided Innovation*, Third IFIP WG 5.4. Workshop Conference, 2009.
114. Obi, S., *Improving Modern Manufacturing Systems*, Ed. Author's House Ltd., USA, 2003.

115. Oprean, C.tin., Kifor, C., *Modelling the implementation, usage and maintenance of the ISO 9000 quality management System using the reference architectures*, ITMCM98, Iași, 1998.
116. Oprean, C., Kifor, C., *Enterprise modelling with, CIMOSA*, CNMU, București, 1998.
117. Orriols-Puig, A., Martínez-López, F.J., Casillas, J., Lee, N., *Unsupervised KDD to creatively support managers' decision making with fuzzy association rules: A distribution channel application*, *Industrial Marketing Management*, 42 (4), pp. 532-543, 2013.
118. Pallot, M., Bergmann, U., *Collaborative Virtual Environments and Immersion in Distributed Engineering*, Ed. Contexts, 2010.
119. Panaitescu, Gh., *Modelarea și simularea sistemelor de producție*, Ed. Universității de Petrol-Gaze, Ploiești, 2007.
120. Pearlmutter, B.A., Rosenfeld, R., Chaitin, K., *Complexity and Generalization in Neural Networks. In Advance in Neural Information, Processing Systems*; MIT Press: Cambridge, MA, Vol. 3, 925-931, 1991.
121. Pîrvu, B., *Referat 2*, Universitatea Lucian Blaga Sibiu, 2010.
122. Pîrvu, B., *Modelarea sistemelor de producție*, ULB Sibiu, 2010.
123. Pîrvu, B., *Teza de doctorat. Cercetări privind modelarea fabricii digitale și implementarea în sistemele reale de producție*, ULB Sibiu 2011.
124. Poler, R., Ortiz, A., *An interoperable platform to implement collaborative forecasting in OEM Supply chain*, Springer Editur, 2007.
125. Pătrăveanu, O., Matcovschi, M., Mahulea, C., *Aplicații ale rețelelor Petri în studierea sistemelor cu evenimente discrete*, Ed. Gh. Asachi, Iași, 2002.
126. Poyznak, A., *Advanced mathematical Tools for Automatic Control Engineers: Deterministic techniques*, Elsevier Ltd, 2008.
127. Poyznak, A., *Advanced mathematical Tools for Automatic Control Engineers: Stochastic techniques*, Elsevier Ltd, 2009.
128. Principe, J.C., Euliano, N.R., Lefebvre, W.C., *Neural and Adaptive Systems: Fundamentals through Simulations with CD-Rom*, John Wiley & Sons, Inc. NY, 1999.
129. Proper, H. A., *Transactions on Industrial Electronics*, VOL. 43, NO. 5, 519 Radboud University Nijmegen, 1996.
130. Rădulescu, Al., *Managementul producției*, Ed. Printech, 2004.
131. Ranganayakulu, J., Hiremath, S.S., Paul, L., *Parametric analysis and a soft computing approach on material removal rate in electrochemical discharge machining*, *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 24 (1-4), pp. 23-39, 2011.
132. Rațiu I., Suciș S., *Modelarea și simularea proceselor economice*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1995.
133. Ravi, A., ș.a., *Managing Business Process Flows*, 3rd Edition Prentice, Hall, 2011.

134. Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J., *Learning internal representations by error propagation*, vol. 1, MIT Press, Cambridge, 318-363, 1986.
135. Rusu, L., Iuga, M., Martiș, S., *Business Process Development Using Agile Methodology*, 18th International Economic Conference - IECS 2011 Sibiu, 2011.
136. Sacco, M., Dal Maso, G., Milella, F., *Virtual Factory Manager*, International Conference Virtual and Mixed Reality, 2:397-406, 2011.
137. Saaksvuori, A., Anselmi, I., *Product Lifecycle Management*, second edition, Singer 2002.
138. Sadok, A., Teghem, J., Chabcoub, H., *Grouping genetic algorithms for a bi-objective inventory routing problem*, International Journal of Multicriteria Decision Making, 3 (2-3), pp. 256-276, 2013.
139. Salcedo-Sanz, S., Cuadra, L., Alexandre-Cortizo, E., Jiménez-Fernández, S., Portilla-Figueras, A., *Soft-Computing: An innovative technological solution for urban traffic-related problems in modern cities*, Technological Forecasting and Social Change, 89, pp. 236-244, 2014.
140. Scheer, A.W., *ARIS-Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*, Springer Editur, Berlin, 1998.
141. Schleiffer, R., Wollenweber, J., Sebastian, H.J., *Application of Genetic Algorithms for the Design of Large-Scale Reverse Logistic Networks in Europe's Automotive Industry*, University of Technology Aachen, Templergraben 64, 52072 Aachen, Germany Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences, 2004.
142. Schmidt, P.M., *Simulation von Produktionsprozessen mit Plant Simulation*, Workbook of Siemens Industry Software GmbH & Co, 2010.
143. Shafiei, F., Sundaram, S. D., *Piramuthu Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 9, Pages 7637-7651, 2012.
144. Shan, D., Xu, A.J., Lu, Y.M., Wang, H.B., *Research on modeling and optimization algorithm for hot rolling batch planning of DHCR production*, International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation: Core Areas of Industrial Engineering, IEMI 2012 - Proceedings, pp. 527-536, 2013.
145. Silva, C.M., Biscaia E.C., *Genetic algorithm development for multi-objective optimization of batch free-radical polymerization reactors*, Computers and Chemical Engineering, 27, 1329-1344, 2003.
146. Spieckermann, S., *Lean applications in shop floor layout design Simulation-based Optimization in the Automotive Industry – A Case Study on Body Shop Design*, Technical University of Braunschweig Institut für Wirtschaftswissenschaften Abt-Jerusalem-Straße 7, 2006.
147. Shiman, Y., Ceroni, J., Wootae, J., *Revolutionizing Collaboration through e-Work, e-Business and e-Service*, Springer Ed., London, 2015
148. Ștef, D.I., *Dezvoltarea produsului în contextul fabricii digitale*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnică Timișoara, 2011.

149. Ștefanache, M.C., *Contribuții privind gestiunea resurselor în sisteme colaborative*, Teza de doctorat, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, 2011.
150. Suci, O., *Virtual Factory Framework, Industrial case Compa*, Proceedins of 14th International Conference on Modern Technolgy in the Innovation Process of the Industrial Enterprisises, Budapesta, 2012.
151. Szlva, A., Marcos, J., *A proposal and verification of a software architecture based on LABVIEW for a multifunctional robotic end-effector*, Adwanced in Engineering Software, ScienceDirect, 2012.
152. Tian, Y., Zhang, J., Morris, J., *Modeling and Optimal Control of a Batch Polymerization Reactor Using a Hybrid Stacked Recurrent Neural Network*, Model Ind. Eng. Chem. Res., 40, 4525-4535, 2001.
153. Tiponuț, V., Căleanu, C.D., *Rețele neuronale. Arhitecturi și algoritmi*, Ed. Politehnică, Timișoara, 2002.
154. Trandafir, R., *Modele și algoritmi de optimizare*, Ed. Agir, București, 2004.
155. Tsai, C. K., *The construction of a collaborative-design platform to support waste electrical and electronic equipment recycling Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 26, Issue 1, Pages 100-108, 2010.
156. Vega, M.P., Lima, E.L., Pinto, J.C., *Control of a loop polymerization reactor using neural networks*, Brazilian J. Chem. Eng., 17, 471-481, 2000.
157. Vernadat, F., *Enterprise Integration and Interoperability*, In Handbook of Automation, Edited by S. Nof, Springer-Verlag, Berlin, Chap. 86, 2009.
158. Zamfirescu, C.B., Filip, F.G., *Supporting the foresight methods for risk identification with GDSS*, The Publishing House of The Romanian Academy, ISBN 973-27-1150-7, Bucharest, pag. 365-380, 2004.
159. Zapp, M., Forster, C., Verl, A., Bauernhansl, T., *Reference Model for Collaborative Capacity Planning Between Automotive and Semiconductor Industry*, Original Research ArticleProcedia CIRP, Volume 3, Pages 155-160, 2012.
160. Zhang, H.M., Fan, W.H., Wu, C., *Concurrent design approach and its collaborative environment for integrated complex product development*, Journal of Integrated Design and Process Science 8 89–97, 2004.
161. Zhang, J., *Batch-to-Batch Optimal Control of a Batch Polymerisation Process based on Stacked Neural Network Models*, Chemical Engineering Science, 63(5), 1273-1281, 2008.
162. Zuehlke, D., *SmartFactory – Towards a Factory-of-Things*, In: IFAC Annual Reviews in Control, Volume 34-2010, Issue 1, ISSN 1367-5788, 2010.
163. Wang, J., Qing, C., Guoxian, X., Nan, W., Shiqi, L., *Data driven production modeling and simulation of complex automobile general assembly plant*, Article Computers in Industry, Volume 62, Issue 7, Pages 765-775, 2011.

164. Williams, E.J., *Manufacturing modeling methods: an approach and interface for building generic manufacturing Kanban systems models*, Proceedings of the 34th Conference of Winter Simulation, exploring new frontiers, 2002.
165. Wang, L.F., Liu, P., Huang, Y., Wang, Y.C., Kong, F.S., *Research on milk-run routing problem of automotive supply logistics based on genetic algorithm*, International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation: Core Areas of Industrial Engineering, IEMI 2012 - Proceedings, pp. 517-526, 2013.
166. Wang, S.Q., Yang, J., Kuo-Chen C., *Using stacked generalization to predict membrane protein types based on pseudo-amino acid composition*, Journal of Theoretical Biology, 242 , 941–946, 2006.
167. Wenhui, X., *A collaborative platform for complex product design with an extended HLA integration architecture*, Fan National CIMS Engineering Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China, 2012.
168. Wolpert, D. H., Strauss, C.E., *What Bayes has to say about evidence procedure*, Ed. G.Heidbreder, Kluwer Academic Press, 1996.
169. Xi, Y., Jing, L., *Analysis on predict model of railway passenger travel factors judgment with soft-computing methods*, Journal of Industrial Engineering and Management, 7 (1), pp. 100-114, 2014.
170. Yang, J. B., Xu, D. L., *Intelligent decision system for supplier assessment*, DSS2004, Italy, 2004.
171. Analiza managerială, <http://www.xcrm.ro/sisteme-erp-instrumente-inteligente-de-management/>
http://www.mpt.upt.ro/doc/curs/gp/Analiza%20manageriala%20integrata%20cu%20calculatorul/Sistem%20de%20tip%20ERP%20_cap.%201_.pdf, consultat 20 Dec. 2011.
172. Abasssoftware, <http://www.abasssoftware.ro/produse/erp/upgrade/25/rsa>, consultat 16 Dec 2011.
173. Beneficiile PLM, <http://www.adacomputers.ro/plm/beneficiile-plm.>, consultat 5 Ian 2012.
174. Business Women, <http://www.businesswoman.ro/ro/index.php?p=categorie&cat=1>, consultat 6 Dec 2011.
175. Cad-Cam, <http://www.ttonline.ro/sectiuni/cadcamcaepdmplmerp>, consultat 14 ian 2012.
176. Delfoi Planner 2011- web-based production planning, <http://www.delfoi.com>, consultat 14 Ian 2012.
177. Google, <http://sites.google.com/site/gestiuneiterp/>, consultat 15 Ian 2012.
178. Greensoft, <http://www.greensoft.ro/index.php?class=terms&method=show&lang=2&gid=27>, consultat 16 Ian 2012.
179. Inderscience, <http://www.inderscience.com/storage-f1391/64/228/075.pfd>, consultat 4 Ian 2012.

180. Întreprinderea ca sistem, <http://www.scribube.com/economie/INTREPRINDEREA-SISTEM-ECONOMIC92587.php>.<http://www.biblioteca-digitala.ase.ro/biblioteca/pagina2asp?id=c1> consultat 4 Ian 2012.
181. Istoria ERP, <http://www.mnemos.ro/ERP-istoria.aspx>, consultat 30 Ian 2012.
182. Implementarea ERP, http://www.seniorerp.ro/resurse/modul/erp_implementarea_erp_riscurile_implementarii_erpanaliza_tipurilor_de_organizatii_motivatia_impleme consultat 28 Ian 2012.
183. Lean –Agile, http://www.infoq.com/resource/articles/hiranabe-lean-agile-kanban/en/resou_rces/image6.jpg, consultat 29 Ian 2012.
184. Modelarea SFF, <http://www.scribube.com/stiinta/informatica/Modelarea-unui-SFF-cu-ajutorul92283.php>, consultat 15 Ian 2012.
185. Managementul ciclului de viață, <http://www.clubmetropolitan.ro/WP/2010/04/cum-sa-ti-reduci-costurile-cu-ajutorul-managementului-ciclului-de-viata-plm/> Alin Lupulescu, consultat 15 Ian 2012.
186. <http://www.networkdyn.com/ltrprogram.html>, consultat 30 Ian 2012.
187. Sisteme de producție, <http://www.solfinder.ro/generalitati-despre-diverse-lucruri/sisteme-de-productie-cim-ppc-cad-cae-capp-cam-cap-caq-ca> consultat 15 ian 2012.
188. Sistemul Kanban, <http://ronua.ro/CS/blogs/mihailazar/archive/2009/12/09/sistemul-kanban-aplicat-238-n-dezvoltarea-produselor-software.aspx>, consultat 20 Ian 2012.
189. <http://www.eed.usv.ro/SistemeDistribuite/2010/Control%20Architectures.pdf>, consultat 20 Dec 2011.
190. <http://www.scribube.com/stiinta/informatica/Generalitati-privind-sistemul-74734.php>, consultat 15 Dec 2011.
191. http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2005/MIE_files/Ciprian%20Cristea%201.pdf, consultat 12 Dec 2011.
192. http://www.clubmetropolitan.ro/WP/wpcontent/uploads/2010/04/r_d_ROM.jpg, consultat 15 Febr 2012.
193. <http://wikipedia.org/wiki/Fabricatie>, consultat 16 Ian 2012.
194. http://academiacomercialaan2.wikispaces.com/file/view/Managementul+produc_iei+industriale.pdf, consultat 18 Mart 2012.
195. <http://www.adacomputers.ro/solutii/produse/tecnomatix/planificare-optimizare-fabrica/simulare-virtuala-fabrica>, consultat 25 Apr 2013.
196. <http://www.adacomputers.ro/solutii/produse/seria-velocity/teamcenter-express/teamcenter-express-v53>, consultat 28 Apr 2013.
197. <http://www.adacomputers.ro/plm/modelul-plm>, consultat 28 Apr 2013.
198. <http://www.adacomputers.ro/solutii/produse/tecnomatix/planificare-validare-ansamble>, consultat 28 Apr 2013.
199. <http://www.adacomputers.ro/solutii/produse/tecnomatix>, consultat 25 Apr 2013.
200. aircrete-europe.com, consultat 25 Apr 2013.

201. <http://www.aistedaab.ro/site/userFiles/Capitolul%202%281%29.pdf>, consultat 30 Mai 2013.
202. Modelarea întreprinderii virtuale, <http://www.aistedaab.ro/site/userFiles/Capitolul%202%281%29.pdf>, consultat 25 Mai 2013.
203. <http://www.Adonisoft.com>, consultat 18 Iun 2015.
204. ARENA Home Page: www.arenasimulation.com/support/, consultat 8 Apr 2013.
205. <http://cadredidactice.ub.ro/crinelraveica/files/2010/04/curs8.pdf>, consultat 5 Apr 2013.
206. <http://www.consultanta-certificare.ro/stiri/step-iso-10303-schimb-date-produse.html>, consultat 3 Apr 2014.
207. <http://dexonline.ro/definitie/sistem>, consultat 3 Sept 2013.
208. <http://doctorate.ulbsibiu.ro/obj/documents/rez-lobont.pdf>, consultat 15 Iun 2013.
209. <http://www.electronica-azi.ro/articol/4732>, consultat 14 Ian 2014.
210. [http://erpromania.ro/avantajele-si-dezavantajele-sistemelor-erp/Curs de Caracteristici ale Sistemelor de Producție](http://erpromania.ro/avantajele-si-dezavantajele-sistemelor-erp/Curs%20de%20Caracteristici%20ale%20Sistemelor%20de%20Productie), consultat 15 Ian 2014.
211. <http://facultate.regielive.ro/cursuri/mecanica/caracteristici-ale-sistemelor-de-productie-276731.html>, consultat 15 Iun 2013.
212. <http://facultate.regielive.ro/cursuri/automatica/modelarea-sistemelor-dinamice-cu-evenimente-discrete-utilizand-algebra-176951.html>, consultat 15 Iun 2013.
213. <http://free-dct-oracle-erp-software.softsia.com/>, consultat 8 Sept 2014.
214. Google, consultat 22 Mart 2014.
215. Siemens PLM Software, [http://www.plm.automation.siemens.com/en-us/products/tecnomatix/plant design/plant simulation.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en-us/products/tecnomatix/plant%20design/plant%20simulation.shtml), consultat 26 Ian 2014.
216. Revista română de informatică și automatică, http://rria.ici.ro/ria1998_1/art08.html, consultat 26 Ian 2014.
217. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361504000612>, consultat 30 Mai 2014.
218. <http://www.scribd.com/doc/28665288/Teoria-Retelelor-Petri-Si-Modelarea-Sistemelor>, consultat 2 Oct 2013.
219. <http://www.scribd.com/doc/12634314/827>, consultat 3 Nov 2014.
220. www.oecd.org, consultat 20 Iun 2015.
221. <http://www.scribd.com/doc/57095037/25/SIMULAREA-NUMERIC%C4%82-PE-CALCULATOR>, consultat 12 Apr 2013.
222. <http://www.siveco.ro/>, consultat 24 Oct 2013.
223. http://www.softsystems.ro/immerp/pdf/consideratii_generale.pdf Constanta 2009, consultat 20 Aug 2012.
224. <http://stelian23august.files.wordpress.com/2008/03/managementul-productiei.pdf>, consultat 19 Febr 2012.
225. http://wiki.iip.kth.se/images/3/3e/VRLKCiP_Digital_Plant_KTH_Video_conference_060215.pdf, consultat 30 Mart 2014.

226. [Wikipedia](#), consultat 17 Aug 2013.
227. <http://www.youtube.com/watch?v=0XcwCSvtXRg&feature=relmfu>, consultat 3 Dec 2012.
228. <http://www.businessmagazin.ro/autor/anca-barbulescu> Cum să te muți în nori, dar fără să pleci de pe pământ, consultat 2 Apr 2014.
229. <http://www.theengineer.co.uk/channels/production-engineering/automation/industry-40-the-next-industrial-revolution/1016696.article>, consultat 3 Febr 2014.
230. <http://www.uberb2b.com/b4b-presents-the-first-industry-4-0-mini-conference/>, consultat 3 Febr 2014.
231. <http://www.stiucum.com/management/managementul-productiei/Organizarea-sistemelor-de-prod35849.php>, consultat 30 Mai 2012.
232. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361505000230>, consultat 30 Mai 2012
233. <http://www.efycaci.com/solAutomation.php>, consultat 6 Dec 2014.
234. <http://www.automation.siemens.com/mcmsg/plant-engineering-software/en/comos-overview/pages/default.aspx>, consultat 8 Nov 2013.
235. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607001606>, consultat 9 Nov 2013.
236. http://www.resist.pub.ro/Cursuri_master/OS/OS_Curs_02.pdf, consultat 10 Mai 2013.
237. <http://www.theventureedge.com/2013/06/26/industry-40-it-future/>, consultat 21 Mai 2015.
238. www.tribuna.ro, consultat 04 Ian 2014.
239. www.atkearney.de, consultat 3 Oct 2014.
240. www.incuity.de, consultat 1 Mai 2015.
241. <http://tees.openrepository.com/tees/handle/10149/117946>, consultat 2 Mai 2015.
242. <http://www.ihl.org/resources/Pages/Tools/FailureModesandEffectsAnalysisTool.aspx>Scenariul, consultat 9 Mai 2015.
243. www.SRPublishing.org/journal/jssm, consultat 3 Febr 2013.
244. <http://www.coursemonster.com/uk/content/outlines/49156.pdf>, consultat 5 Febr 2013.
245. http://www.omg.org/bpmn/Documents/6AD5D16960.BPMN_and_BPM.pdf, consultat 17 Mart 2015.
246. http://en.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation, consultat 17 Mart 2015.
247. <http://www.bpmn.org>, consultat 18 Mart 2015.
248. <http://www.simx.co.uk/research/VFF/index.html>, consultat 15 Mart 2015.
249. www.plattform-i40.de, consultat 4 Iun 2015.
250. http://www.vdi.de/fileadmin/vdi_redakteur_dateien/sk_dataien/VDI_Industrie_4.0_Wertschoepfungsketten_2014.pdf, consultat 6 Iun 2015.
251. <http://www.smartfactory-kl.de>, consultat 24 Iun 2015.

