

CONTRIBUȚII PRIVIND CONCEPȚIA COLABORATIVĂ A PRODUSULUI ÎN PLATFORME PLM DISTRIBUITE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIE INDUSTRIALĂ
de către

Ing. Stelian Cornel FLORICA

Conducător științific: prof. univ. dr. ing. George DRĂGHICI
Referenți științifici: prof. univ. dr. ing. Paul Dan BRÎNDAȘU
prof. univ. dr. ing. Mircea LOBONȚIU
conf. univ. dr. ing. Eugen PĂMÎNȚAȘ

Ziua susținerii tezei: 22 februarie 2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Ingineria Energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehn. informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S. Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Prezenta teză de doctorat a fost elaborată cu sprijinul financiar al proiectului POSDRU 107/1.5/S/77265, derulat în cadrul IOSUD – UPT (Instituție Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat – Universitatea Politehnica Timișoara).

Cercetările teoretice și aplicative nu ar fi fost posibile fără acest cadru organizatoric și nu s-ar fi putut finaliza fără suportul, îndrumarea și ajutorul mai multor persoane.

O deosebită recunoștință și multe mulțumiri se cuvin în principal conducătorului științific, Prof. univ. dr. ing. George DRĂGHICI, pentru susținerea, înțelegerea și consilierea constantă, pentru întreaga activitate de îndrumare de-a lungul perioadei de desfășurare și realizare a stagiului doctoral, pentru direcționarea spre obiectivul propus prin asigurarea materialului bibliografic necesar elaborării acestei lucrări, a bazei materiale a Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată și, nu în ultimul rând, pentru încrederea și răbdarea acordată.

Adresez mulțumiri domnului Prof. univ. dr. ing. Dumitru JUCU, pentru amabilitatea de a prezida comisia de susținere publică a tezei.

Mulțumesc referenților, Prof. univ. dr. ing. Paul Dan BRÎNDAȘU, de la Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, Prof. univ. dr. ing. Mircea LOBONȚIU, de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Centrul Universitar Nord din Baia Mare și Conf. univ. dr. ing. Eugen PĂMÎNȚAȘ, de la Universitatea Politehnica Timișoara, pentru amabilitatea cu care au răspuns solicitării de a face parte din comisia de doctorat, pentru competența cu care au analizat și apreciat rezultatele muncii mele.

De asemenea doresc să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, Conf. dr. ing. George BELGIU, S. L. dr. ing. Cristian-Gheorghe TURC și Asist. dr. ing. Felicia Veronica BANCIU, precum și specialiștilor din Departamentul de Ingineria Materialelor și Fabricației, care prin opiniile exprimate și susținerea oferită pe întreaga durată a elaborării tezei de doctorat au condus la îmbunătățirea constantă și la finalizarea acesteia.

Aduc mulțumiri familiei mele (soției, părinților, fratelui), prietenilor care au crezut în mine și tuturor celor care mi-au oferit sprijin moral sau profesional pentru a face față dificultăților întâlnite în aceste ultime perioade.

Timișoara, februarie 2014

Ing. Stelian Cornel FLORICA

Florica, Stelian Cornel

Contribuții privind concepția colaborativă a produsului în platforme PLM distribuite

Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 57, Editura Politehnica, 2014, 178 pagini, 161 figuri, 9 tabele.

ISSN: 1842-8967

ISBN: 978-606-554-788-9

Cuvinte cheie:

concepție produs, concepție colaborativă, ontologie, platformă de concepție colaborativă, IDEF0, OPM, UML, PLM.

Rezumat:

Teza de doctorat se referă la utilizarea platformelor de concepție colaborativă și a mijloacelor Tehnologiei Informației și Comunicațiilor în procesul de concepție al unui produs.

Obiectivul general al cercetărilor întreprinse îl constituie rezolvarea problemelor de concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM, care se va concretiza prin elaborarea unui model ontologic al procesului de concepție și dezvoltarea unui mediu de concepție colaborativă a produselor, la care să aibă acces echipe de lucru distribuite în diferite zone geografice.

Demersul de cercetare pornește de la panoramarea diferitelor procese de concepție. Este elaborat apoi modelul ontologic al procesului de concepție a produsului, folosindu-se diverse aplicații informatice (Protégé, IDEF0, UML și OPM), evidențiindu-se etapele, fazele și activitățile necesare, acesta fiind implementat în cadrul platformei de concepție colaborativă.

Pentru dezvoltarea platformei s-au folosit soluții PLM și mijloace de colaborare sincronă, bazate pe cele mai recente tehnologii. Pentru buna funcționare a platformei colaborative au fost soluționate o serie de probleme de interoperabilitate, securitate, conectivitate. Platforma de concepție colaborativă a produsului este de tip Cloud hibrid, utilizatorii putând accesa toate resursele existente pentru concepția colaborativă a produsului și managementul datelor de proiect, atât prin Intranet, atunci când membrii echipei de proiect sunt în aceeași locație, cât și prin Internet, în cazul în care unele noduri sunt difuzate pe hardware fizic real și unele noduri se execută pe serverul Cloud, la care au acces și parteneri din exteriorul locației.

Etapa finală în demersul de cercetare a fost validarea modelului ontologic prin simularea procesului de concepție al unui produs mecanic în cadrul platformei de concepție colaborativă (modelare virtuală, managementul datelor și informațiilor), această simulare fiind menită să conducă la caracterizarea procesului de concepție colaborativă și a managementului datelor de produs.

CUPRINS

Notății, abrevieri, acronime.....	7
Lista de tabele	8
Lista de figuri	9
1 INTRODUCERE GENERALĂ	13
1.1 Motivarea temei de cercetare.....	13
1.2 Structura tezei	15
2 SINTEZA CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL CONCEPȚIEI COLABORATIVE A PRODUSULUI	18
2.1 Procesul de concepție al unui produs	18
2.1.1 Introducere	18
2.1.2 Tipuri de concepție.....	19
2.1.3 Activitatea de concepție	21
2.1.4 Abordări ale procesului de concepție.....	23
2.1.4.1 Ingineria secvențială	23
2.1.4.2 Ingineria simultană/concurentă/integrată.....	25
2.1.4.3 Ingineria colaborativă	28
2.2 Concepția colaborativă	29
2.2.1 Conceptul de colaborare/cooperare	29
2.2.2 Procesul de concepție colaborativă	31
2.2.3 Modele de concepție colaborativă	32
2.2.4 Managementul procesului de concepție colaborativă	35
2.3 Managementul ciclului de viață al produsului (PLM)	37
2.3.1 Strategia și conceptul PLM	37
2.3.2 Componentele PLM.....	41
2.3.3 Modelul PLM	42
2.3.4 Tendințe pe piața soluțiilor PLM	44
2.4 Managementul datelor de produs (PDM)	46
2.4.1 Rolul PDM	46
2.4.2 Sistemul PDM	47
2.4.3 Interoperabilitatea în sistemele PDM	48
2.5 Concluzii.....	53
3 MODELUL ONTOLOGIC AL PROCESULUI DE CONCEPȚIE A PRODUSULUI	55
3.1 Introducere	55
3.2 Conceptul de ontologie.....	56
3.2.1 Definiții ale ontologiei	56
3.2.2 Clasificarea ontologiilor	57
3.2.3 Model ontologic	58
3.3 Modelarea procesului de concepție	64
3.3.1 Introducere	64
3.3.2 Algoritmii procesului de concepție	67
3.3.3 Ontologia de concepție a produsului	76
3.3.4 Modelarea procesului de concepție cu IDEF0.....	79
3.3.4.1 Noțiuni de IDEF0.....	79
3.3.4.2 Modelul ciclului de viață al produsului	80
3.3.4.3 Modelul activității de concepție	81

3.3.4.4	Modelul activității de concepție preliminară	81
3.3.4.5	Modelul activității de concepție constructivă	81
3.3.4.6	Modelul activității de concepție detaliată	83
3.3.5	Modelarea procesului de concepție cu OPM	85
3.3.5.1	Noțiuni de OPM	85
3.3.5.2	Modelul ciclului de viață al produsului	87
3.3.5.3	Modelul procesului de concepție	88
3.3.5.4	Modelul procesului de concepție preliminară	89
3.3.5.5	Modelul procesului de concepție constructivă	91
3.3.5.6	Modelul procesului de concepție detaliată	91
3.3.6	Modelarea procesului de concepție cu UML	93
3.3.6.1	Noțiuni de UML	93
3.3.6.2	Modelul ciclului de viață al produsului	96
3.3.6.3	Modelul activității de concepție virtuală	99
3.3.6.4	Modelul activității de prototipare și testare virtuală	102
3.3.6.5	Modelul activității de optimizare și modelare a produsului	102
3.4	Concluzii	103
4	MEDIUL DE CONCEPȚIE COLABORATIVĂ A PRODUSULUI	107
4.1	Introducere	107
4.2	Cloud Computing	108
4.2.1	Definiții	108
4.2.2	Evoluție	109
4.2.3	Caracteristici	110
4.2.4	Arhitectură	114
4.2.5	Tipuri de medii Cloud	117
4.3	Virtualizarea resurselor și a cunoștințelor	118
4.4	Dezvoltarea unei platforme de concepție colaborativă	124
4.4.1	Rețeaua INPRO	124
4.4.2	Structura platformei	126
4.4.3	Concepția virtuală a produsului	127
4.4.4	Managementul datelor de produs	129
4.4.5	Concepția colaborativă sincronă	133
4.4.6	Platforma online	136
4.4.7	Posibile probleme și soluții	140
4.5	Concluzii	141
5	CONCEPȚIA COLABORATIVĂ A PRODUSULUI ÎN PLATFORME PLM	143
5.1	Introducere	143
5.2	Simularea procesului de concepție și managementul datelor	143
5.3	Folosirea mijloacelor de concepție colaborativă sincronă	157
5.4	Folosirea platformei online	158
5.5	Securizarea datelor de proiect	159
5.6	Concluzii	162
6	CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE, PERSPECTIVE	163
6.1	Concluzii finale	163
6.2	Contribuții personale	165
6.3	Perspective	165
	BIBLIOGRAFIE	167

NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CAX	Computer aided x
CODEMO	Co-Operative DEsign Modeler
CBDM	Cloud Based Design and Manufacture
CPM	Core Product Model
CWM	Common Warehouse Meta-Model
DFSS	Design For Six Sigma
DM	Digital Manufacturing
DMU	Digital Mock-Up
DRM	Design Research Methodology
EDM	Engineering Data Management
ERP	Enterprise Resource Planning
FBS-PPRE	Functional Behavior Structure – Product Process Resources, External effect
IaaS	Infrastructure as a Service
IDEF	Integration DEfinition language
ICOV	Identified, Characterize, Optimize, Validate
IPPOP	Integration of Product Process Organization for engineering Performance
IT	Informatics Technology
MaaS	Manufacturing as a Service
MDA	Model Driven Architecture
MEXICO	Moyens EXpérimentaux pour l'Ingénierie COLlaborative
MPM	Manufacturing Process Management
MUVOA	MULTi-View Oriented Assembly
ODN	OpenDesigNet
OEM	Original Equipment Manufacturer
OPD	Object Process Diagram
OPM	Object Process Methodology
PASODE	Proactive Assembly Design Oriented
PDM	Product Data Management
PICCO	Plateforme Intégrée de Conception COLlaborative
PIM	Product Information Management
PLM	Product Lifecycle Management
SaaS	Software as a Service
SCM	Supply Chain Management
STEP	STandard of Exchange Product model
TIC	Tehnologia Informației și Comunicațiilor
UML	Unified Modeling Language
VECP	Validare de Evoluție a Caracteristicilor Produsului
VM	Virtual Manufacturing

LISTA DE TABELE

Tab. 2.1 Principalele definiții și caracteristici ale procesului de concepție colaborativă	36
Tab. 2.2 Principalele avantaje și dezavantaje ale procesului de concepție colaborativă	37
Tab. 2.3 Principalele caracteristici și definiții ale conceptului PLM	40
Tab. 2.4 Principalele avantaje și dezavantaje ale soluțiilor PLM	45
Tab. 2.5 Principalele modele de interoperabilitate și organizații care le folosesc	52
Tab. 2.6 Principalele caracteristici și definiții ale PDM	52
Tab. 2.7 Principalele avantaje și dezavantaje ale PDM	53
Tab. 3.1 Principalele simboluri și atribute ale OPM, după (Dori, 2013)	87
Tab. 4.1 Costurile Cloud în raport cu mărimea companiilor, după (Andreadis, 2013).....	113

LISTA DE FIGURI

Fig. 2.1 Tipuri de concepție	19
Fig. 2.2 Reprezentarea unui produs în activitatea de concepție (Bluntzer, 2009) ...	21
Fig. 2.3 Procesul de concepție (Pahl, 1996).....	22
Fig. 2.4 Procesul de inginerie secvențială, după (Fleming, 1998).....	24
Fig. 2.5 Influența modificărilor asupra costurilor, după (Bernard, 2004).....	25
Fig. 2.6 Ingineria secvențială și ingineria integrată, după (Demoly, 2010).....	26
Fig. 2.7 Matricea modelelor de concepție colaborativă (iDesigner, 2011).....	29
Fig. 2.8 Concepția secvențială, integrată și colaborativă (iDesigner, 2011).....	29
Fig. 2.9 Modelul virtual (CAD) în contextul concepției colaborative, după (Sadeghi, 2008)	33
Fig. 2.10 Exemplu de „suport tehnologic” în procesul de concepție colaborativă (Sadeghi, 2008)	34
Fig. 2.11 Principalele etape de dezvoltare a produselor din cadrul procesului de concepție colaborativă (adaptare după procesele din companii)	35
Fig. 2.12 Strategia PLM în diferitele faze ale ciclului de viață al produsului, după (Demoly, 2010)	38
Fig. 2.13 Cartografierea sistemelor informatice necesare în managementul ciclului de viață al produselor (Terzi, 2007)	39
Fig. 2.14 Model PLM (Siemens PLM, 2010)	43
Fig. 2.15 Interoperabilitatea la diverse niveluri în companie (Tursi, 2009).....	49
Fig. 2.16 Standarde pentru ciclul de viață al produsului (Terzi, 2005).....	50
Fig. 2.17 Interoperabilitatea în controlul prelucrărilor unui produs (Morel, 2007)...	51
Fig. 3.1 Schema de clasificare a ontologiei, după (Aubry, 2007)	58
Fig. 3.2 Un exemplu de model ontologic (Yoshinobu, 2004).....	61
Fig. 3.3 O procedură de construire a unui model ontologic, după (Lee, 2007)	62
Fig. 3.4 Arhitectura unui sistem de reprezentare a cunoștințelor, după (Oriță, 2012).....	63
Fig. 3.5 Schimbul de informații între subsisteme în cadrul ingineriei colaborative, după (Oriță, 2012).....	63
Fig. 3.6 Reducerea numărului de traductori prin utilizarea ontologiei	64
Fig. 3.7 Cerințele echipei de concepție, după (Chungoora, 2013)	65
Fig. 3.8 Modelarea procesului de concepție a produsului	66
Fig. 3.9 Schematizarea procesului de concepție	66
Fig. 3.10 Fazele procesului de concepție (Ulrich, 2000).....	67
Fig. 3.11 Etapele procesului de concepție din companii	67
Fig. 3.12 Ciclul de viață al produsului, după (Drăghici, 1999)	67
Fig. 3.13 Proces circular de dezvoltare al produsului, după (Spasojevic, 2013)	68
Fig. 3.14 Modelul de concepție sistematică, după (Pahl, 2007).....	69
Fig. 3.15 Fazele proiectului conform metodologiei DFSS, după (Yang, 2003)	70
Fig. 3.16 Algoritmul procesului de concepție a produsului (Yang, 2003)	71
Fig. 3.17 Algoritmul procesului de concepție a produsului	72
Fig. 3.18 Faza de identificare a proiectului	72
Fig. 3.19 Faza de identificare a cerințelor	73
Fig. 3.20 Faza de caracterizare a produsului	73

Fig. 3.21 Faza de optimizare a produsului	74
Fig. 3.22 Faza de validare a produsului	74
Fig. 3.23 Schema logică necesară realizării ontologiei de concepție a produsului ...	75
Fig. 3.24 Exemplu de clase, instanțe și relații	76
Fig. 3.25 Clasele și subclasele din cadrul ontologiei de concepție a produsului	77
Fig. 3.26 Cartografierea cunoștințelor din cadrul ontologiei de concepție a produsului.....	77
Fig. 3.27 Cartografierea cu Protégé 4.3 a tuturor cunoștințelor din cadrul ontologiei de concepție a produsului	78
Fig. 3.28 Modelul unei activități	79
Fig. 3.29 Ierarhizarea și descompunerea diagramelor (FIPS PUBS, 1993).....	80
Fig. 3.30 Diagrama A0: Modelul ciclului de viață al produsului (Ștef, 2012)	80
Fig. 3.31 Diagrama A2: Concepția produsului(Ștef, 2012).....	81
Fig. 3.32 Diagrama A21: Concepția preliminară (Banciu, 2011)	82
Fig. 3.33 Diagrama A22: Concepția constructivă.....	82
Fig. 3.34 Diagrama A221: Concepția virtuală.....	83
Fig. 3.35 Diagrama A222: Prototiparea virtuală	84
Fig. 3.36 Diagrama A23: Concepția detaliată.....	84
Fig. 3.37 Diagrama A231: Optimizarea și modelarea produsului.....	85
Fig. 3.38 Diagrama A232: Prototiparea și testarea / simularea virtuală.....	86
Fig. 3.39 Nivelul superior al ciclului de viață al produsului, după (Dori, 2013).....	88
Fig. 3.40 Modelul ciclului de viață al produsului.....	88
Fig. 3.41 Modelul procesului de concepție a produsului	89
Fig. 3.42 Procesul de concepție preliminară.....	90
Fig. 3.43 Procesul de concepție constructivă.....	91
Fig. 3.44 Procesul de concepție detaliată.....	92
Fig. 3.45 Procesul de optimizare a produsului	92
Fig. 3.46 Diagramă de clase	93
Fig. 3.47 Diagramă de pachete	93
Fig. 3.48 Diagramă de obiecte	94
Fig. 3.49 Diagramă de cazuri de utilizare	94
Fig. 3.50 Diagramă de secvențe.....	94
Fig. 3.51 Diagramă colaborare.....	95
Fig. 3.52 Diagramă de stări.....	95
Fig. 3.53 Diagramă de activități	95
Fig. 3.54 Diagramă de componente.....	96
Fig. 3.55 Exemplu de clasă	96
Fig. 3.56 Clasa activă	96
Fig. 3.57 Reprezentarea simplificată „Lightweight” a claselor și relațiilor din procesul de dezvoltare al unui produs (Chungoora, 2013).....	97
Fig. 3.58 Pașii necesari pentru realizarea unei modificări / corecții, după (Ulrich, 2000).....	98
Fig. 3.59 Analiza și implementarea unei modificări / corecții.....	98
Fig. 3.60 Diagrama de clase: Concepție virtuală	100
Fig. 3.61 Diagrama de clase: Concepție detaliată	101
Fig. 3.62 Diagrama de clase: Testare virtuală produs și prototipare virtuală	102
Fig. 3.63 Diagrama de clase: Optimizarea și modelarea produsului	103
Fig. 3.64 Diagrama de concepție colaborativă a produsului utilizând UML	104
Fig. 3.65 Implementarea modelului ontologic în cadrul platformei PLM	105
Fig. 4.1 Evoluția Cloud Computing, după (Teng, 2011)	110

Fig. 4.2 Arhitectura mediului Cloud (Fleming, 1998).....	111
Fig. 4.3 Arhitectura sistemului, după (Teng, 2011).....	115
Fig. 4.4 Exemplu de implementare Cloud (Virtualgalaxy, 2012)	116
Fig. 4.5 Modele de livrare a serviciilor în mediul Cloud, după (LenHam, 2013)	116
Fig. 4.6 Tipurile de medii Cloud	117
Fig. 4.7 Exemple de medii Cloud în funcție de ierarhizare (Tran, 2013).....	118
Fig. 4.8 PICCO – Platforma integrată de concepție colaborativă (Deniaud, 2002)	119
Fig. 4.9 Înregistrarea unei sesiuni	120
Fig. 4.10 Sala de înregistrări	120
Fig. 4.11 Sala de videoconferințe	120
Fig. 4.12 Concepția virtuală.....	120
Fig. 4.13 Structura IPPOP (Rose, 2003)	121
Fig. 4.14 Arhitectura OpenDesignNet (Magal-Royo, 2013).....	121
Fig. 4.15 Arhitectura conceptuală a proiectului ManuCloud (NXT, 2013).....	123
Fig. 4.16 Ilustrarea proceselor și echipamentelor din cadrul CBDM (Schaefer, 2012)	123
Fig. 4.17 Structura rețelei naționale INPRO	124
Fig. 4.18 Infrastructura de colaborare a rețelei INPRO	125
Fig. 4.19 Structura platformei de concepție colaborativă	126
Fig. 4.20 Model creat cu Creo (Parametric Technology Corporation, 2013)	127
Fig. 4.21 Exemplu de modelare cu Catia	128
Fig. 4.22 Module ale aplicației software Catia	128
Fig. 4.23 Interfața SharePoint	129
Fig. 4.24 Opțiunea de versionare a informațiilor din Sharepoint	130
Fig. 4.25 Proces de lucru cu Windchill (adaptat după PTC)	131
Fig. 4.26 Interfață mediu de lucru comun	131
Fig. 4.27 Afișarea documentelor	132
Fig. 4.28 Platforma PLM multisite a rețelei INPRO	133
Fig. 4.29 SMART Board 660 (Smart, 2013)	134
Fig. 4.30 Sistemul de videoconferință Polycom VSX 7400 (Polycom Inc., 2013) ..	135
Fig. 4.31 Sistemul de videoconferință în rețeaua INPRO	135
Fig. 4.32 Diagrama de secvențe pentru etapa de concepție virtuală, după (Ștef, 2012)	137
Fig. 4.33 Crearea unui nou proiect și notificarea atributelor, după (Ștef, 2012)	138
Fig. 4.34 Pagina de start a platformei online	139
Fig. 4.35 Pagina de creare a unui nou proiect	139
Fig. 4.36 Fereastra de inițiere a unei conferințe	139
Fig. 5.1 Structura simplificată a datelor (Teamcenter - Ada Computers).....	144
Fig. 5.2 Exemplu de structură de proiect.....	144
Fig. 5.3 Meniul de integrare Teamcenter	145
Fig. 5.4 Fereastra de autentificare.....	146
Fig. 5.5 Fereastra cu proiecte	146
Fig. 5.6 Crearea unui obiect în Teamcenter	146
Fig. 5.7 Realizarea unei piese în Catia	147
Fig. 5.8 Fereastra Save Manager.....	147
Fig. 5.9 Așignarea unei revizii și confirmarea integrării în Teamcenter.....	147
Fig. 5.10 Piesa salvată în Teamcenter.....	148
Fig. 5.11 Ansamblu integrat în Teamcenter	148
Fig. 5.12 Salvarea ansamblului în Teamcenter și confirmarea integrării acestuia .	148

Fig. 5.13 Structura unui ansamblu și previzualizarea acestuia în Teamcenter.....	148
Fig. 5.14 Opțiunea de Check-out pentru deschiderea unui model	149
Fig. 5.15 Opțiunea de salvare a unor modele 3D.....	149
Fig. 5.16 Confirmarea opțiunii Check-out și iconița ce indică blocarea piesei	150
Fig. 5.17 Piesa înainte și după modificare	150
Fig. 5.18 Incrementarea reviziei unei piese modificate.....	151
Fig. 5.19 Confirmarea integrării noii revizii și apariția acesteia în structura de proiect.....	151
Fig. 5.20 Comanda Check-in și structura de proiect nou creată (Revizia B)	151
Fig. 5.21 Atenționare asupra existenței unei noi versiuni a modelului.....	152
Fig. 5.22 Înlocuirea unei componente cu o revizie nouă și previzualizarea Teamcenter.....	152
Fig. 5.23 Confirmarea înlocuirii tuturor constrângerilor	153
Fig. 5.24 Componenta cu noua revizie ce a fost înlocuită în cadrul ansamblului...	153
Fig. 5.25 Incrementarea reviziei ansamblului modificat.....	153
Fig. 5.26 Confirmarea modificării reviziei unui ansamblu și afișarea noii revizii în Teamcenter.....	154
Fig. 5.27 Desenul de produs ce se dorește a fi integrat în Teamcenter	154
Fig. 5.28 Meniul de salvare și integrare a unui desen în Teamcenter	155
Fig. 5.29 Confirmarea procesului de salvare a desenului și existența acestuia în cadrul ansamblului cu revizia B.....	155
Fig. 5.30 Trimiterea datelor de proiect către diferite departamente / echipe	156
Fig. 5.31 Fereastra de "Cancel Check-out"	156
Fig. 5.32 Modificări propuse	157
Fig. 5.33 Sesiunea de videoconferință.....	157
Fig. 5.34 Modificări efectuate	158
Fig. 5.35 Aplicarea ideilor pe tabla interactivă.....	158
Fig. 5.36 Remarcile efectuate în timp real pe desenul 2D	158
Fig. 5.37 Platforma online	159
Fig. 5.38 Desen de execuție a unei piese	159
Fig. 5.39 Sigla UPT.....	159
Fig. 5.40 Interfața aplicației Steganography 2.8.....	160
Fig. 5.41 Opțiunile folosite pentru criptare	160
Fig. 5.42 Desenul rezultat în urma criptării.....	161
Fig. 5.43 Adăugare fișiere false.....	161

1 INTRODUCERE GENERALĂ

1.1 Motivarea temei de cercetare

Concurența acerbă existentă pe piață duce la creșterea nevoii utilizării unui management rapid și performant al datelor de proiect în condițiile în care volumele de date cu care se lucrează sunt imense și sistemele clasice par să fie depășite. De aceea este nevoie de soluții care să permită extragerea rapidă a informațiilor necesare dezvoltării proiectelor, a datelor necesare în procesul de fundamentare inteligentă al deciziilor.

Pornind de la considerentul că produsul este obiectul comun pentru fiecare parte a departamentelor de organizare, acesta trebuie perceput în același mod de către toți membrii echipei de proiect, fiind posibil a se considera ca produs cu adevărat interoperabil în sine, în măsura în care încorporează toate datele și informații tehnice din toate departamentele companiei.

Concepția și dezvoltarea unui singur produs care să răspundă necesităților atât personalului din departamentul tehnic, financiar, cât și a celor de la resurse umane sau a celor de la producție nu este deloc ușoară, deoarece fiecare departament are propriile reguli de dezvoltare, sisteme informatice specializate și optimizate pentru nevoile particulare proprii. Însă platformele PLM/PDM le combină pe toate acestea într-un singur program informatic conectat la o bază de date comună, astfel încât comunicarea interdepartamentală este mult mai facilă.

Dacă informația este structurată într-un model formal comun, se poate asigura colaborarea de la și la diferite aplicații din cadrul întreprinderii, fie în interiorul unei singure întreprinderi, fie între întreprinderi în rețea (subcontractori).

Aplicațiile eterogene utilizate pentru comunicarea între diferite departamente sau între companii și furnizorii acestora trebuie să asigure colaborarea între acestea și posibilitatea de transmitere a datelor și informațiilor pentru optimizarea performanțelor companiilor.

Principalul atu al platformelor PLM, în acest caz, este acela că permite integrarea tuturor informațiilor legate de un produs sau serviciu într-un mediu comun și organizează toate aceste informații, cu scopul de a îmbunătăți eficiența și colaborarea între diferite departamente din cadrul unei companii. Împărțind activitățile dintr-o companie pe mai multe departamente, cum ar fi concepția, fabricația, vânzările și mentenanța, se reduce complexitatea datelor și se diminuează timpul necesar lansării produsului. Mărind eficiența activităților în fiecare departament, rezultă o creștere a productivității întregii companii.

Elementele esențiale cuprinse în conceptul PLM sunt: oamenii, tehnologia, procesele și practicile, toate acestea fiind cumulate în sisteme de Virtual Design, Virtual Prototyping, Virtual Manufacturing etc.

Principală activitate ce duce la realizarea unui produs este activitatea de concepție, care poate fi definită ca o activitate colaborativă ce necesită un angajament specific pentru a participa la dezvoltarea produselor. Aceasta se referă la: factori legați de contextul general al proiectului (distribuția geografică a resurselor, mijloace de comunicare), factori de organizare (de proximitate de

organizare, integrare de mijloace de afaceri, schimb de informații), factori legați de procesul de concepție (natura problemei, abordare, restricții) și factori legați de membrii echipei de cercetare (optimizarea grupului de lucru, comunicare, poziționare geografică).

Atunci când doi sau mai mulți membri ai unei echipe de proiect, din diferite locații geografice, cooperează pentru a defini soluții de concepție a produsului, aceste soluții generează diferiți parametri sau informații care sunt necesare pentru a crea o înțelegere comună a intențiilor de proiectare. Din cauza unor probleme, cum ar fi diferența mare de fus orar, este dificil a planifica o cooperare simultană între ingineri, astfel că doar o cooperare asincronă este posibilă.

Este destul de ușor de a compara diferențele între două modele omogene, dar este mult mai complicat să diminuăm conflictele datorate incompatibilităților tehnice ale acestora.

Aceste elemente vor permite o mai bună înțelegere a mecanismelor de cooperare în concepție, a activităților de colaborare și dezvoltare la distanță în domeniul concepției și transmiterii securizate a datelor unui produs. Toate acestea contribuie la definirea problemelor de interoperabilitate și managementul datelor în cadrul platformelor PLM.

Acest tip de probleme crește din cauza mijloacelor eterogene din întreprinderi (programe de concepție virtuală, fabricație virtuală, PDM etc.). Informațiile pot fi stocate, prelucrate și comunicate în diverse moduri de către aplicațiile din cadrul întreprinderii, ducând astfel la o problemă de înțelegere ca urmare a pierderii de informații.

Problema de comunicare este dată și de interoperabilitatea dintre programele integrate de companii. Interoperabilitatea dintre diferite platforme și programe integrante în platformele PLM se bazează pe cartografierea conceptelor moștenite de la inițiativele de standardizare legate de produs și de gestionarea datelor (ISO 10303 și 62264 IEC).

Obiectivul general al cercetărilor întreprinse îl constituie *rezolvarea problemelor de concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM.*

Cercetările se vor concentra în special asupra problemelor din cadrul proceselor de concepție de produs, de utilizare a mijloacelor ce sprijină concepția colaborativă, în vederea reducerii timpului alocat managementului datelor de produs și de implementare a unor modificări.

Cercetările se vor concretiza prin *elaborarea unui model ontologic al procesului de concepție și dezvoltarea unui mediu de concepție colaborativă a produselor*, la care să aibă acces membrii echipelor de proiect distribuite în diferite zone geografice.

Mijloacele hardware și software existente în cadrul Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată de la Universitatea Politehnica Timișoara sunt în mare măsură operaționale, urmând a se realiza legăturile între stații de lucru și servere aflate în diverse locații geografice, pentru a facilita procesul de concepție colaborativă și managementul datelor de produs.

Se dorește astfel *îmbunătățirea procesului de management al datelor*, transmiterea, stocarea, accesarea datelor de proiect și, nu în ultimul rând, de a facilita comunicarea între membrii unei echipe de proiect.

În vederea creării unei medii colaborativ de dezvoltare a produsului este necesară *elaborarea modelului ontologic al procesului de concepție a produsului*. În acest scop se vor parcurge o serie de etape:

- clarificarea conceptului de ontologie;
- analiza procesului de concepție și elaborarea unui algoritm ce evidențiază interdependența dintre activitățile și fazele necesare pentru concepția produsului;
- crearea ontologiei de concepție a produsului;
- modelarea procesului de concepție a produsului pornind de la etapele, fazele și acțiunile ce sunt parte integrantă a acestui proces.

Pe baza modelului ontologic și în urma analizei diferitelor aplicații software de concepție virtuală sau de management al datelor de produs ce pot fi integrate în cadrul platformei PLM, urmează *realizarea platformei colaborative* care va îngloba și va realiza legătura dintre aplicațiile software dedicate proceselor de concepție, tehnologiile de comunicare existente în laborator și serverul PDM din rețeaua națională de cercetare INPRO.

În platforma PLM vor fi implementate aplicații software, în special aplicații pentru conceptual design, virtual design, virtual prototyping, virtual manufacturing, necesare concepției produsului și a procesului de fabricație, planului de amplasare al fabricii, fluxului de producție, testarea, simularea și optimizarea produsului. La acestea se adaugă aplicații software de gestionare a datelor și documentelor aferente proiectelor deschise în cadrul platformei, precum și mijloace de comunicare între membrii echipelor de proiect.

Se propune astfel *dezvoltarea, testarea și implementarea unei platforme modulare, configurabile* în funcție de nevoile fiecărei companii sau dezvoltator, care să structureze concepția și fabricația virtuală și a căror informații să poată fi gestionate de către sistemele de management a datelor de produs (PDM). Această platformă va putea fi utilizată de către echipele de proiect distribuite în orice locație geografică, fără a fi nevoie de a dispune de stații grafice sau resurse mari de sistem pentru a o accesa și utiliza.

Pentru aceasta este necesară:

- analiza aplicațiilor software de virtual design;
- analiza procesului de dezvoltare, managementul schimbărilor în cadrul unui proiect, versionarea documentelor și modificarea reviziilor de produs;
- analiza aplicațiilor pentru managementul datelor de produs, implementarea unei soluții optime, capabilă de managementul versionării documentelor și care poate fi accesată în același timp din diferite locații;
- analiza platformelor PLM ce pot îngloba aplicațiile și totodată implementarea și utilizarea platformei dezvoltate în cadrul Universității Politehnica Timișoara.

Rezultatele acestei cercetări vor fi evidențiate prin definirea de metode și mijloace capabile de a valorifica normele de cunoștințe, ghiduri de proiectare, care pot ajuta la concepția colaborativă a produselor.

1.2 Structura tezei

Pentru realizarea obiectivelor propuse, cercetările efectuate și prezentate în teza de doctorat sunt structurate în 6 capitole.

În **capitolul 1, INTRODUCERE**, se descrie cadrul definirii și dezvoltării temei de cercetare, motivarea și importanța acesteia. În cadrul acestui capitol se conturează oportunitatea cercetării, care vizează rezolvarea problemelor de

concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM.

În capitolul 2, obiectivul este de a efectua SINTEZA A CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL CONCEPȚIEI COLABORATIVE A PRODUSULUI, în vederea stabilirii obiectivelor operaționale ale cercetărilor proprii.

Sunt definite și analizate procesele de concepție și concepție colaborativă, particularitățile acestora, fiind prezentate totodată modelele de concepție colaborativă utilizate în cadrul companiilor.

În urma studiului bibliografic au fost sintetizate câteva avantaje și dezavantaje ale procesului de concepție colaborativă în funcție de punctele de vedere enunțate de cercetători, privind fazele procesului de concepție colaborativă.

În subcapitolul referitor la managementul procesului de concepție colaborativă s-au definit principalele etape de dezvoltare ale produsului, începând din faza de inițiere a proiectului și până la lansarea în fabricație a produsului conceput.

A fost definit conceptul PLM, evidențiindu-se componentele principale și aplicațiile ce fac parte integrantă a acestui concept, platformele de management al datelor de produs (PDM) și problemele de interoperabilitate dintre acestea.

În capitolul 3, MODELUL ONTOLOGIC AL PROCESULUI DE CONCEPȚIE A PRODUSULUI, se prezintă mai întâi o sinteză asupra referențialului bibliografic, menită să surprindă tendințele actuale în abordarea ontologiilor și a modelelor ontologice. Au fost definite conceptele de ontologie și model ontologic.

Pentru a face posibilă implementarea unei platforme colaborative, în cadrul capitolului a fost realizată modelarea procesului de concepție ce evidențiază etapele și fazele necesare realizării acestui proces.

Cu ajutorul IDEF0 a fost realizat un prim model, având la bază modelul de concepție sistematică propus de Pahl și Beitz și algoritmul ICOV folosit în Design for Six Sigma. Modelul conține diagramele rezultate din descompunerea activităților necesare concepției unui produs.

Un al doilea model a fost elaborat cu ajutorul diagramelor de proces din OPM (denumite OPD), care conduce la o înțelegere mai facilă a activităților, proceselor și constrângerilor concepției colaborative. Modelarea acestor procese și activități în OPM este corelată cu modelul de concepție sistematică și diagramele IDEF0.

Al treilea model este realizat cu ajutorul UML. Modelarea folosind diagramele UML oferă o arhitectură de integrare a datelor legate de concepția colaborativă a unui produs în cadrul platformelor PLM. Utilizarea modelului UML pentru realizarea unei platforme este mai dificilă însă, datorită multitudinii de attribute, relații și, mai ales, datorită sensului unidirecțional al acestui model ontologic.

În capitolul 4 se prezintă MEDIUL DE CONCEPȚIE COLABORATIVĂ A PRODUSULUI.

Pentru a crea o platformă de concepție a produsului care să permită colaborarea între membrii echipelor de proiect, este necesară analiza noilor tehnologii și concepte, cum ar fi: conceptul "Cloud", tehnologia de virtualizare în mediul Cloud, realizându-se astfel și o sinteză a principalelor aplicații software care suportă interoperabilitatea cu alte sisteme și aplicații, și care pot fi integrate în cadrul platformei ce se dorește a fi realizată. Astfel, soluțiile software sunt ierarhizate, concluziile privind implementarea soluției optime ținând seama de contextul de operare al platformei.

Sunt prezentate mijloacele de colaborare și comunicare ce înlesnesc procesul de luare a unor decizii în cadrul proiectelor și este redată platforma de

concepție colaborativă dezvoltată, care cuprinde aplicații software PLM și mijloace de colaborare și comunicare. De asemenea, sunt analizate problemele de interconectare și interoperabilitate între sistemele create în cadrul platformei, fiind oferite diverse soluții de rezolvare a acestora.

În cadrul capitolului 5 s-a realizat testarea și validarea metodologiei vizând **CONCEPȚIA COLABORATIVĂ A PRODUSULUI ÎN PLATFORME PLM**.

Pentru validarea modelului ontologic propus și a platformei colaborative create, în cadrul acestui capitol se prezintă simularea unui proces de concepție colaborativă pentru realizarea unui produs mecanic, care include principalele activități ale demersului de concepție bazat pe secvențele metodologiei descrise în cadrul capitolului 3.

Totodată, s-a exemplificat implementarea unei modificări asupra unei componente mecanice ale produsului dezvoltat, prin utilizarea mijloacelor disponibile din laboratorul de cercetare, și care au facilitat colaborarea între membrii echipelor de proiect.

În capitolul 6 sunt sintetizate **CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE** ale cercetării. Se prezintă avantajele utilizării unei platforme PLM distribuite, ca mediu de concepție colaborativă a produsului. Sunt prezentate principalele contribuții în cadrul tezei și direcțiile viitoare de cercetare, care pot conduce la realizarea de platforme colaborative performante, utilizabile din diferite zone geografice, fără a fi necesară instalarea și configurarea acestora.

2 SINTEZA CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL CONCEPȚIEI COLABORATIVE A PRODUSULUI

2.1 Procesul de concepție al unui produs

2.1.1 Introducere

Procesul de concepție al unui produs este o etapă esențială a ciclului de viață al produsului (*Product Lifecycle*). „Multe studii au evidențiat influența industrializării asupra timpului de proiectare, al costului și al producției” (Clautrier, 1991), (Tichkiewitch, 1994), eforturile de marketing și activitățile de întreținere având un impact asupra calității produsului final și asupra ciclului de viață al produselor.

În (Merlo, 2009) se susține că îmbunătățirea performanței ingineriei de proces are un impact semnificativ asupra întregii întreprinderi.

Concurența acerbă pe piața produselor de consum este determinată de timpul de concepție al produselor și de producția asociată. Astfel, pentru a rămâne competitive, companiile trebuie să reducă acești parametri, menținând în același timp calitatea ridicată a produsului.

Această nevoie de dezvoltare și îmbunătățire a proceselor din cadrul companiilor va introduce în procesul de dezvoltare a produsului conceptul cunoscut sub denumirea de inginerie concurentă, integrată sau colaborativă (Lu S., 2007).

În prezent, procesul de concepție constă adesea în crearea unui design aerodinamic, ergonomic sau ușor și estetic. Problema majoră este aceea de stabilire a "unui capital de dezvoltare", un schimb de know-how și de "patrimoniu tehnologic" în cadrul companiei. Obiectivele de performanță stabilite din punct de vedere calitate – cost – timp sunt tot mai exigente, din cauza competiției ridicate din țările cu costuri reduse (țări în curs de dezvoltare), unde se poate detecta, în sectorul auto, o scădere de competitivitate a subcontractanților. Toți acești factori conduc la o reducere a timpilor de concepție, fabricație și lansare pe piață a produselor.

Procesul de concepție este facilitat de către sisteme de *Virtual Design*. Aceste sisteme necesare concepției de produse trebuie să permită reprezentarea geometrică simplă, optimizarea de modele digitale 3D, în conformitate cu ghidurile și normele de proiectare (Gomes, 2006) (Gomes, 2009).

În urma analizei acestei probleme s-a observat că unele sistemele CAD convenționale (de exemplu, CATIA V4), au atins demult limita lor de reprezentare 3D interactivă. Cu toate acestea, o nouă generație de "mijloace" a fost lansată pe piață pentru a ajuta la procesul de concepție, în scopul de a "reduce procesele repetitive" de inginerie (de exemplu: CATIA V5 și V6 de la Dassault Systèmes, Creo de la PTC, NX 6 de la Siemens etc.).

Obiectivul capitolului este de a realiza o sinteză asupra referențialului bibliografic actual referitor la procesul de concepție, tipologia de concepție, diferitele abordări ale procesului de concepție, concentrându-se apoi atenția asupra procesului de concepție colaborativă a produsului.

În acest scop este necesară parcurgerea următoarelor etape:

- analiza procesului de concepție a produsului, a tipurilor și modelelor de concepție, abordările sale;
- analiza procesului de concepție colaborativă, a modelelor de concepție colaborativă;
- analiza managementului ciclului de viață al produsului și al datelor de produs;
- analiza problemelor de interoperabilitate a sistemelor.

2.1.2 Tipuri de concepție

Metodele de concepție a produsului au fost cercetate din abundență de peste 40 de ani. O tipologie recunoscută de către întreaga comunitate evidențiază două clase/metode de rezolvare a problemelor de concepție (Durruvu, 1989) (Deneux, 2002):

- *concepția predefinită sau variațională*, care integrează concepția de rutină și reconcepția. Acesta este o metodă de reutilizare a unui design deja existent în cazul în care noul concept este deja cunoscut și se realizează de obicei pe baza unui nou caiet de sarcini ce cuprinde cerințele pentru noul produs (Demoly, 2010);
- *concepția unui nou produs*, care încorporează concepția inovantă și concepția creativă. Principalul obiectiv este de a proiecta și de a inventa un produs sau proces cu totul nou, fără nici o referință existentă sau experiență din trecut.

O altă tipologie de concepție este prezentată în Fig. 2.1 (Drăghici, 2012).

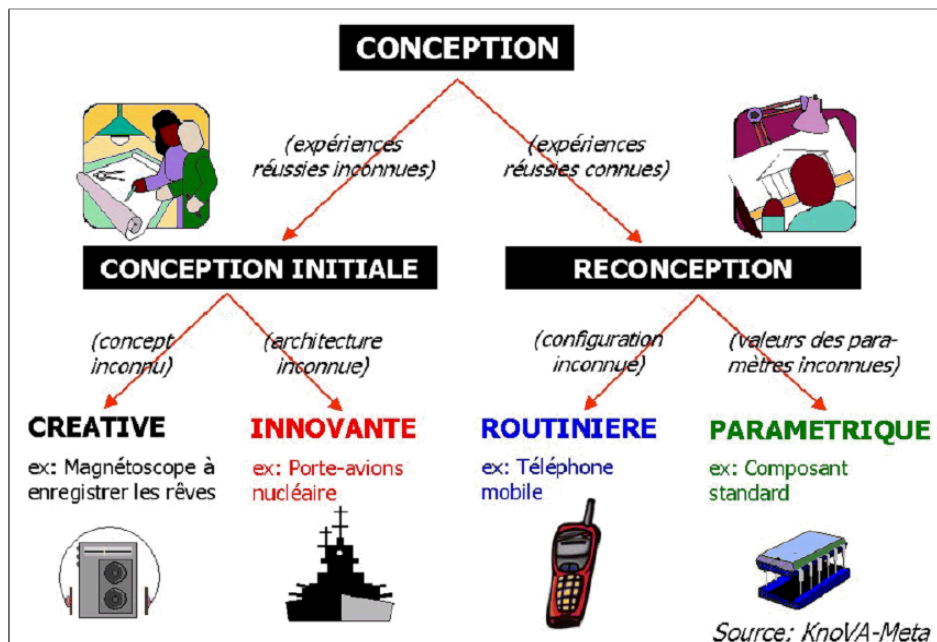


Fig. 2.1 Tipuri de concepție

Concepția inițială este activitatea ce conduce la inventarea și proiectarea unui produs corporal sau necorporal, neavând nici o bază și nici o experiență pe un astfel de produs (Bluntzer, 2009). Concepția inițială este efectuată pentru prima dată, fără nici o referință existentă sau experiență trecută, care ar permite inspirarea pentru copiere, reconcepție sau îmbunătățire a soluțiilor.

În cadrul acestei activități se disting:

- *concepția creativă* - nu este enunțat nici un principiu sau restricție inițială care ar putea ajuta la modul în care noul produs este conceput sau cunoscut. Acesta este cea mai aventuroasă și riscantă activitate, nimic nefiind cunoscut - principiu de funcționare (de exemplu: înregistrator de vise), ducând la un design foarte riscant care uneori nu are finalitate (de exemplu: mașina care se transforma plumbul în aur) (Dieter, 2000);
- *concepția inovantă* - pornește de la principiile de funcționare cunoscute, dezvoltându-se arhitectura produsului (ex: autovehicul urban cu două roți). Principiile, cerințele sunt cunoscute, dar mai întâi sunt centralizate într-o nouă arhitectură, în scopul de a genera un nou produs (ex: integrarea tehnologiei nucleare în cadrul unui submarin ce era propulsat de motoare diesel) (Culversouse, 1995).

Reconcepția este activitatea care duce la îmbunătățirea și optimizarea produselor deja existente (de exemplu optimizarea de masă, cost, timp de fabricație, performanță etc.). În cadrul acestui proces este reconceptat un produs existent, pe baza unui caiet de sarcini stabilit, vizând optimizarea arhitecturii, costurilor, greutateii, volumului, performanțelor, având în vedere produsele concurente și experiența trecută reușită. Mai mult decât atât, acest produs este introdus pe piață și poate oferi cu o concurență puternică (de exemplu, reproiectarea de produse GSM, electronice, oglinzi în sectorul auto).

În cadrul activității de reconcepție putem menționa:

- *concepția de rutină* - conceptul și arhitectura sunt cunoscute, produsul configurându-se din varietatea de combinații și topologii posibile (ex: produse de tip T sau X - automobile);
- *concepția parametrică* - conceptul, arhitectura și configurația sunt cunoscute, produsul fiind conceput pentru anumiți parametri (ex: produse standard).

Astfel, putem păstra clasificarea inovațiilor recunoscute pe plan internațional: inovația incrementală, inovația strategică, inovația majoră și inovația radicală.

Concepția unui autoturism este în primul rând o activitate de rutină, principiile fizice și arhitectura fiind cunoscute. Cu toate acestea, sistemele noi încorporate în autoturisme pot fi considerate ca modele inovatoare (de exemplu, oglinzi automate, sisteme audio, etc.). Prin urmare, este necesar să se definească o tipologie de inovații pentru a determina care dintre aceste tipuri de activități sunt incluse în timpul procesului de concepție.

În (Rezayat, 2000) se evidențiază faptul că, în industria de automobile, 40% din componentele unui produs (autoturism sau subansamblu) sunt refolosite complet, fiind piese deja existente la proiecte anterioare sau la un furnizor de catalog, 40% sunt ușor modificate (păstrând însă aspectul și caracteristicile principale), au suferit modificări minore pentru a fi adaptate într-un mediu nou, și doar 20% sunt componente concepute de la 0. Pentru a ilustra această descompunere, în (Bluntzer, 2009) s-a propus ca exemplu o cheie de contact a unui automobil, prezentată în Fig. 2.2.

Ca o concluzie asupra figurii prezentate în (Bluntzer, 2009), ce face referire la concepția unui produs, putem sintetiza: *prin studierea produselor dezvoltate în industria automotive, vom vedea că doar 20% din componentele unui autoturism sunt concepute inițial, 80% fiind reconcepute.*

Timpul câștigat în procesul de reproiectare va fi realocat în procesul de inovare. Prin îmbunătățirea soluțiilor existente și integrarea experiențelor trecute (feedback-ului din experiențele acumulate), procesul de remodelare va fi mai facil și va duce și la inovații importante în toate domeniile.

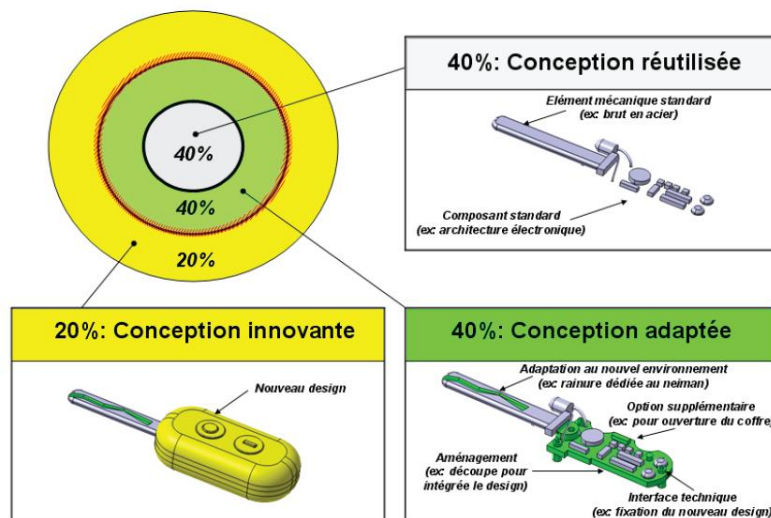


Fig. 2.2 Reprezentarea unui produs în activitatea de concepție (Bluntzer, 2009)

2.1.3 Activitatea de concepție

În (Chartier, 2007) se definește procesul de concepție ca fiind un set de activități puse în aplicare (în ordine și/sau în paralel) prin utilizarea resurselor umane și materiale, pentru a îndeplini obiectivele ce conduc la definirea unui nou produs.

Diferite studii (Pahl, 1996) au descris procesul de concepție în funcție de tipul acestor procese: inovator sau de adaptare, în funcție de gradul de structurare.

Modelul de concepție propus de Pahl și Beitz este algoritmic, dar nu rezolvă problemele inerente de inginerie secvențială. Sub presiunea din mediul economic, companiile au fost nevoite să-și reconsidere modul în care își organizează acest proces, pentru a structura mai bine procesul de concepție. Ar trebui să realizeze un „flashback”, o incursiune în istoria procesului de concepție, în scopul de a sublinia faptul că trecerea de la o concepție secvențială la un proces simultan nu se realizează fără probleme. Trecerea de la o lume fragmentată, cu propriile sale probleme, la o lume în care toate întreprinderile trebuie să lucreze împreună, cauzează probleme legate de neînțelegere culturală și de interoperabilitate între acestea. Trebuie găsite, de asemenea, modalități de a facilita fluxul de informații fără de care colaborarea nu este posibilă.

Activitățile de concepție sunt modelate de multe ori ca un proces format din mai multe etape succesive, cu intrări și ieșiri (Pahl, 1996).

(Pahl, 1996) a definit un proces de concepție bazat pe o abordare sistematică ce constă în patru faze principale (Fig. 2.3): definirea problemei și a sarcinilor de planificare (*clarification of the task*); studiul conceptual (*conceptual design*); concepția constructivă (*embodiment design*); concepția detaliată (*detail design*).

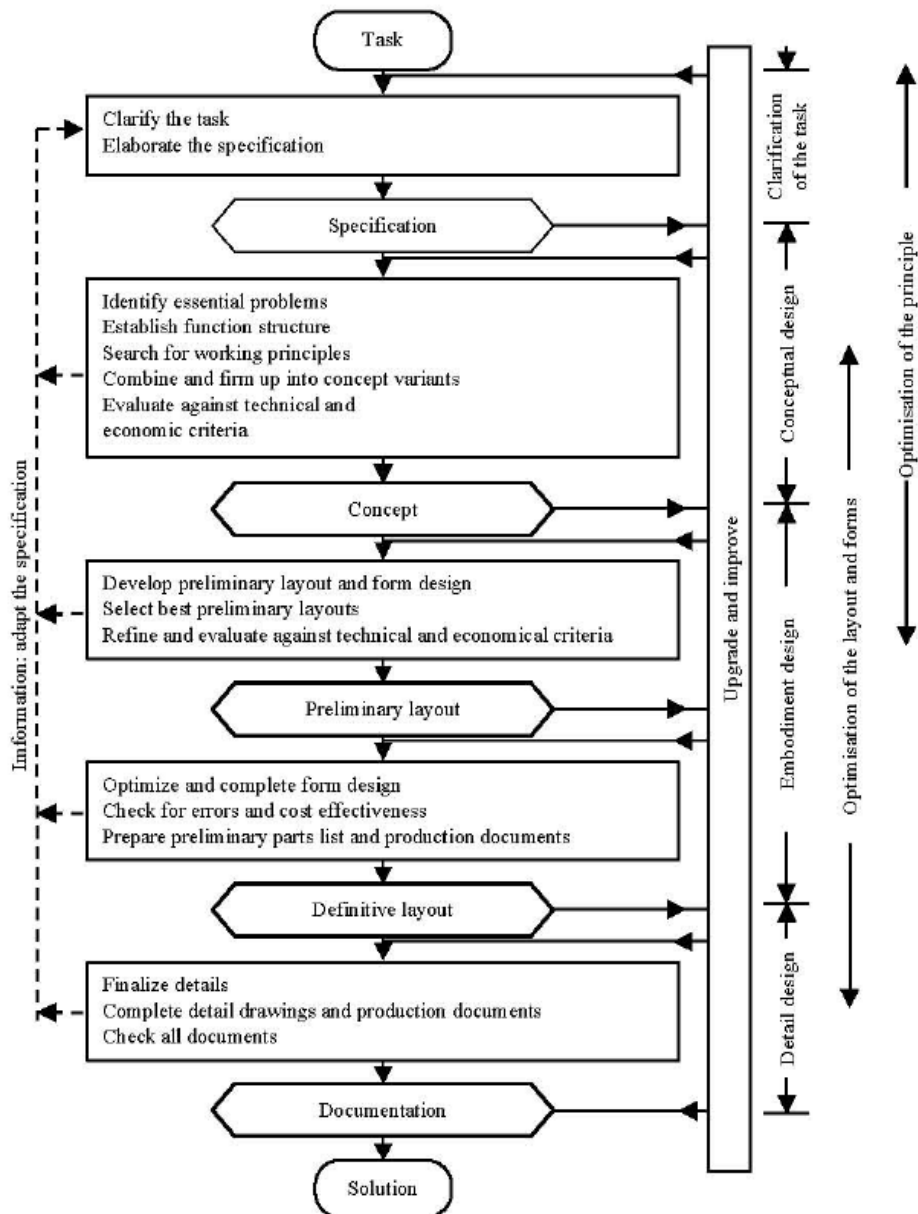


Fig. 2.3 Procesul de concepție (Pahl, 1996)

Aceste etape sunt în continuare împărțite în activități și sarcini cu rezultate specifice.

(Clark, 1993) descompune procesul de dezvoltare în patru etape majore, cu particularitatea de a evidenția concepția procesului în faza de producție:

- dezvoltarea conceptului de produs (*concept design*);
- planificarea produselor (*product planning*);
- proiectarea detaliată a produsului și procesul de producție (*engineering process*);
- pregătirea și optimizarea producției urmată de introducerea treptată pe piață (producție pilot / *Ramp-Up*).

La sfârșitul fiecărei faze autorul oferă rezultate care semnalează trecerea de la o etapă la alta, cum ar fi aprobarea programului de design de la sfârșitul etapei de planificare. Acestea, spre deosebire de Pahl și Beitz, se referă la managementul orientat spre organizarea activităților.

Inițial, inginerul responsabil de design preia toate informațiile despre cerințele ce ar trebui să le îndeplinească produsul, emisă de către client, colaborând cu departamentul de marketing. Prin sintetizarea acestor informații, el poate concepe un model geometric optim în cadrul unui "sistem de modelare tridimensională" (modelul virtual al produsului). Dacă acest proces este fezabil în cadrul organizației, a doua etapă a procesului de concepție implică următoarele servicii și activități majore: serviciul de consultanță, activitatea analiza soluției propuse, activitatea de simulare și calcule pentru funcționarea optimă a produsului (toleranțe, costuri, etc.).

Expertiza acestor activități este sarcina resurselor umane cunoscute și sub denumirea de "experți". Pentru a determina cu precizie domeniul de aplicare al acestor servicii în timpul procesului de concepție este necesar să se definească tipul și configurația produsului ce se dorește a fi conceput.

2.1.4 Abordări ale procesului de concepție

În ultimii douăzeci de ani, în întreaga lume, toate industriile au avut de-a face cu cerințele din ce în ce mai mari ale clienților, schimbările tehnologice rapide, constrângerile de mediu, prețuri și timp redus de lansare pe piață. Prin urmare, noi metode de lucru au trebuit să fie puse în aplicare. Companiile au abordat ingineria integrată / concurentă în locul ingineriei secvențiale. Ulterior, ținând cont de creșterea complexității produselor, a constrângerilor de calitate, cost și termene impuse de concurență și de mondializarea piețelor, concepția produselor industriale a devenit o activitate în care colaborarea este fundamentală.

2.1.4.1 Ingineria secvențială

Ingineria secvențială este metoda tradițională de dezvoltare a produselor începând cu Revoluția Industrială care a avut loc în secolul al XIX-lea. Aceasta este înrudită cu Taylorism-ul. Pe durata dezvoltării produselor pe baza ingineriei secvențiale activitățile sunt distribuite în anumite departamente, de la marketing până la vânzări, prin intermediul departamentului de concepție a produsului. Fiecare departament este limitat la obiectivele sale, fără implicarea directă în activitățile altui departament. Activitățile sunt coordonate de documentele aprobate de către departamentul superior.

Procesul de concepție începe prin definirea cerințelor și a nevoilor, care sunt apoi comunicate departamentului responsabil. Departamentul de proiectare dezvoltă soluții tehnice care pot satisface nevoile identificate la începutul proiectului. Aceste soluții tehnice sunt materializate sub formă de documente, care pot fi desene, modele sau orice format suportat de către programele utilizate pentru concepția de produse. Aceste documente sunt apoi trimise către departamentul de planificare, al cărui rol este de a pregăti soluții de industrializare și de fabricație. În cele din urmă se realizează o analiza completă pentru a vedea dacă nevoile identificate la început au fost îndeplinite.

Astfel, fluxurile de informații care există între două departamente consecutive sunt evidențiate în Fig. 2.4.

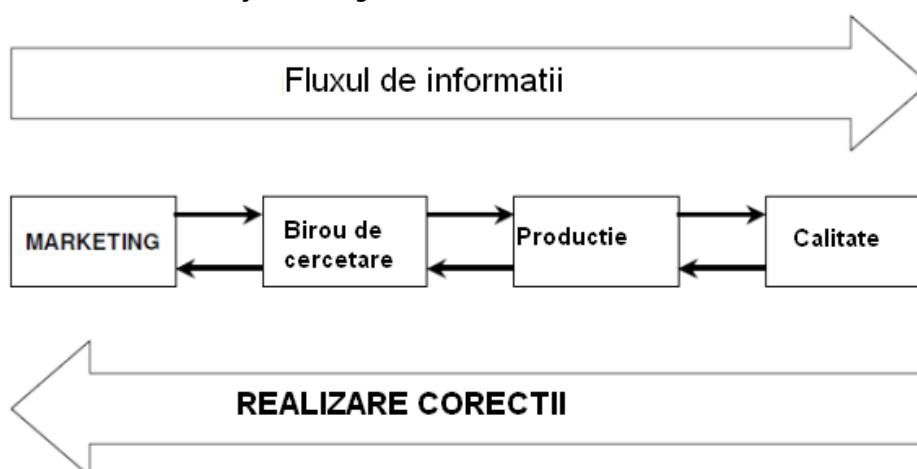


Fig. 2.4 Procesul de inginerie secvențială, după (Fleming, 1998)

Fiecare etapă, fază, este tratată separat, iar următoarea fază începe numai atunci când faza actuală este completă. De exemplu, departamentul de inginerie trebuie să finalizeze pe deplin planurile de proiectare și, în final, proiectul este transmis către departamentul tehnologic, care poate defini, astfel, procesul de producție.

Problema de bază din această abordare este aceea că fiecare etapă poate funcționa complet independent vis-à-vis de alte departamente și, prin urmare, vis-à-vis de alte profesii.

Aceste trasee dus-întors între departamente au efectul de a produce întârzieri în dezvoltarea de produse.

În timpul procesului de concepție al unui produs, dacă se constată o eroare mai târziu, modificările aduse sunt complexe, ducând la decalarea timpului de lansare în fabricație. Prin urmare, este clar că pentru a reduce costurile de dezvoltare este preferabil a se evita modificările din timpul procesului de concepție (Bernard, 2004). Fig. 2.5 rezumă acest principiu.

O modificare apărută în timpul fazei de proiectare va fi mult mai ușor de operat decât una apărută în faza de producție.

Într-adevăr, "în timpul fazelor de conceptualizare și definire a produsului, o modificare a unei dimensiuni, formă sau poziție inițială se poate realiza printr-o actualizare a modelului virtual" (Bernard, 2004).

În caz contrar, dacă modificarea este necesară în timpul industrializării, a producției sau chiar în timpul utilizării produsului, aceasta va avea consecințe mult mai mari, având în vedere faptul că resursele (scule de injecție, scule de prelucrare etc.) au fost realizate și livrate, ducând până la retragerea produsului pentru a corecta un defect găsit târziu.

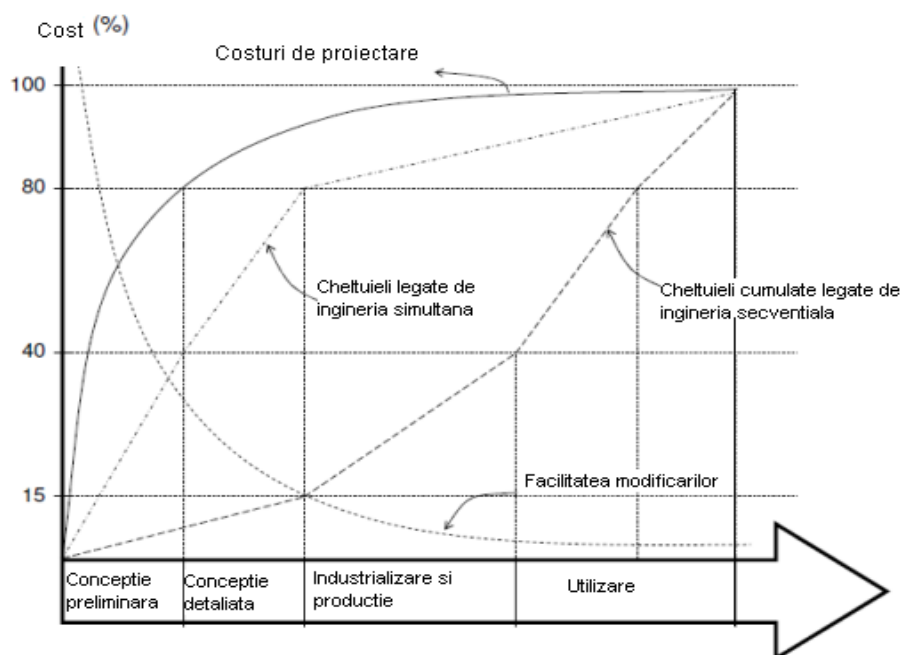


Fig. 2.5 Influența modificărilor asupra costurilor, după (Bernard, 2004)

În concluzie, costurile de concepție al unui produs sunt invers proporționale cu ușurința de gestionare a modificărilor. Dezavantajele ingineriei secvențiale au dus la reflectarea asupra unor modalități noi de lucru.

2.1.4.2 Ingineria simultană/concurentă/integrată

În interesul eficienței în inginerie, și pentru a răspunde activităților secvențiale legate de ciclul de dezvoltare al produselor, o altă viziune a apărut la sfârșitul anilor '80, sub diferite nume: „inginerie paralelă” (Sohlenius, 1992), „inginerie concurentă” (Kusiak, 1993), „inginerie integrată” (Tichkiewitch, 1994), „inginerie simultană” (Bocquet, 1998), „inginerie distribuită” (Brissaud, 1996). Inițial a fost dezvoltată și implementată în Japonia și apoi în Statele Unite.

Originile ingineriei simultane/integrate/concurente au fost regăsite în cadrul studiului lui (Clark, 1991) care s-a orientat asupra industriei auto japoneze la sfârșitul anilor 1980. În timpul acestui studiu, autorii au constatat că timpul de lansare al unui produs nou este mai mic cu aproximativ 25% în Japonia decât în Europa sau Statele Unite ale Americii. Ei explicau aceste câștiguri (Fig. 2.6) datorită următorilor factori de organizare:

- organizarea proiectelor cu ajutorul competențelor acumulate în timp și echipelor puternice;

- constituirea echipelor de proiect implicând diferite departamente din cadrul companiei;
- confruntarea punctelor de vedere ale membrilor echipei asupra proiectului încă de la începerea acestuia;
- organizarea simultană a proceselor de concepție a produsului.

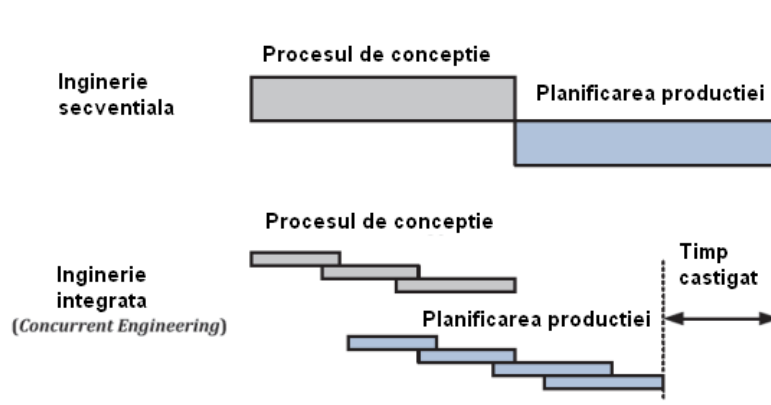


Fig. 2.6 Ingineria secvențială și ingineria integrată, după (Demoly, 2010)

Din multitudinea de definiții ale ingineriei concurente se remarcă o definiție dezvoltată inițial de către (Winner, 1988), care subliniază executarea în paralel a activităților de dezvoltare a produsului și integrarea activităților din avalul activităților întreprinse în cadrul procesului de dezvoltare: *"Ingineria concurentă este o abordare sistematică de concepție integrată, concomitentă, a produselor și proceselor acestora, inclusiv de fabricație și sprijin al acestora. Această abordare este menită să „forțeze” dezvoltatorii în a lua în considerare toate elementele ciclului de viață al produsului încă din faza de concepție, prin analiza costurilor, a calendarului lansării produsului cât și a cerințelor utilizatorilor."*

Acest concept a fost analizat și rafinat în continuare de către alți experți, după cum urmează:

- "Ingineria concurentă ajută la scăderea costurilor, la îmbunătățirea calității produselor prin realizarea de activități paralele care, de obicei, sunt realizate într-o singură secvență" (Sohlenius, 1992);
- "Ingineria concurentă este în general recunoscută ca o practică de încorporare a diferitelor etape ale ciclului de viață încă din stadiul incipient de concepție. Aceste valori includ nu numai funcțiile principale ale produsului ci și cele estetice, prelucrabilitatea, asamblarea, service-ul și reciclarea" (Ishii, 1993);
- "Conceptul de inginerie integrată include integrarea ciclului de viață al produsului în faza de concepție, prin implicarea în același timp a tuturor membrilor echipei de proiect, pentru a interveni fiecare în momentul apariției unei probleme, pe parcursul concepției acestui produs" (Tichkiewitch, 1994).

Concepția simultană include concepția în ansamblu, disponibilitatea, costurile, satisfacerea clientului, aspectele legate de întreținere, producție și exploatare, performanță, calitate, riscuri, siguranță, planificare, acceptare socială și toate celelalte atribute ale produsului, subliniind astfel diferențele între concepția integrată și concepția convențională.

Mediul în care se desfășoară concepția simultană are următoarele caracteristici:

- perioada de timp redusă;
- suprapunerea activităților funcționale;
- colaborarea în luarea deciziilor funcționale;
- evoluția în paralel a sistemului și a deciziilor componente;
- înșiruire critică.

O provocare este aceea de a integra cât mai curând posibil, în faza de concepție a produsului, toate constrângerile ciclului de viață al acestuia. Această fuziune este parte integrantă a strategiei actuale de management a ciclului de viață al produselor (*Product Lifecycle Management* - PLM).

Toate aceste definiții pot fi sintetizate în următoarea formulare: *"Ingineria integrată este o activitate sistematică pentru definirea, realizarea unui nou produs, sau îmbunătățirea unui produs deja existent, luând în considerare, încă din faza inițială de concepție, toate elementele din ciclul de viață al produsului, începând cu analiza cerințelor și a nevoilor până la sprijinirea procesului de concepție și producție, în mod simultan, de către toate departamentele unei companii"*.

S-a ales utilizarea termenului de *Inginerie integrată*, deoarece acest termen este cel mai sugestiv în evidențierea proceselor ce au loc în cadrul companiilor în timpul realizării de noi produse. Termenul de inginerie concurentă poate fi interpretat greșit, adesea făcându-se confuzie între „concurrentă” și „concurrentială”. Acești termeni sunt din punct de vedere fonetic foarte asemănători, dar au sensuri diferite.

Principalele obiective ale ingineriei integrate sunt:

- reducerea întârzierilor și a cheltuielilor de dezvoltare pe tot parcursul ciclului de viață al produsului;
- creșterea calității produselor și a serviciilor livrate;
- analiza mai detaliată a cerințelor clienților;
- structurarea noilor activități de concepție;
- luarea în considerare a aspectelor interculturale;
- nevoile comportamentale și sociale ale viitorilor utilizatori;
- extinderea ciclului de viață a produsului.

O mai bună considerare a nevoilor utilizatorilor este, de asemenea, un punct important din cadrul ingineriei integrate. Pentru aceasta, părerea și cerințele utilizatorului trebuie să fie integrate cât mai devreme în procesul de concepție și de dezvoltare al produsului. Această abordare are scopul de a crește calitatea produselor lansate și așteptate de către clienți și viitori utilizatori.

Referitor la cercetările aferente procesului de dezvoltare al unui produs, (Demoly, 2010) s-a orientat către domeniul de concepție și management integrat de informații, punând un accent special pe structura de inginerie a produsului și a secvențelor de planificare și asamblare. Acestea din urmă au fost dezvoltate prin crearea unui model intitulat *Multi-View Assembly Oriented* (MUVOA). Bazat pe modelul MUVOA, a fost propus un cadru numit *Proactive Assembly Design Oriented* (PASODE), în scopul de a defini o secvență de asamblare optimă în procesul de dezvoltare al produsului, folosit pentru a defini un schelet pe bază pentru asamblare, având în vedere geometria produsului. Modelul MUVOA și cadrul PASODE au fost folosite de o aplicație numită PEGASUS, ca interfață a unor sisteme PLM, cum ar fi PDM (*Product Data Management*), MPM (*Manufacturing Process Management*) și CAD (*Computer Aided Design*).

2.1.4.3 Ingineria colaborativă

Atunci când un produs este conceput prin eforturile colective și comune ale mai multor designeri, procesul de concepție poate fi numit concepție colaborativă. Această muncă trebuie făcută având în vedere durata de viață a produsului prin includerea acelor funcții dispersate cum ar fi concepția, producerea, asamblarea, testarea, calitatea și cumpărarea, cât și a acelor care sunt reclamate de furnizori și clienți.

Principalele obiective ale unei astfel de echipe de concepție colaborativă pot include optimizarea funcției mecanice a produsului, minimizarea costurilor de producție sau de asamblare, sau asigurarea unor servicii post-vânzare (service și întreținere) facile și în manieră economică pentru un produs etc. Astfel, procesul de concepție încorporează cunoștințe legate de fiecare etapă din ciclul de viață al produsului.

Procesul concepției colaborative presupune aplicarea practică a științelor colaborative în domeniul ingineriei și este o modalitate prin care procesul de concepție devine mai eficient, având în vedere implicarea unor specialiști diverși în cadrul unei echipe de concepție integrate, distribuite, multiculturală (Drăghici, 2012).

Întrucât echipele de concepție colaborativă lucrează adesea în paralel și independent, utilizând diferite mijloace de concepție distribuite (aflate în locații separate), chiar în situația unor diferențe de fus orar, procesul de concepție care rezultă poate fi denumit concepție colaborativă distribuită.

Există două situații principale de colaborare atunci când luăm în considerare dimensiunea de spațiu:

- aceeași locație care corespunde proceselor de concepție care sunt elaborate într-o fabrică reală: actorii implicați în concepție se întâlnesc într-un birou de proiectare, o întâlnire de tip sincron; uneori actorii implicați în concepție utilizează materialele rămase și afișate dintr-o întâlnire oricând doresc, în mod asincron;
- într-o locație la distanță (echipe, persoane dislocate geografic): această situație corespunde proceselor de concepție care se derulează într-o întreprindere virtuală, iar acestea pot fi de tip sincron (videoconferință) sau asincron (înregistrare, e-Learning, PDM).

Johansen a utilizat o matrice în care a clasificat colaborarea sub formă de 2 modele (sincron și asincron) care pot apărea în cadrul unei companii, unde echipele de proiect sunt dispersate în diverse zone geografice (Fig. 2.7).

Putem concluziona că noul concept din cadrul companiilor se referă la concepția colaborativă. În această situație există întotdeauna activități care se suprapun, ca și în cazul concepției simultane, dar oamenii sunt invitați să lucreze împreună și să interacționeze pentru a ajunge la o înțelegere și pentru a lua decizii comune. Gradul de colaborare este în acest caz evaluat prin cuplarea deciziilor.

Deci, în concepția secvențială, schimbul între actori se bazează pe relație, în concepția simultană trebuie să definim interfețele comune între diferitele sarcini, iar în concepția colaborativă, se creează sinergia între actori (iDesigner, 2011).

În Fig. 2.8 sunt sintetizate acțiunile și poziționarea fazelor din procesul de dezvoltare al produsului în cazul fiecărui proces de concepție (secvențială, integrată, colaborativă).

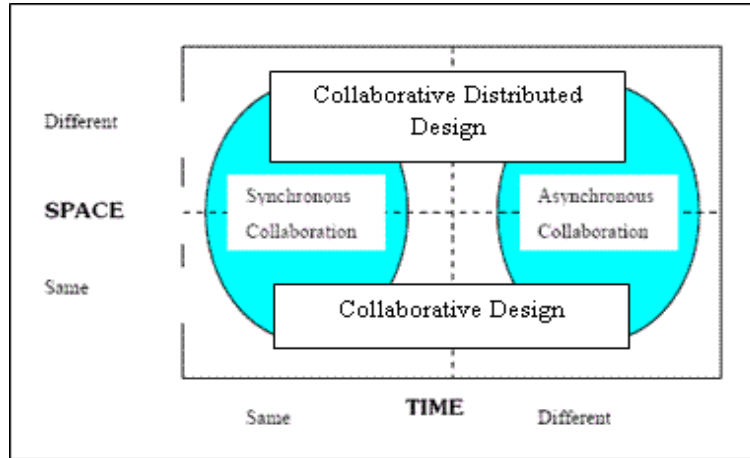


Fig. 2.7 Matricea modelelor de concepție colaborativă (iDesigner, 2011)

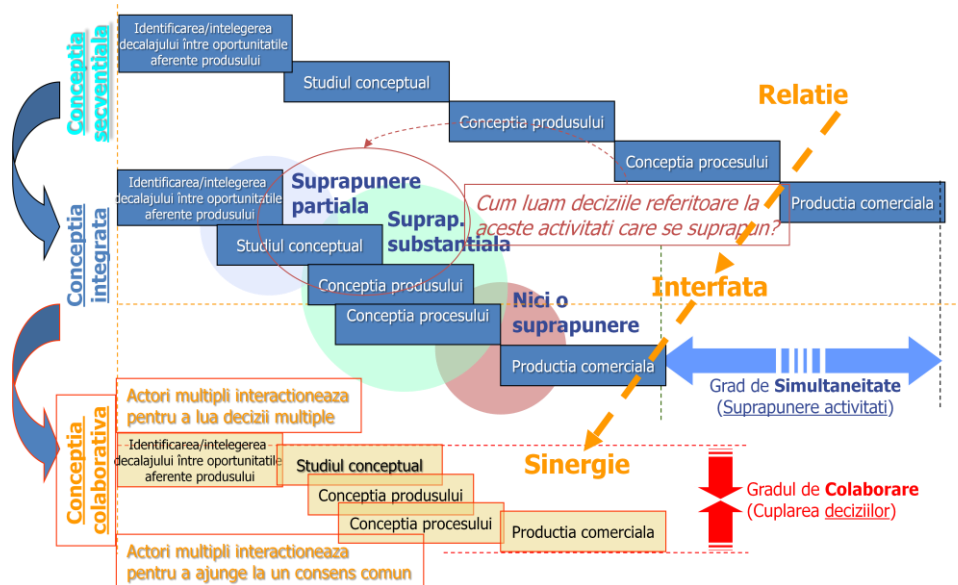


Fig. 2.8 Concepția secvențială, integrată și colaborativă (iDesigner, 2011)

2.2 Concepția colaborativă

2.2.1 Conceptul de colaborare/cooperare

Concepția de noi produse sau servicii este o activitate în care cooperarea este esențială (Terssac, 1996), iar literatura de specialitate oferă diferite definiții, specifice organizațiilor.

Colaborarea este definită ca „o acțiune comună pentru a produce ceva nou” (Terssac, 1996).

Cooperarea este văzută ca o modalitate de coordonare a activității de colaborare.

În (Schrage, 1990) se propune o definiție destul de generică și mai mult accentuată pe noțiunea de relație între echipe, ce are un anumit scop: "Colaborarea este o relație creată intenționat pentru a rezolva o problemă, de a crea sau de a descoperi ceva în contextul unei situații înainte de un set de constrângeri."

(Jacobs, 2002) propune următoarea definiție pentru activitatea colaborativă: „activitate prin care mai multe persoane desfășoară activități diferite pentru atingerea obiectivelor comune la nivel înalt. Activitatea colaborativă are nevoie de obiective comune, lingvistice, experiențe în comun și de un mediu comun și mass-media”.

(Chartier, 2007) definește concepția colaborativă ca: „procesul de executare a activităților de dezvoltare în paralel, ținând cont de constrângerile de integrare a serviciilor și constrângerilor din aval”.

Din aceste definiții se pot identifica principalele caracteristici ale relațiilor de colaborare. Aceste caracteristici sunt:

- existența unor obiective comune, care sunt determinate de performanță;
- încrederea reciprocă între organizații;
- planificarea și punerea în aplicare a activităților de colaborare, de coordonare și de prioritizare a deciziilor;
- schimbul de informații, dar, de asemenea, riscuri, recompense și responsabilități.

(Kraus, 1980) a identificat unele caracteristici principale ale grupurilor orientate pe munca colaborativă:

- comunicare eficientă între membrii grupului;
- divizarea responsabilităților în așa fel încât să contribuie la atingerea obiectivelor, acestea fiind bazate pe cunoștințele și experiența membrilor;
- sarcini de coordonare;
- împărtășirea aceluiași idei și valori.

Spre deosebire de definițiile de mai sus, autorul menționează în mod explicit noțiunea de sprijin reciproc între membrii organizației.

Colaborarea este crearea unei viziuni comune a problemelor și o zonă comună de a stoca și partaja informații. Există mai multe moduri de concepție colaborativă (Courbon, 1997):

- modul sincron (în același timp, în același loc);
- modul asincron (de timp diferit) distribuit și asincron (alt timp, alt loc).

Termenele de colaborare, comunicare, schimb de cunoștințe și / sau competențe sunt interconectate ca și concepte.

Așadar, putem defini colaborarea ca actul de a lucra împreună (cu cineva), în scopul de a obține un rezultat. Colaborarea este actul de a lucra împreună cu alte persoane ce au același scop comun. Aceasta implică crearea unei viziuni comune a problemelor și o zonă comună de a stoca și partaja informații.

2.2.2 Procesul de concepție colaborativă

Pentru a descrie o activitate colaborativă, este important să se ia în considerare punctele de vedere ale fiecărui actor și să se țină cont și de contextul în care va avea loc colaborarea (Tehari, 1999).

Deoarece companiile au ca scop reducerea costurilor de concepție, acestea sunt din ce în ce mai orientate spre căutarea de parteneri (subcontractanți) în timpul fazelor de concepție și de producție al produsului. Problemele de comunicare și de gestionare a grupului vor apărea ulterior (Austin, 2001): limba, alegerea modului tehnic de comunicare, frecvența problemelor de comunicare, probleme referitoare la diferența de cultură etc. Oricum, o echipă este formată din membri ai aceleiași sau a mai multor societăți, grupate pe același loc sau nu, iar din această cauză managementul de distribuție a resurselor umane este o problemă deosebit de importantă. Dificultatea de a gestiona activitatea echipei distribuite constă în principal în constrângerile de management al „resurselor umane și materiale (probleme de comunicare și de interoperabilitate a sistemelor) și informații logistice (probleme de caracterizare, de colectare, gestionare și transmitere de informații)” (Ostergaard, 2003).

Procesul de concepție colaborativă, care se poate realiza în cadrul aceleiași locații sau la distanță, necesită abilitatea de a comunica, dar și de interacțiune între diferiți actori (cu puncte de vedere diferite). În sprijinul acestei interacțiuni pot interveni diverse tipuri diferite de programe software ce facilitează concepția colaborativă, cel mai elocvent model fiind în proiectarea mecanică, unde se utilizează de multe ori un model tridimensional digital comun, din care pot fi obținute rezultatele studiului sau calcule.

Introducerea ingineriei integrate într-o structură de întreprindere extinsă impune stabilirea unor mijloace de a rezolva problema de colaborare, în ciuda distanței dintre membrii echipei de proiect.

Membrii unei echipe de proiect, din diferite locații geografice, pot analiza un document și pot discuta pe baza acestuia fără a fi nevoie să fie în aceeași locație. La un nivel mai ridicat de colaborare, de fapt, ei pot construi sau modifica tot conținutul documentului. Nivelul de colaborare este definit în mare parte de oportunitățile oferite de programele de colaborare și de interacțiunea între participanții înșiși, precum și de resursele pe care le dețin (atât fizice cât și intelectuale).

Concepția colaborativă are caracteristica de a implica o mare varietate de resurse hardware cât și software, pentru a comunica informații de la o locație la alta. Astfel, documentele necesare pentru proiectare pot fi text, liste de piese, cataloage, fotografii, diagrame, desene 2D, modele 3D, modele grafice sofisticate și complexe, care uneori sunt esențiale în concepția de produse mecanice. Dar aceste documente, cataloage, inclusiv modele CAD, ridică probleme majore în cadrul procesului de concepție colaborativă. Există o mulțime de programe de virtual design, metode de stocare a informațiilor referitoare la datele geometrice, care sunt diferite în funcție de software-ul disponibil. În plus, pe același software, construirea unui model va urma o logică diferită de la un utilizator la altul, în funcție de metodele utilizate de acesta. Toate aceste lucruri fac foarte dificil procesul de transmitere, de schimb și de înțelegere a modelelor 3D. Pe de altă parte, grafica digitală de informare necesită o cantitate mare de spațiu, care, în caz de colaborare sincronă la distanță reprezintă un mare handicap.

În cazul în care operațiunea de sincronizare este dominantă în procesul de concepție distribuită, se urmărește să se asigure separarea funcțiilor în timp între

membrii proiectului, dând naștere, de regulă, la activitățile de coordonare, verbale sau nonverbale, supravegheate de către un manager de proiect. Comunicarea între membrii unei echipe de proiect cât și între aceștia și managerii de proiect este vitală pe parcursul procesului de concepție al unui produs.

Astfel, abordând termenul de comunicare și analizând lucrările elaborate pe acest termen, putem observa că a fost general definită ca: "toate fenomenele legate de posibilitatea unei colaborări sub rezerva de a transmite informații către un alt subiect, indiferent de limbă sau alte coduri" (Sadeghi, 2008). Pentru a se adapta această definiție, se poate spune că subiecții în cauză sunt designerii sau cel puțin membrii unei echipe de proiect. În procesul de concepție, membrii unei echipe de proiect joacă un rol esențial în realizarea obiectivelor și asigurarea unei bune organizări a activității de colaborare.

Problema comunicării în procesul de concepție colaborativă distribuită este relativ nouă și puțin explorată. Noile medii de concepție virtuală au introdus noi protocoale de comunicare între echipele implicate în acest proces. Astfel, pe lângă activitatea de modelare necesară pentru a realiza un produs, nu se poate nega importanța comunicării în cadrul procesului de concepție colaborativă, pentru realizarea de produse calitative și competitive.

2.2.3 Modele de concepție colaborativă

(Sadeghi, 2008) analizează câteva modele de concepție colaborativă. El evidențiază că multe mijloace de virtual design (CAD) pot suporta mai multe faze ale procesului de concepție și pot simula diferite aspecte ale modelului proiectat (conceptual, detaliat, fabricarea, asamblarea etc.).

Concepția virtuală este, în esență, aspectul structural, chiar dacă nu oferă nici o soluție a funcțiilor și a comportamentelor pieselor sau produselor în cazuri reale.

Diviziunile structurale ale programelor de virtual design pot fi caracterizate ca entități de tip *Assembly* și *Feature*, funcțiile fiind traduse în cele din urmă ca și constrângeri care leagă entitățile acestor programe. Modelul de referință este o reprezentare 3D a geometriei produsului proiectat. Odată finalizat, acest model servește ca o bază comună pentru activitățile de proiectare.

Fig. 2.9 evidențiază că modelul 3D depinde de alte analize și expertize a formelor, a comportamentului produsului, fiind în centrul concepției colaborative, care implică mai multe aplicații de business, acestea fiind uneori costisitoare pentru companii.

Cele mai multe modele de concepție colaborativă descriu produsele prin intermediul a trei secțiuni: structurală, funcțională și comportamentală. Cu toate acestea, fiecare cadru de modelare utilizează conceptele sale interne, iar mijloacele și modelele acoperă, în linii mari, trei dimensiuni ale activității de concepție colaborativă:

- dimensiunea și activitățile proiectului (procesele), care își propun să dezvolte modelul de produs: activități ce se caracterizează prin datele de intrare, rezultatele pe care le oferă, resursele necesare pentru îndeplinirea de către acestea a condițiilor și a constrângerilor pentru a satisface cerințele;
- dimensiunea de organizare a întreprinderii (roluri, echipe etc.), care se referă la descrierea resurselor (umane, tehnice etc.), ca un mijloc folosit de companie pentru desfășurarea proiectelor sale. Conducerea procesului

de concepție colaborativă nu poate fi finalizată fără mobilizarea adecvată și bine controlată a resurselor organizației;

- dimensiunea de integrare a datelor de produs, procesul de integrare, precum și prelucrarea și schimbul de informații între diverse departamente, descriu parcursul concepției și dezvoltării produsului.

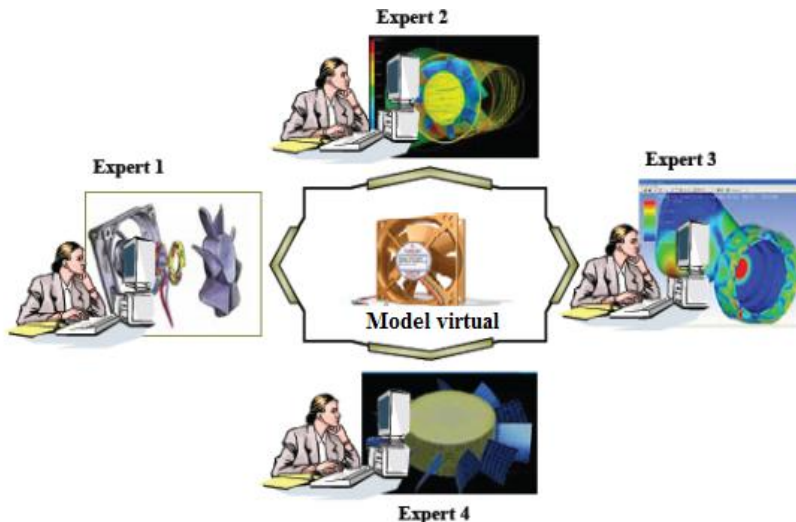


Fig. 2.9 Modelul virtual (CAD) în contextul concepției colaborative, după (Sadeghi, 2008)

Resursele tehnice folosite în locații distribuite geografic fiind resurse eterogene, ele trebuie integrate în cadrul proceselor de concepție pentru a facilita interoperabilitatea și cooperarea într-un mediu colaborativ. În acest sens au fost propuse mai multe soluții.

Modelele de concepție colaborativă reprezentative sunt prezentate sintetic în continuare.

Modelul FBS-PPRE (*Functional Behaviour Structure – Product Process Resources, External effect*) este utilizat pentru integrarea modelului de produs în modelul de proces. Modelul FBS-PPR este construit pentru a îmbina noțiunile de produs, proces, resurse, înglobate într-un model generic bazat pe concepția colaborativă. Modelul vizează ameliorarea și integrarea unei trasabilități a elementelor de proces din cadrul unei companii și reutilizarea acestora în procesul de dezvoltare a produselor.

Modelul CPM (*Core Product Model*) a fost propus de NIST (National Institute of Standards and Technology), ca un model generic care conține totalitatea elementelor ce reprezintă un produs. Acest model este cunoscut ca o prezentare relativă a procesului de dezvoltare a unui produs și poate fi considerat baza pentru procesul de dezvoltare, utilizând noile generații de mijloace de virtual design. Acest model conține: noțiuni de formă, comportament, materiale, compoziție fizică și funcțională.

Modelul CODEMO (*Co-Operative DEsign MOdeler*) este un suport pentru concepția colaborativă integrată într-un mediu informatic ce favorizează procesele de virtual design prin crearea de vederi dinamice *multi view* (din punct de vedere tehnologic, vederi cu scheletul produsului, geometrice, materiale etc.) ale produsului care este în curs de dezvoltare.

Se constată că modelele și soluțiile integrate permit:

- furnizarea de informații corecte către persoana potrivită, la momentul potrivit;
- optimizarea fluxului de informații între diferitele faze ale concepției, acesta fiind un punct-cheie pentru a răspunde și de a participa efectiv la proiectarea unui produs complex și complet nou;
- evitarea pierderii de informații și/sau evitarea slabei înțelegeri a nevoilor utilizatorilor;
- baza de date bine organizată, aceasta jucând un rol crucial în stabilirea unui mecanism viabil, care păstrează informații despre produs;
- evitarea redundanței datelor și informațiilor facilitând automatizarea managementului acestora;
- asigurarea coerenței în procesul de integrare și optimizarea procesului de proiectare.

Referitor la resursele tehnice, Fig. 2.10 prezintă arhitectura unui „suport tehnologic” în procesul de concepție colaborativă.

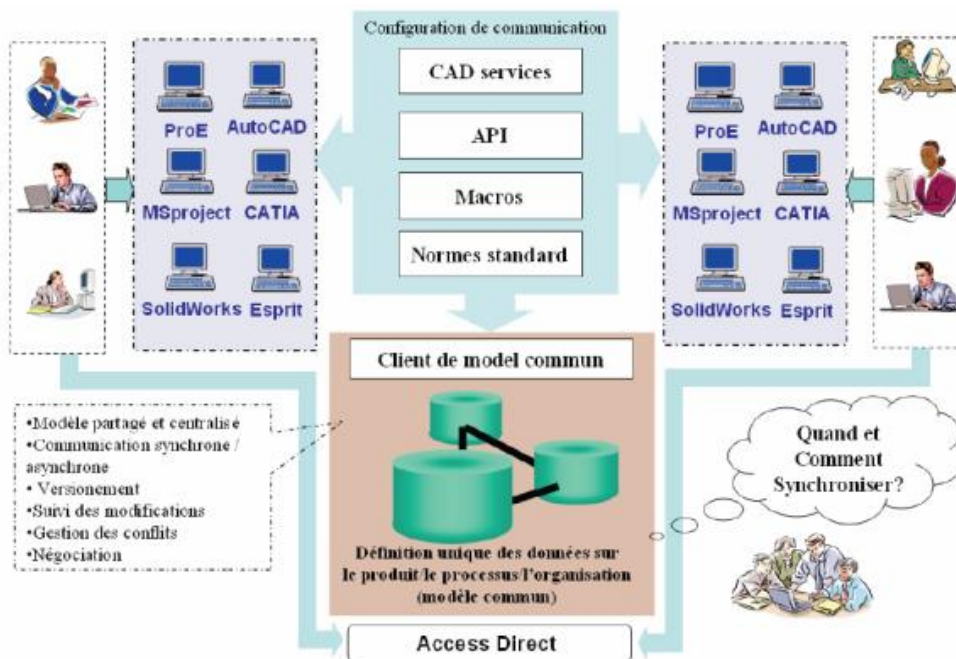


Fig. 2.10 Exemplu de „suport tehnologic” în procesul de concepție colaborativă (Sadeghi, 2008)

O platformă de concepție colaborativă ar trebui să aibă următoarele caracteristici:

- să fie un sistem deschis, în scopul de a asigura, pe de o parte, evoluția procesului de proiectare și, de asemenea, de a facilita acceptarea de către grupul de experți din diverse sectoare;
- să fie capabil de integrarea de mijloace specifice ale diferitelor discipline; acest lucru necesită dezvoltarea unui model optimizat pentru schimbul de informații, care definește interfețele și configurațiile de comunicare;

- să permită schimbul de date și integrarea documentelor și a modificărilor;
- integratoarele trebuie să gestioneze suprapunerea de informații între mijloacele utilizate, calendarul și coerența documentației de proiect;
- gestionarea unui model comun: este necesar să se prevadă caracteristici cum ar fi: stocarea modelelor, manipularea versiunilor și a variantelor, managementul schimbării, managementul conflictelor, etc.;
- arhitectura platformei să asigure interoperabilitatea între diferite mijloace utilizate în procesul de concepție colaborativă distribuită.

2.2.4 Managementul procesului de concepție colaborativă

Marile companii tind să implementeze propriile metode de management al procesului de concepție colaborativă în cadrul proiectelor, pentru creșterea eficienței, a calității produselor și reducerea timpului necesar dezvoltării și lansării pe piață a produselor.

În cazul concepției colaborative, putem evidenția principalele etape în dezvoltarea de noi produse (Fig. 2.11).



Fig. 2.11 Principalele etape de dezvoltare a produselor din cadrul procesului de concepție colaborativă (adaptare după procesele din companii)

Etapa **cotare** este una dintre cele mai importante, deoarece în cadrul acesteia se definesc caracteristicile produselor, numărul acestora și, nu în ultimul rând, se analizează cerințele clienților.

În etapa **concepție** managerul de proiect și echipa de proiect preiau responsabilitatea proiectului. Cerințele, condițiile la limită și așteptările clientului sunt complete, înțelese și documentate pentru a permite un start al proiectului. Tot în această etapă este elaborat caietul de sarcini și este clarificat cu clientul. Obiectivele proiectului sunt cunoscute și fezabile (calitatea tehnică, financiar, logistică, calendarul).

În etapa **dezvoltare** sunt atinse următoarele aspecte:

- obiectivele proiectului, inclusiv ale clientului și așteptările interne sunt definite și înțelese;
- șansele și riscurile sunt evaluate, fezabilitatea proiectului este dovedită, planificarea este elaborată și detaliată, proiectul este finalizat și aprobat;
- toate resursele necesare (umane, tehnologice) sunt disponibile pentru proiect (calitate, producție, logistica, calificarea, testare, integrare etc.);
- este analizată fezabilitatea conceptelor, dacă designul este robust și cerințele tehnologice sunt respectate;
- aprovizionarea de componente și echipamente este planificată și asigurată.

Tot în această etapă se urmărește finalizarea conceptului de produs și se dorește verificarea produsului proiectat. Modelul de produs este finalizat și verificat, cu recenzii de proiectare și pre-proiectare: componentele mecanice, de exemplu, necesită mijloace speciale de fabricație. În această etapă planificarea fabricației de bază este disponibilă, toate elementele critice și procesele necesare fabricării produsului deja conceput sunt identificate.

În cadrul celor două etape care urmează, cea de **industrializare** și cea de **validare**, produsul conceput este pregătit pentru lansarea sa în producție printr-o implementare progresivă a acestuia și prin creșterea treptată a volumului de producție (*Run and Rate*). Sunt elaborate documentele necesare testării primelor produse rezultate în urma pregătirii liniei de fabricație. Toate componentele livrate de către furnizori și materialele auxiliare sunt scoase din depozit și sunt disponibile în cadrul fabricii. Personalul din producție este instruit pentru ca fiecare post de lucru să fie conform cu caietul de sarcini, totodată fiind puse în aplicare metodele de testare al produselor rezultate.

În cadrul **producția de serie** (*Serial Production*) sunt colectate toate informațiile necesare pentru îmbunătățirea continuă a produsului, iar toate obiectivele proiectului (financiare, de calitate, de producție) trebuie atinse în condițiile convenite (de exemplu, după 6 luni trebuie X piese livrate).

Principalele caracteristici și diferitele descrieri ale concepției colaborative distribuite se pot observa în tabelul de mai jos (Tab. 2.1).

În urma studiului bibliografic s-au sintetizat câteva avantaje și dezavantaje ale procesului de concepție colaborativă, observate în Tab. 2.2.

Tab. 2.1 Principalele definiții și caracteristici ale procesului de concepție colaborativă

	Descriere	Referințe
Criterii comune	Un set de activități puse în aplicare (în ordine și/sau în paralel) prin utilizarea resurselor umane și materiale, în funcție de gradul de structurare	(Chartier, 2007),(Pahl, 1996), (Lurey și Raisinghani, 2001), (Ullman, 1992), (Dixon, 1987)
	Activitățile de concepție colaborativă sunt modelate de multe ori ca un proces format din mai multe etape succesive, cu intrări și ieșiri	(Cooper și Kleinschmidt, 1991), (Pahl, 1996), (Rotar și Clark, 1992)
	Procesul de executare a activităților de dezvoltare în paralel, ținând cont de constrângerile de integrare a serviciilor și constrângerilor din aval	(Chartier, 2007), (Kak și Schoonmaker, 2002)
	<i>Abordare sistematică de concepție integrată, concomitentă, a produselor și proceselor acestora, inclusiv de fabricație și sprijinul acestora</i>	(Winner, 1988)
	Practică de încorporare a diferitelor etape ale ciclului de viață încă din stadiul incipient de concepție	(Ishii, 1993),(Sohlenius, 1992)
	Activitatea prin care mai multe persoane desfășoară acțiuni diferite pentru atingerea obiectivelor comune la nivel înalt	(Jacobs, 2002), (Boujut ș.a., 1996),(Terzac, 1996)
Alte criterii	<i>Majoritatea componentelor sunt reutilizate: în industria automotive doar 20% din componentele unui autoturism sunt concepute inițial, 80% fiind reconcepute</i>	(Bluntzer, 2009),(Rezayat, 2000)
	<i>Membrii echipei de proiect nu trebuie neapărat să fie din aceeași locație sau aceeași companie</i>	(Leenders ș.a., 2003)
	Divizarea responsabilităților în așa fel încât să contribuie la atingerea obiectivelor, acestea fiind bazate pe cunoștințele și experiența membrilor	(Kraus, 1980)
	Crearea unei viziuni comune a problemelor și o zonă comună de a stoca și partaja informații	(Courbon, 1997), (Frayret, 2001)

Tab. 2.2 Principalele avantaje și dezavantaje ale procesului de concepție colaborativă

Avantaje	Referințe
Furnizarea de informații corecte către persoana potrivită, la momentul potrivit	(Noel, 2007)
Optimizarea fluxului de informații între diferitele faze ale concepției	(Sadeghi, 2008)
Asigurarea coerenței în procesul de integrare și optimizare a procesului de proiectare	(Noel, 2007)
Timpul de lansare al unui produs nou este mai mic cu aproximativ 25%	(Clark, 1991)
Se elimină dificultățile de gestionare a echipelor de proiect și a resurselor materiale	(Boujut ș.a., 2000), (Ostergaard, 2003)
Reducerea activităților succesive și redundante	(Dillenbourg ș.a., 1996), (Legardeur ș.a., 2004)
Dezavantaje	
Probleme de comunicare și de interoperabilitate a sistemelor	(Ostergaard, 2003)
Probleme referitoare la diferența de cultură	(Docuri, 1997),(Tehari, 1999)

2.3 Managementul ciclului de viață al produsului (PLM)

2.3.1 Strategia și conceptul PLM

Climatul economic actual forțează companiile de a furniza, într-un timp din ce în ce mai scurt, produse care răspund nevoilor din ce în ce mai diversificate. Pentru a îmbunătăți competitivitatea de afaceri, managementul ciclului de viață al produselor, cunoscut și sub acronimul PLM (*Product Lifecycle Management*), încearcă implementarea unei strategii pentru gestionarea integrată a tuturor informațiilor și a proceselor legate de concepția colaborativă a întregului produs. O definiție al conceptului dată în (Amann, 2002): «*PLM este o abordare strategică de afaceri care se aplică unui set consistent de soluții de business, diseminarea de management, precum și utilizarea informațiilor în sprijinul procesului de concepție colaborativă al produsului în cadrul unei întreprinderi extinse.*»

Această strategie recentă, creată de către universul academic, a fost enunțată la începutul anului 2000, pentru a menține coerența între abordări integrate, colaborative (Kahn, 2005) și metodologiile asociate cu mijloace de CAX (*Computer Aided X*), cum ar fi CAD (*Computer Aided Design*) sau redenumit *virtual design*, CAM (*Computer Aided Manufacturing*), sisteme de management a datelor tehnice similare cu PDM - EDM (*Engineering Data Management*), MPM etc., în legătură cu sistemele SCM (*Supply Chain Management*) și ERP (*Enterprise Resources Planning*), într-un singur sistem digital (Stark, 2004), în cazul în care toate departamentele companiei au un rol comun (Fig. 2.12).

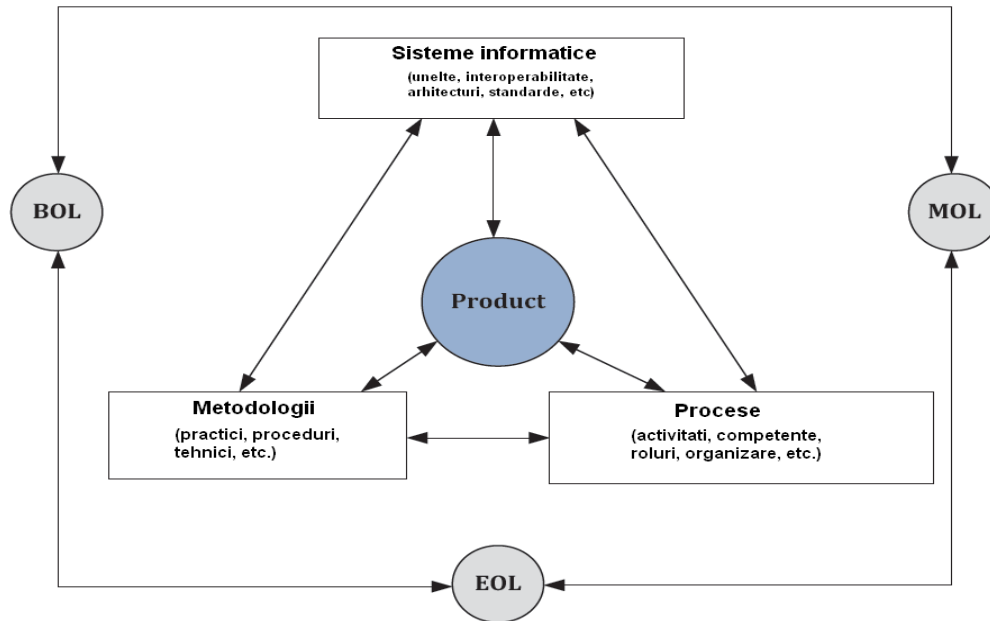


Fig. 2.12 Strategia PLM în diferitele faze ale ciclului de viață al produsului, după (Demoly, 2010)

O definiție completă a conceptului PLM este dată de către CIMdata (CIMdata, 2003):

„PLM este o abordare de business strategică, care aplică un set consistent de soluții de business pentru a sprijini inovația, managementul, distribuția și utilizarea informațiilor despre produs în cadrul companiilor, de la concepție până la scoaterea din uz a produsului, integrând oamenii, procesele și tehnologia software”.

(Paviot, 2010) a menționat în teza sa o definiție dată de către Bertil Turesson, strateg PLM în cadrul Volvo Car Corporation: *„PLM este o activitate ce constă în gestionarea produselor în cadrul unei companii, de-a lungul ciclului de viață al acestora, în cel mai eficient mod. PLM în abordare holistică: sfera sa de aplicare acoperă mai multe elemente, cum ar fi procesele, datele despre produse, oamenii și aplicațiile utilizate”.* Potrivit autorului, PLM poate fi considerată o paradigma a unirii, asamblării, numeroaselor procese, discipline, funcții și aplicații eterogene și independente, care abordează același produs din puncte de vedere diferite.

În cadrul aceleiași lucrări, Paviot amintește de definiția dată de către Dassault Systèmes despre conceptul de PLM: *„PLM este o strategie a companiilor de partajare a produselor, de aplicare a procedurilor comune și de capitalizare a informațiilor din cadrul acestora pentru dezvoltarea produselor din faza de concepție până la cea de rebut. Incluzând toate părțile interesate (clienți, colaboratori ai companiilor, parteneri, furnizori), gestiunea ciclului de viață al produsului permite întregii rețele să funcționeze ca o singură entitate din faza de concepție și până în faza de mentenanță.”*

În concepția PTC, PLM este *„o tehnologie ce permite evoluția informațiilor tehnice din faza de concepție până la cea de retragere a produselor, ceea ce reprezintă un avantaj pentru companii.”*

Aceste strategii și concepte diferite pot fi justificate prin diferențele între sistemele informatice (tehnologia informației - IT) (Fig. 2.13). Astfel, putem observa nevoia de integrare și coerență între multitudinea de date și structuri de date încorporate în aceste sisteme. Aceste preocupări sunt, de asemenea, obiecte de lucru pe probleme de interoperabilitate (Merlo, 2009), (Paviot, 2009), schimb de date, desfășurare / punere în aplicare (Eynard, 2004), (Duigou, 2010), valorificare / reutilizare a cunoașterii (Gomes, 2008), la diferite niveluri din cadrul companiilor (Sudarsan, 2005).

Obiectivul de gestionare a informațiilor, de urmărire a ciclului de viață al produselor, permite astăzi, creșterea productivității, a eficienței, îmbunătățirea calității produselor, comunicarea, coordonarea și colaborarea (Ming, 2005).

PLM a necesitat o mare atenție din partea cercetătorilor și din cea a industriei. În mai multe articole au fost descrise conceptul, caracteristicile, rolul, evoluțiile viitoare, tehnologiile și aplicarea industrială a strategiei de PLM (Terzi, 2005). În Fig. 2.13 sunt grupate sistemele informatice ale PLM și cele corelate cu acesta.

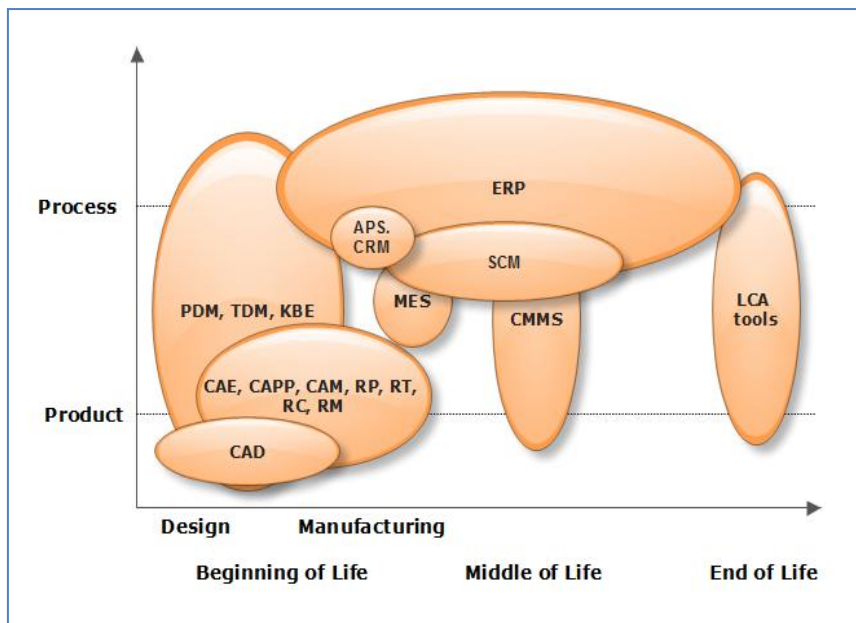


Fig. 2.13 Cartografierea sistemelor informatice necesare în managementul ciclului de viață al produselor (Terzi, 2007)

Se poate considera că *PLM* este o colecție de soluții cu care se pot crea digital, menține și furniza informații despre produs, disponibile în întreaga companie și pentru întregul ciclu de viață al unui produs.

Compania Ford a fost printre primele companii din lume care au adoptat conceptul PLM. La mijlocul anilor 1990, Ford a creat un departament care se numea C3P. Cele 3 litere C din acest termen se refereau la: *Computer Aided Design* (CAD), *Computer Aided Manufacturing* (CAM) și *Computer Aided Engineering* (CAE), în timp ce litera P se referea la *Product Information Management* (PIM). Acest termen PIM avea să fie dezvoltat de-a lungul mai multor ani și, împreună cu integrarea

proceselor, tehnologiei și a oamenilor a dat naștere la ceea ce înseamnă *Product Lifecycle Management* (PLM) în momentul de față, adică managementul ciclului de viață al produsului.

PLM oferă funcțiile cu care se pot realiza următoarele obiective:

- locul de muncă este un portal deschis în World Wide Web și oferă acces la toate informațiile și aplicațiile care sunt necesare pentru a lucra eficient cu toți partenerii de afaceri interni și externi;
- realizează o legătură între gestionarea datelor de produs și de proces și alte aplicații de Internet, cum ar fi Programul de Management (*Change Configuration Management*). Prin utilizarea acestor aplicații se pot îmbunătăți coordonarea și cooperarea în timpul executării proceselor de „business”.

Cheia acestei definiții constă în utilizarea expresiei: „... integrarea oamenilor, a proceselor, a tehnologiei software și a informației.”

În final, definiția cu răspândirea cea mai largă și acceptată de către toți utilizatorii este următoarea (CIMdata, 2009): „*PLM este o abordare de business integrată bazată pe informație, formată din oameni, procese / practici și tehnologie, care se referă la toate aspectele din viața unui produs, de la proiectare până la producție, utilizare și întreținere, culminând cu scoaterea din funcțiune și reciclarea, cu scopul de a crește eficiența și productivitatea companiei*”.

În urma tuturor cercetărilor bibliografice referitoare la conceptul PLM, se pot evidenția principalele caracteristici și definiții formulate (Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Principalele caracteristici și definiții ale conceptului PLM

PLM	Referințe
Abordare strategică de afaceri care se aplică unui set consistent de soluții de business	(Amann, 2002)
Implementarea unei strategii pentru gestionarea integrată a tuturor informațiilor și a proceselor legate de concepția colaborativă a întregului produs, din faza de definire a nevoii până în faza de sfârșit a vieții (End of Life)	(Stark, 2004),(Saaksvuori, 2005),(CIMdata, 2009)
Abordare de business strategică, care aplică un set consistent de soluții pentru a sprijini inovația, managementul, distribuția și utilizarea informațiilor despre produs în cadrul companiilor, de la concepție până la scoaterea din uz a produsului, integrând oamenii, procesele și tehnologia software	(CIMdata, 2009)
Activitate de management a produselor unei companii pe tot parcursul ciclului lor de viață, în modul cel mai eficient	(Stark, 2004)
Un model de afaceri orientat pe ciclul de viață al produsului, sprijinit pe tehnologia informației și comunicațiilor, în care datele referitoare la produs sunt împărțite între actorii, procesele și organizațiile din diferitele faze ale ciclului de viață al produsului, pentru realizarea performanțelor și sustenabilității dorite pentru produs și pentru serviciile asociate	(Terzi, 2005)
Sistem cuprinzător de informații care coordonează toate aspectele produsului, de la conceptul inițial până la eventuala sa retragere. Uneori este denumit „coloana vertebrală digitală” a produsului;	PC Magazine Encyclopedia (2010)
Un depozitar pentru toate informațiile care afectează produsul.	Active Sensing, Inc. (2009)

Analizând diferitele concepte, se poate defini PLM ca: „*Managementul tuturor proceselor din cadrul unei companii, pentru concepția, dezvoltarea, producția, lansarea și mentenanța unui produs, facilitând gestiunea informațiilor,*

colaborarea între departamente, indiferent de discipline, cultură sau domenii, și între membrii unei echipe de proiect aflați în diverse locații. Pentru un management optim a informațiilor și a tuturor partenerilor, PLM trebuie să fie ușor de implementat și de utilizat”.

2.3.2 Componentele PLM

PLM reprezintă mult mai mult decât suma unor componente – *Virtual Design* (VD sau CAD), *Engineering Data Management* (EDM), *Product Data Management* (PDM), *Virtual Manufacturing* (VM sau CAM), *Digital Manufacturing* (DM) etc.

Virtual Design (VD) se referă la proiectarea și reprezentarea grafică a obiectelor fizice cu ajutorul computerului, într-un mediu virtual. În trecut, reprezentarea grafică a informației se realiza pe hârtie, fiind foarte greu de gestionat și modificat. Dezvoltarea tehnologică a permis apariția unor sisteme complexe de reprezentare grafică 2D și 3D a informației într-un mediu virtual, de multe ori mult mai precisă decât în realitate (datorită erorilor de prelucrare). Aceste aplicații software (AutoCAD, Creo, NX, Catia etc.) se referă la prima etapă din ciclul de viață al unui produs, și anume la *concepție*. Avantajul acestor aplicații de concepție colaborativă constă în faptul că informația există într-un mediu virtual 3D (prototipul virtual), produsul se poate optimiza din punct de vedere al designului înainte de a se realiza fizic, informația se poate transmite foarte ușor atât în cadrul companiei cât și în exteriorul acesteia. Având prototipul virtual 3D optimizat, se pot ulterior genera desenele de execuție 2D.

Engineering Data Management (EDM). În timp ce aplicațiile pentru virtual design au fost mult timp considerate nucleul PLM, există și alte puncte cheie și informații despre produs, cel puțin la fel de importante. Aplicațiile ce generează modele 3D, așa cum se știe, descriu un produs pe baza informațiilor geometrice, dar nu îl descriu în totalitate. Reprezentarea grafică trebuie să fie însoțită și de o altă informație, numită caracteristică (metadata). Caracteristicile sunt acele informații care descriu produsul: *toleranțe, restricții de greutate, material etc.* Aceste caracteristici trebuie să fie asociate reprezentării geometrice. O metodă eficientă de a capta acest tip de informație a fost utilizarea unei aplicații foarte răspândite în toate companiile și ușor de personalizat, și anume Microsoft Excel. Această aplicație a permis personalizarea tipurilor de informații asociate unui model virtual: lista de materiale și caracteristicile componentelor. Există totuși un mare dezavantaj în ceea ce privește implementarea acestui tip de informație în PLM, și anume imposibilitatea de a lucra în cadrul organizației pe aceeași listă cu materiale și caracteristici. Acest mod de lucru permite doar lucrul individual, fiecare utilizator putându-și crea propria listă.

Product Data Management (PDM). Aplicațiile PDM au dezvoltat o nouă metodă de a organiza informațiile în formate diferite, modele virtuale și EDM, într-o singură bază de date. PDM a propus un mod nou de a organiza diferitele tipuri de formate virtuale pe care o organizație le produce într-un timp destul de mic.

Într-o primă fază a dezvoltării, PDM a permis companiilor să capteze informațiile din modelul virtual produse de către utilizatori și să le transforme în capital intelectual al companiei. Acest lucru a fost posibil și prin adăugarea în baza de date a vechilor arhive, create anterior implementării PDM. În timp ce anumite sisteme PDM începeau să încorporeze anumite procese sub forma de *workflow* (fluxuri de informații), alte sisteme PDM doar gestionau informațiile despre produs. Un prim pas o dată cu implementarea PDM într-o companie, a fost acela de a înlocui

vechea arhivă de pe hârtie cu una în format electronic. Pe măsura dezvoltării sistemelor PDM, a fost necesară posibilitatea de configurare a acestor sisteme, astfel încât să permită implementarea în companii cu diferite domenii de activitate, dar și de a permite implementarea proceselor și practicilor din cadrul companiei.

Virtual Manufacturing (VM). Acest concept a luat naștere plecând de la premiza că informația poate și trebuie să fie partajată (*shared*) între departamentele unei întreprinderi. În mod specific, informațiile despre produs provenite de la departamentul de proiectare pot fi transferate și folosite de către departamentul de producție (fabricație) în format electronic. Acest fapt extinde termenul CAM (*Computer Aided Manufacturing*) care reprezintă modalitatea de a realiza programe cu comandă numerică plecând de la un model CAD.

Aplicațiile pentru *Virtual Manufacturing* trebuie să fie scalabile, astfel încât să permită transferul informației despre produs de la departamentul CAD, dar și să poată fi gestionate folosind o aplicație PDM.

Digital Manufacturing (DM). În ultimii ani, o dată cu dezvoltarea tehnologiei, a apărut conceptul de fabricație digitală. Pentru a înțelege acest concept, se pleacă de la premiza că implementarea PLM într-o companie aduce cele mai mari beneficii departamentului de fabricație.

Fabricația digitală este o abordare ce implică oameni, procese/practici și tehnologie, care folosește informațiile PLM pentru a planifica, proiecta și fabrica primul produs, apoi optimizează procesele de fabricație pentru restul produselor ce urmează a fi fabricate, folosind minimum de resurse.

Ca și termenul PLM, fabricația digitală include aceleași elemente: oameni, procese și tehnologie, cu diferența că aici se pune accentul pe tehnologie. Termenul „digital” sugerează faptul că un rol foarte important în fabricația digitală îl are computerul, cu ajutorul căruia se realizează fabricația. Factorul uman are un rol mic în acest tip de fabricație. Spre exemplu, pentru fabricația digitală ce implică roboți industriali - pentru sudură, manipularea obiectelor, vopsire, omul programează (cu ajutorul unui computer) robotul să realizeze un anumit proces.

2.3.3 Modelul PLM

În Fig. 2.14 se poate observa un model PLM ce cuprinde toate etapele din ciclul de viață al unui produs, precum și aplicațiile care fac posibilă parcurgerea acestor etape.

Planificarea (Planning). În această etapă, pe baza analizelor de marketing se stabilesc cerințele funcționale ale unui nou produs. Dezvoltarea produsului este realizată de către departamentul de creație.

Studiul conceptual (Styling). În această etapă, pe baza cerințelor funcționale, se realizează un prototip virtual ce înglobează forma și aspectul noului produs. Aplicațiile care fac posibil acest lucru sunt aplicațiile CAD (Creo, Catia (V5, V6), SolidWorks etc.), care permit modelarea suprafețelor complexe.



Fig. 2.14 Model PLM (Siemens PLM, 2010)

Concepția (Design). În cadrul departamentului de proiectare – presupune modelarea 3D, plecând de la aspectul exterior (definit în etapa precedentă) și folosind aceleași aplicații de virtual design cu module specifice pentru realizarea fiecărui reper component al produsului. Aceste module pot fi: Part (proiectarea 3D a reperelor), Sheet Metal (proiectarea 3D a tablelor îndoite), Assembly (proiectarea 3D a ansamblurilor). Tot în această etapă se realizează prototipul virtual, ce respectă atât forma cât și cerințele tehnice funcționale.

Realizarea documentației tehnice (Document). Având prototipul virtual, în această etapă se poate obține documentația tehnică, mai corect spus desenele 2D. Tot cu aceleași aplicații CAD, luând în considerare modelul 3D, se pot genera desenele 2D conform standardelor de desenare în vigoare.

Analiza, simularea și validarea prototipului virtual (Simulation). Pentru a fi siguri că produsul va rezista tuturor solicitărilor în timpul funcționării, se poate face o analiză cu elemente finite pentru a verifica rezistența la anumite solicitări. Astfel, folosind aplicații specifice CAE (Femap cu NX Nastran, Ansys etc.) se optimizează produsul pentru a putea funcționa conform specificațiilor tehnice.

Proiectarea dispozitivelor de prelucrare (Tooling). Presupune proiectarea dispozitivelor pentru prelucrarea componentelor.

Pregătirea fabricației (Machining) - Utilizând aplicații CAM (NX CAM, Powermill, Catia etc.), și având ca și punct de plecare modelul 3D, se obține programul de prelucrare pentru mașinile cu comandă numerică.

Pregătirea liniei de fabricație (Part). Este etapa în care se organizează linia de producție a reperelor.

Pregătirea asamblării (Assembly). Este etapa în care se organizează linia de asamblare a reperelor prelucrate anterior.

Gestionarea resurselor de fabricație (Resource) – Pentru realizarea produsului la costuri cât mai reduse, este necesar ca resursele de fabricație (mașini unelte, scule, materii prime etc.) să fie bine gestionate, astfel încât producția să se realizeze în mod continuu și optim. Gestionarea resurselor se face de către proiectanții de procese de fabricație.

Proiectarea fabricii (Plant) Tcmfg + Plant Simulation. Încă din faza de proiectare se cunosc informațiile despre produs de genul elemente componente (repere), caracteristici de calitate și tehnice, procedee și modalități de fabricație. Așadar, pentru optimizarea producției unui produs, în această etapă se realizează amplasarea mașinilor unelte în fabrică (sau după caz în atelier), se stabilesc fluxurile (traseele) de circulație a reperelor în celula de fabricație (în funcție de fișa tehnologică – sau de operații). În final, după stabilirea acestor parametri (folosind de exemplu aplicația Teamcenter Manufacturing), se poate face o simulare a producției, iar după caz aceasta se poate optimiza.

Gestionarea resurselor umane (Human Resources). Managerii de proiect din cadrul departamentului de proiectare au posibilitatea de a gestiona atât proiectele cât și resursele umane cu care se face proiectarea. În cazul proiectării proceselor de fabricație (în departamentul de fabricație), proiectanții de tehnologie au la dispoziție o serie de resurse ale fabricii, printre care și operatorii umani ai mașinilor unelte sau cei care fac asamblarea sau vopsirea.

Controlul calității (Quality). Are loc după ce se realizează fabricația și presupune compararea specificațiilor cu produsele fabricate. Prin aplicațiile PLM, eventualele defecte de fabricație se înregistrează în sistem și se transmit departamentului de proiectare / fabricație pentru a corecta greșelile.

2.3.4 Tendințe pe piața soluțiilor PLM

Furnizorii de produse software PLM încearcă să își construiască mijloacele mai ușor de folosit și de integrat în tehnologiile intens folosite de către companiile mici și mijlocii. Un astfel de exemplu este parteneriatul pe cinci ani anunțat în noiembrie 2004 dintre Microsoft Corp și Dassault Systems SA. În urma acestui acord, produsele Dassault 3D SolidWorks și soluțiile software PLM precum Catia, Delmia și Enovia au fost integrate cu produse Microsoft, ca Microsoft SQL Server, BizTalk Server, server pentru SharePoint Portal sau produsele .Net.

Produsele integrate au pus la dispoziția producătorilor modalități mult mai ușoare de a crea, edita și împărți informații legate de produse, precum și desene, între mediile Microsoft și Dassault Systems. O astfel de interoperabilitate este crucială pentru a impulsiona adoptarea PLM de către companiile mici și mijlocii, care sunt centrate pe produsele Microsoft.

Dassault Systems nu este singura companie care încearcă prin această modalitate să sporească interesul companiilor mici și mijlocii pentru soluțiile PLM. Și alte companii, ca Parametric Technology, Agile Software sau MatrixOne Inc. au apelat la strategii similare.

Astfel de mișcări survin într-o perioadă în care adoptarea tehnologiilor PLM – în mod tradițional folosite numai de companiile foarte mari – pare să câștige atenția micilor producători.

Scopul platformelor PLM este acela de a ajuta corporațiile să țină evidența datelor legate de produse, atât în interiorul cât și în exteriorul companiei. Informațiile conținute în aceste sisteme includ, de cele mai multe ori, fișiere provenite din activitățile de virtual design, care sunt robuste și conțin informații esențiale despre produse, începând cu componentele de calculatoare și ajungând până la motoare de avioane. Mai nou, PLM este promovat ca o cale pragmatică prin care întreprinderile își pot include furnizorii, partenerii și clienții în construirea și dezvoltarea produselor.

Beneficiile soluțiilor PLM vizează nu numai performanțele afacerii, dar și organizația, utilizatorii, produsele și performanțele proceselor. Beneficiile în ceea ce privește performanța afacerii sunt:

- facilitează noile oportunități pentru afacere;
- suportă managementul calității;
- stimulează inovațiile, permite flexibilitatea și un mai bun management în companii;
- suportă legislația și cerințele din industrie;
- suportă întregul ciclu de viață al produselor;
- îmbunătățește viteza ciclului de afaceri.

Beneficiile aduse organizațiilor sunt:

- îmbunătățirea comunicării în cadrul corporației;
- oferă posibilitatea schimbărilor organizaționale;
- susține independența sistemului de operare și a hardware-ului;
- furnizează accesul securizat la informații.

Dintre beneficiile pentru utilizatori amintim:

- furnizează o sursă consistentă de date;
- pune la dispoziție accesul la cunoștințe;
- pune în legătură oamenii;
- îmbunătățește productivitatea personală.

Principalele avantaje și dezavantaje ale soluțiilor PLM sunt prezentate în Tab. 2.4.

Tab. 2.4 Principalele avantaje și dezavantaje ale soluțiilor PLM

Avantaje	Referințe
Valorificarea și reutilizarea cunoașterii	(Ducellier, 2008)
Reducerea costurilor prin intermediul asigurării digitale a proceselor de fabricație	(Miller, 1998).
Creșterea productivității, a eficienței, îmbunătățirea calității produselor, comunicarea, coordonarea și colaborarea	(Ming, 2005)
Facilitarea procesului de gestionare a informațiilor	(Monticolo, 2008)
Îmbunătățirea comunicării în cadrul corporației;	(CIMdata, 2009)
Îmbunătățirea calității produselor și reducerea costurilor referitoare la calitate cu 20%	(CIMdata, 2003)
Scurtarea timpului până la lansarea produsului pe piață (cu aproximativ 30 %)	Dassault Systèmes. (2011)
Reducerea costurilor de dezvoltare cu 24 %	(Merlo, 2009)(Paviot, 2009)
Dezavantaje	
Integrarea dificilă a platformelor PLM în cadrul companiilor	CEO Westford (2010)
Costuri ridicate pentru implementare și managementul programelor	AMR Research Inc. din Boston (2002)
Probleme de interoperabilitate între programele integrate în cadrul platformelor PLM	(Merlo, 2009), (Paviot, 2009)

2.4 Managementul datelor de produs (PDM)

2.4.1 Rolul PDM

Considerată o componentă esențială a strategiei PLM, gestionarea patrimoniului informațional din ciclul de viață al produsului face parte din activitățile științifice și industriale importante (Yan, 2008).

Problema de gestionare a activelor informatice s-a orientat către managementul de date și informații tehnice și a fost soluționată prin introducerea de sisteme capabile de gestiune a datelor (Maurino, 1995) sau mai frecvent numite *Product Data Management* – PDM (Liu, 2001). Obiectivul acestor sisteme este de a oferi informații corecte, în formatul potrivit, la persoana potrivită, la momentul potrivit (Miller, 1998) (CIMdata_Incorporated, 2001).

În general, aceste platforme sunt concepute pentru a gestiona întreg procesul ingineresc (Helms, 2002):

- volumul de date care descriu produsul și procesele asociate;
- versiunile de date;
- utilizatorii implicați și accesul la date;
- diferitele schimbări de stare (status): variante de desene, versiuni de documente;
- arhivarea datelor;
- integritatea datelor;
- securitatea și confidențialitatea datelor;
- trasabilitatea datelor;
- aprobarea datelor.

Prin urmare, rolul PDM poate fi definit astfel (CIMdata_Incorporated, 1997): «*Product Data Management (PDM) este un mijloc care ajută la gestionarea atât a datelor de produse cât și a procesului de dezvoltare a produsului. Sistemele PDM țin evidența datelor și informațiilor necesare pentru proiectarea, fabricarea cât și mentenanța produselor, pe parcursul întregului ciclu de viață al acestora.*»

În urma unui studiu cu privire la importanța vizualizării datelor și a sistemelor CAPP și PDM într-o abordare globală, s-a propus să se integreze funcționalitatea sistemelor de CAAPP (*Computer Aided Assembly Process Planning*) într-un sistem PDM pentru a oferi un cadru metodologic pentru controlul de date și de structura de date, pentru a colecta date despre ansamblul produs-proces (Bowland, 2003).

Această tendință a fost susținută în (Bouikni, 2005) și (Bouikni, 2008), un model numit VECP (Validare de Evoluție a Caracteristicilor Produsului) fiind descris pentru a controla fluxul de informații necesare pentru a sprijini definirea evoluției produsului, asigurând în același timp validarea acestuia de către departamentele afectate (Demoly, 2010).

Mai recent, (Weber C., 2002) a propus un sistem de sprijin PDM ce suportă dezvoltarea avansată, concentrată pe proprietățile produsului (*Property-Driven Development / Design - PDD*), prin manipularea caracteristicilor de inginerie predeterminată (structura, forma și materiale), proprietăți (comportamentul de produs), precum și interdependențele lor în produs.

Multitudinea de publicații emise de către CIMdata în ultimul deceniu subliniază necesitatea de a extinde gestionarea datelor, informațiile despre produs prin intermediul ciclului său de viață. Strategia PDM trebuie să „sprijine

managementul datelor, informațiilor, cunoștințelor și abilităților necesare livrării produselor cu o calitate ridicată” (Sudarsan, 2005).

Aceasta implică soluționarea problemelor de integrare și de flexibilitate în gestionarea activelor de informații legate de ciclul de viață a produsului.

În acest context, pot fi identificate câteva probleme științifice, cum ar fi:

- gestionarea integrată și manipularea inteligentă a informațiilor prin diferite niveluri de luare a deciziilor;
- asigurarea unui grad de flexibilitate între PDM și PLM;
- optimizarea modelului de produs, prin intermediul asocierii dintre obiectele tehnice, în scopul de a facilita înțelegerea produsului prin intermediul ciclului său de viață.

Relațiile complexe dintre componentele produsului trebuie să fie luate în considerare, cum ar fi asociativitatea în PLM și transmiterea informațiilor de la un component la altul în cadrul platformei.

2.4.2 Sistemul PDM

Sistemul de management al datelor de produs (PDM) a apărut pentru a controla și a gestiona toate informațiile generate de diverse departamente. Necesitatea de a avea acces la datele validate rapid, simplu și sigur, în timpul procesului de proiectare, a fost motivul principal pentru dezvoltarea de astfel de sisteme. Caracteristica principală a PDM a fost de a furniza datele cerute de către utilizator și pentru a asigura integritatea acestora când sunt realizate modificări noi, realizate de alți utilizatori (CIMdata, 1998).

Prima versiune de PDM nu a corespuns așteptărilor, cum ar fi achizițiile publice, marketing sau logistică, în afară de inginerie. Inițial, această variantă nu a fost utilizată pentru managementul diverselor tipuri de date (doar geometrie, BOM - *Bil Of Material* și modele de calcul). Din 1990, societățile în curs de dezvoltare utilizează acest tip de mijloace care sunt integrate în sistemele ce utilizează tehnologii Internet.

Totuși, platformele PDM au rămas concentrate pe procesul de gestionare a documentelor tehnice necesare caietului de sarcini. Prin urmare, era încă imposibil de a gestiona toate datele referitoare la întregul ciclu de viață al unui produs.

În scopul de a unifica toate aceste mijloace, conceptul de PLM a apărut mai târziu, la sfârșitul anilor '90. Obiectivul principal al PLM a fost de a identifica aspectele datelor unui produs, oferind o platformă comună pentru crearea, organizarea și distribuirea tuturor informațiilor referitoare la produs. PLM este încercarea de a integra principiul de PDM și în cadrul altor departamente, cum ar fi marketing, vânzări sau servicii de post-vânzare. Cu alte cuvinte, PDM conține în sine programele necesare pentru a reduce separarea dintre procesele de business existente și procesul de design de produs în cadrul companiilor (Saaksvuori, 2005).

Soluțiile PDM permit schimbul de informații între experții unei echipe de proiect utilizând o singură bază de date. Cele mai recente sisteme de gestiune a datelor de produs sunt: ENOVIA, Windchill, Teamcenter, Agile, PDMWorks, etc.

Pentru (Siemens PLM, 2013), PDM reprezintă software de administrarea a datelor legate de produs și procese într-un sistem central. Aceste informații, date, includ modele 3D, informații despre piese de schimb, instrucțiuni de fabricație, cerințe, note și documente. Sistemul PDM ideal este acela care poate fi accesat de către mai multe aplicații și mai multe echipe dintr-o organizație și sprijină nevoile specifice.

Ca o concluzie, alegerea platformei PDM poate oferi o soluție solidă unei companii, iar aceasta poate fi implementată cu ușurință într-o platformă completă de *Product Lifecycle Management (PLM)*.

La baza acesteia, un sistem PDM oferă soluții pentru gestionarea securizată de date, procesul de schimbare și managementul configurației.

Gestionarea securizată a datelor. Sistemul PDM are capacitatea de a gestiona informațiile despre produs, asigurându-se că informațiile sunt furnizate utilizatorilor de-a lungul întregului ciclu de viață, în contextul corect. PDM are capacitatea de control a versiunii (*check-in* și *check-out* de fișiere), de management al reviziilor, precum și de stare a modificărilor.

Procesul de schimbare. Reprezintă capacitatea sistemului de a permite atât echipelor interne de concepție de produse cât și partenerilor externi a participa la ciclul de viață al produsului. Un sistem PDM poate ajuta să se stabilească, să se gestioneze și să se execute un flux de lucru automat, bazat pe procese care reflectă cea mai bună metodă pentru planificarea schimbării.

Managementul configurației. Un sistem PDM oferă vizibilitatea necesară pentru gestionarea și prezentarea unei liste complete de materiale (BOM – *Bill of Material*). Aceasta facilitează alinierea și sincronizarea tuturor surselor de date BOM, precum și toate fazele ciclului de viață.

Persoanele care beneficiază de gestionarea datelor, a informațiilor și de raportare a capacităților sistemelor PDM sunt: managerii de proiect, inginerii, oamenii de vânzări, cumpărătorii și echipele de asigurare a calității. Sistemul PDM oferă companiilor:

- găsirea datelor corecte rapid;
 - îmbunătățirea productivității și reducerea timpul ciclului de concepție;
 - reducerea erorilor de dezvoltare și costurile aferente acestora;
- optimizarea resurselor operaționale.

2.4.3 Interoperabilitatea în sistemele PDM

Una dintre problemele care apar în sistemele PDM este cea de interoperabilitate.

Informațiile trebuie să fie coerente și compatibile cu utilizarea specifică în interfața de aplicații din cadrul întreprinderii, în orice stadiu al ciclului de viață al produsului.

Cele mai multe abordări privind interoperabilitatea în companii are ca obiectiv principal ajustarea și adaptarea tipurilor și structurilor de date necesare pentru punerea în aplicare a colaborării. Inițiative de standardizare (ISO și IEC) încearcă să răspundă la problema de gestionare a informațiilor eterogene împrăștiate în cadrul organizațiilor, prin formalizarea cunoștințelor referitoare la datele de produse tehnice.

Un obiectiv al cercetării este de a studia problema interoperabilității la aplicațiile utilizate în mediul de concepție colaborativă, pentru a defini un model de cunoaștere ontologică a întreprinderilor, referitor la produsele pe care le fabrică, pe baza datelor tehnice, asigurând interoperabilitatea sistemelor din întreprinderi cu ajutorul unor programe nu foarte scumpe, mai avantajoase pentru companiile mici și mijlocii.

O problemă de neînțelegere poate apărea atunci când se face schimb de informații între aplicațiile din cadrul întreprinderii, ca urmare a punctelor de vedere

diferite pentru care au fost dezvoltate și, prin urmare, apare un risc de pierdere a informațiilor la schimbul între sisteme eterogene.

Acest "efect de turn Babel", indus de eterogenitatea de aplicații, de domeniile și de utilizatorii lor, poate provoca diverse probleme care conduc aplicațiile să eșueze la colectarea de informațiilor din surse diferite.

Interoperabilitatea poate fi definită ca „abilitatea a două sau mai multe sisteme sau componente de a face schimb de informații și de a utiliza informațiile care au fost schimbate” (IEEE, 1990).

În urma analizei, (Vernadat, 1996) definește interoperabilitatea ca fiind capacitatea de a comunica cu diferite sisteme și accesul la funcționalitatea acestora.

În urma interoperabilității sau interschimbabilității rezultă că orice dispozitiv poate fi înlocuit cu unul similar, toate aplicațiile de pe dispozitivul înlocuit putând să funcționeze ca înainte de înlocuire, dar cu posibile răspunsuri dinamice diferite.

Dacă o aplicație (de fabricație), este considerată ca o combinație de un set de procese, un set de resurse, precum și un set de structuri de informații, care sunt împărtășite și schimbate între resurse (ISO 15745), înseamnă că interoperabilitatea este realizată numai în cazul în care interacțiunea dintre două sisteme are loc la cele trei niveluri: date, resurse și procese din companiei. Standardul ISO 16100 (2002) definește interoperabilitatea software ca și capacitatea de a împărtăși schimbul de informații folosind sintaxa și semantica comună pentru a satisface o relație, aplicație sau funcționalitate specifică, prin utilizarea unei interfețe comune.

Ca o concluzie: *aceste definiții se concentrează pe partea tehnică de interoperabilitate, mai exact, interoperabilitatea este considerată a fi capacitatea mai multor tipuri de calculatoare, rețele, sisteme de operare, aplicații, de a lucra împreună în mod eficient, fără comunicare prealabilă, în scopul de a face schimb de informații într-un mod util și semnificativ.*

În Fig. 2.15 se poate observa că pentru realizarea unui proces de concepție colaborativă, în cadrul unei companii, este nevoie de interoperabilitate între programele din companie și între diversele departamente. De aceea, au fost elaborate și propuse diverse standarde pentru zona de interoperabilitate a sistemelor întreprinderii.

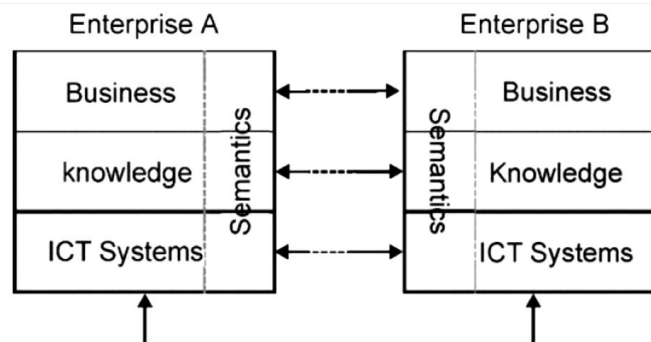


Fig. 2.15 Interoperabilitatea la diverse niveluri în companie (Tursi, 2009)

În general, standardele sunt elaborate cu scopul de a oferi mijloace și tehnologii pentru a integra software de management de afaceri între partenerii de afaceri.

În acest domeniu, standardele pot fi clasificate în două tipuri (Bussler, 2003):

- standarde de portabilitate, care permit un program executabil, pentru a rula în contexte diferite de sistem;
- standarde de interoperabilitate, care permit unui program să comunice cu un alt program, fără să fie necesară punerea în aplicare a tehnologiei complexe.

Privind la literatura de specialitate, este posibil să se identifice trei categorii principale de standarde de interoperabilitate (Fig. 2.16) (Terzi, 2005):

- standarde care acoperă faza de dezvoltare de produs;
- standarde care acoperă faza de producție, de mărfuri;
- norme privind faza de utilizare a produsului.

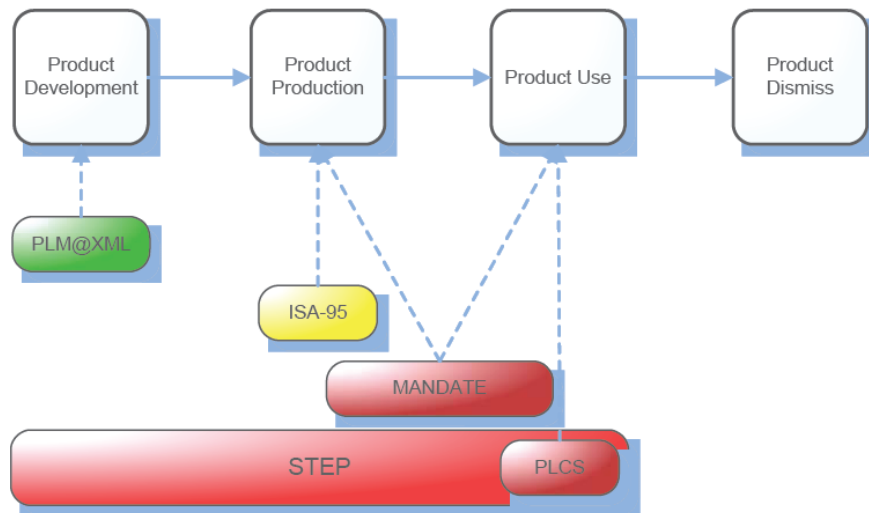


Fig. 2.16 Standarde pentru ciclul de viață al produsului (Terzi, 2005)

În faza de dezvoltare de produs, standardele utilizate sunt ISO 10303 și PLM @ XML (Siemens PLM, 2013).

Cel mai important și acceptat standard este STEP (ISO 10303).

PLM @ XML derivă parțial din STEP, chiar dacă acesta este în prezent menținut de către EDS (Electronic Data Systems Corporation).

PLM @ XML oferă un cadru de referință și un format de date de referință, bazate pe XML, pentru principalele sub-faze de dezvoltare a produsului, de la concepție la proiectare.

În faza de producție, principalele două "fluxuri" de standarde de interoperabilitate ar putea fi:

- standarde care se ocupă cu sistemele IT pentru managementul producției;
- standarde care se ocupă cu mijloacele ITC ce sprijină alte activități de gestionare a operațiilor.

Interoperabilitatea este conceptul care caracterizează compatibilitatea și inter-conectivitatea de software eterogen și arhitecturi hardware. În producție, domeniul său de aplicare a stabilit o punte de legătură între inter-conectivitatea de soluții *enterprise* eterogene de calcul (sisteme de informare, baze de date, ERP) și

inter-conectivitatea proceselor funcționale de creare a valorilor (modele de afaceri), puse în aplicare într-o rețea eterogenă de actori economici (contractori, subcontractori, furnizori) (Auzelle, 2009).

În Fig. 2.17 se poate observa că în cadrul unei companii este nevoie de interoperabilitate atât pentru buna desfășurare a procesului de dezvoltare al unui produs cât și al fluxului de informații.

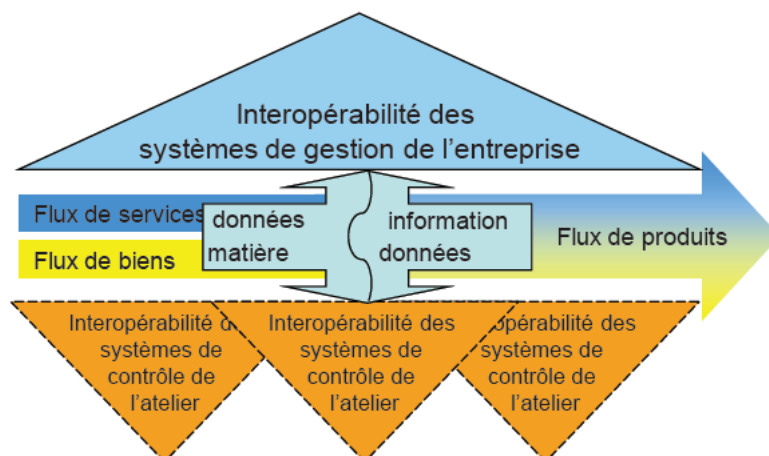


Fig. 2.17 Interoperabilitatea în controlul prelucrărilor unui produs (Morel, 2007)

Interoperabilitatea este indispensabilă în cadrul sistemelor interne din interiorul companiilor, indiferent de mărimea acestora. Aspectele cantitative ale interoperabilității fac obiectul de lucru în curs de desfășurare (Ford ș.a., 2007).

Interoperabilitatea a inspirat foarte mult comunitatea academică și militară, în scopul de a identifica și de a propune o tipologie de metrice (Tab. 2.5) pentru a descrie mai bine aspectele sale calitative.

Pe baza interoperabilității dintre sisteme se pot evidenția următoarele 5 tipuri de sisteme:

- *Sisteme izolate*: nici o legătură existentă. Sistemele trebuie să schimbe date sau servicii, dar nu pot interacționa în mod direct;
- *Sisteme conectate*: schimburi omogene posibile. Sistemele sunt conectate electronic de legături de tip *peer-to-peer*. Acest lucru poate implica, pur și simplu, schimbul de fișiere între sisteme. Tipurile de fișiere sunt de obicei eterogene, în funcție de contextul lor (de exemplu: text, bmp, gif, tif, etc.);
- *Sisteme distribuite*: conectate la mai multe sisteme într-o rețea LAN. Interesul de acest nivel este de acces la sisteme sau aplicații pentru a face schimb de date prin intermediul Web;
- *Sisteme integrate*: aplicații de partajare și de date. Acest tip de sistem este caracterizat prin mai multe interacțiuni între aplicații. Sistemele și aplicațiile sunt interconectate, dar funcționează, în general, pe un singur set de date funcționale;
- *Sisteme universale*: sisteme comune, la nivel de întreprindere. Este scopul final de interoperabilitate a sistemelor de căutare de informații, prin activități și domenii funcționale de informații (inteligentă, logistică,

etc.). La nivel de întreprindere, informațiile sunt împărtășite global, printr-o arhitectura distribuită.

Tab. 2.5 Principalele modele de interoperabilitate și organizații care le folosesc

Modele	Organizații	Referințe
SoIM	Defense Information systems Agency (DISA)	(LaVean, 1980)
QoIM	MITRE corporation	(Mensh, Kite, & Darby, 1989)
LISI		(C4ISR, 1998)
MCISI	Military University of Technology, Warsaw, Poland	(Armanowick & Gajewski, 1996)
IAM	Joint Theater Air and Missile Defence Organization (JTAMDO) contractor SIM, Inc	(Leite, 1998 (revised Aug. 2003))
OIM	Australian Defence Science and Technology Organization (DSTO)	(Clark & Jones, 1999)
OIAM		(Kingston, Fewell, & Richer, 2004)
Stoplight	Joint Forces Command (JFCOM) Joint Forces Program Office (JFPO)	(Hamilton, Rosen, & Summers, 2002)
LCI	Old Dominion University Virginia Modeling	(Tolk & Muguira, 2003)
LCIM	Analysis And Simulation Center (Tolk, Beyond Technical Interoperability: Introducing a Reference Model for Measures of Merit for Coalition Interoperability, 2003)	
NMI / NIE	North Atlantic Treaty Organization (NATO) NATO Interoperability Environment	(NATO, 2003) (NATO, 2003) (revised 2005) (Moxley, Simon, Wells, 2001)
SoSI	Carnegie Mellon Software Engineering Institute (CMU-SEI)	(Morris, Place, Smith, 2006)
NTI	Defence Science and Technology Laboratory (DSTL) and Contractor, QinetiQ, plc	(Stewart, Clarke, Goillau, & Varrall, 2004)
EIF	Interop Enterprise Interoperability Framework	(Chen et al., 2006) (CEN/ISO-11354-1, 2008)
ATHENA	Interoperability Framework and Services for Networked Enterprises	(ATHENA-IP, 2007)
i-Score	Air Force Institute of Technology (AFIT)	(Ford, Colombi, Graham, Jacques, 2007)

În urma analizei conceptului PDM se pot extrage și structura câteva definiții și caracteristici ale acestuia (Tab. 2.6).

Tab. 2.6 Principalele caracteristici și definiții ale PDM

Principalele caracteristici și definiții ale PDM	Referințe
Mijloc care ajută la gestionarea atât a datelor de produs cât și la procesul de dezvoltare a acestuia	(CIMdata Inc., 2002)
Platforme care au scopul de a sprijini managementul datelor, informațiilor, cunoștințelor și abilităților necesare livrării produselor cu o calitate ridicată	(Sudarsan, 2005)
Platforme ce înglobează programele necesare pentru a reduce separarea dintre procesele de business existente și procesul de concepție a produsului în cadrul companiei	(Saaksvuori, 2005)
Platforme în care accentul este pus pe gestionarea și urmărirea, crearea, modificarea și arhivarea tuturor informațiilor referitoare la un produs. Informațiile sunt stocate și gestionate pe unul sau mai multe servere.	(Kropsu-Vehkaper, 2009)

Totodată, se pot evidenția principalele avantaje și dezavantaje ale PDM (Tab. 2.7).

Tab. 2.7 Principalele avantaje și dezavantaje ale PDM

Avantaje	Referințe
Oferirea unui cadru metodologic pentru controlul de date și de structură de date	(Demoly, 2010)
Controlul fluxului de informații necesare pentru a sprijini definirea evoluției produsului	(Bouikni, 2005), (Bouikni, 2008)
Gestiunea integrată și manipularea inteligentă a informațiilor prin diferite niveluri de luare a deciziilor	(Sudarsan, 2005)
Schimbul de informații între experții unei echipe de proiect, utilizând o singură bază de date	(CIMdata 2010)
Gestiunea integrată a documentelor tehnice	(Lee, 1999)
Gestionarea securizată a datelor	(Chen ș.a., 2006)
Optimizarea resurselor operaționale	(CIMdata, 2011)
Optimizarea modelului de produs, prin intermediul asocierii dintre obiectele tehnice	(Chen ș.a., 2006) (Tremblay ș.a., 2006)
Dezavantaje	
Probleme de interoperabilitate	(Merlo, 2009), (Paviot, 2009)
"Efect de turn Babel", indus de eterogenitatea de aplicații, de domeniile și utilizatorii lor	(Demoly, 2010)
Probabilitate destul de ridicată de a avea sisteme izolate, datorită problemelor de interoperabilitate între acestea	(Ford, 2007)

2.5 Concluzii

În urma studiului bibliografic rezultă că domeniul ingineriei integrate tratează aspecte ale concepției de produs, managementul și transmiterea datelor de proiect. Acestea se pot elabora, dezvolta și gestiona eficient cu ajutorul platformelor PLM (*Product Lifecycle Management*).

Ca în toate tehnologiile, PLM este o construcție socială cu opinii și interese concurente. PLM este capabil să crească productivitatea, deoarece permite integrarea completă a tuturor informațiilor legate de un produs sau serviciu, în cadrul organizației producătoare.

PDM (*Product Data Management*) poate fi considerat motorul, inima PLM. Aplicația PDM, ca și principal suport pentru PLM, a fost creată și dezvoltată pentru a gestiona datele despre produs.

În momentul de față, majoritatea companiilor utilizează platforme PLM de la același dezvoltator. Acest lucru are dezavantajul major că unele platforme sunt greu de implementat, gestionat și utilizat. Această situație se poate îmbunătăți prin experimentarea și implementarea diferitelor soluții, de la diverși dezvoltatori, reducând astfel dezavantajele, deoarece unele aplicații PDM sunt mult mai ușor de utilizat, gestionarea și căutarea documentelor realizându-se mai simplu.

Structurile standardizate existente pe piață nu permit introducerea altor mijloace sau conlucrarea acestora cu structuri singulare. Pentru a soluționa problemele existente este necesară crearea unei platforme de concepție colaborative a produsului, utilizând diferite soluții PLM.

Crescând eficiența software și hardware se vor modifica și obiceiurile de lucru ale utilizatorului. În special creșterea capacității de memorie dă rezultatul unui

volum imens de date stocate. Pe de altă parte, cu toate acestea, utilizatorul modern este intens concentrat în folosirea datelor de *back-up*. În consecință, un mare număr de versiuni sunt înregistrate și stocate în cadrul unui proiect, în scopul de a asigura disponibilitatea continuă a datelor, în cazul în care acestea sunt din nou necesare. În plus, datele identice sunt adesea stocate redundant pe diferite servere.

Ca o concluzie, din analiza lucrărilor științifice și din sinteza cercetărilor bibliografice privind concepția colaborativă a produsului se pot pune în evidență următoarele perspective:

- în momentul de față, cadrul organizatoric este destul de static și rigid; astfel, posibilitatea dezvoltării unei metodologii de concepție colaborativă poate depăși limitările, prin găsirea de noi linii de cercetare;
- ținând cont de contextele organizaționale, se urmărește o mai bună interacțiune între zone de activitate (aspecte de interoperabilitate în medii eterogene);
- comunicarea între programele integrante ale platformelor PLM este destul de greoaie și informală, dar noile mijloace pot aduce un aport decisiv.

Problema managementului ciclului de viață al produsului este de mare interes pentru companiile mici și mijlocii. Rezultatele studiului realizat în jurul PLM a subliniat o serie de cerințe, în special în ceea ce privește metodologia de concepție a produsului, managementul datelor de produs, managementul schimbărilor în timpul procesului de concepție etc.

În urma studiului bibliografic, definim conceptul PLM ca: *„Managementul tuturor proceselor din cadrul unei companii, pentru concepția, dezvoltarea, producția, lansarea și mentenanța unui produs, facilitând gestiunea informațiilor, colaborarea între departamente, indiferent de discipline, cultură sau domenii, și între membrii unei echipe de proiect aflați în diverse locații. Pentru un management optim a informațiilor și a tuturor partenerilor, soluțiile PLM trebuie să fie ușor de implementat și de utilizat”*.

Pe baza analizei și sintezei efectuate se poate stabili ca **obiectiv general al cercetărilor**: *rezolvarea problemelor de concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM.*

Pentru îndeplinirea acestui obiectiv este necesară în primă fază elaborarea unui model de concepție bazat pe ontologie care să poată fi integrat în cadrul unei platforme de concepție colaborativă care conține soluții PLM.

3 MODELUL ONTOLOGIC AL PROCESULUI DE CONCEPȚIE A PRODUSULUI

3.1 Introducere

În domeniul concepției colaborative, managementul informațiilor și al cunoașterii este o problemă centrală. Cantitatea de informații accesate în acest domeniu este foarte mare, fiind necesară o metodă eficientă de acces la acestea, evitând ca „membrii echipelor de proiect să se înece în informații, având sete de cunoaștere” (Rezayat, 2000).

În cadrul concepției colaborative, managementul cunoștințelor și al informațiilor schimbate pe durata procesului de dezvoltare al unui proiect poate fi facilitată prin folosirea de ontologii (modele ontologice).

Ontologiile permit o formalizare informatică a informațiilor și a cunoștințelor. Această reprezentare a ontologiilor poate fi: cognitiv semantică (ontologii destinate pentru a fi utilizate de către utilizator), computațional - semantică (ontologii destinate pentru a fi utilizate de către sistemele informatice) sau o combinație a celor două.

Ontologiile pot fi considerate ca un instrument în activitățile ce preced procesul de concepție colaborativă al unui produs.

În cadrul proceselor de concepție colaborativă nu există o metodologie standardizată care să conțină toate procesele, fazele, etapele și activitățile ce trebuie urmărite și respectate pentru finalizarea cu succes a unui proiect / produs, pierzându-se astfel timp prețios din acțiunile repetitive din cadrul activităților de concepție. Astfel, se conturează obiectivul capitolului curent, care propune soluționarea acestui inconvenient prin elaborarea unei metodologii de concepție care ajută la ierarhizarea activităților în funcție de importanța acestora și de stadiul în care se află produsul conceput.

Principalul **obiectiv** al acestui capitol este de elabora o metodologie de concepție bazată pe un model ontologic, în vederea dezvoltării unui mediu de concepție colaborativă a produsului.

În acest scop este necesară parcurgerea următoarelor etape:

- clarificarea conceptului de ontologie;
- analiza procesului de concepție și elaborarea unui algoritm ce evidențiază interdependența dintre activitățile și fazele necesare pentru concepția produsului;
- crearea ontologiei de concepție a produsului;
- modelarea procesului de concepție a produsului pornind de la fazele, etapele și acțiunile ce sunt parte integrantă a acestui proces.

3.2 Conceptul de ontologie

3.2.1 Definiții ale ontologiei

Termenul de ontologie a fost introdus în 1613 de filozoful german Hoklenium, pentru a desemna știința universală despre ființa ca atare, dar acest tip de reflecție filozofică se găsea deja la Aristotel, care o denumise pentru prima dată „prima filosofie”. Mai târziu, pentru ontologie s-a folosit și termenul de metafizică. În secolul al XVIII-lea, filozoful german Wolff numea o metafizică generală, iar Kant distingea ontologia ca parte a întregului sistem al metafizicii, alături de psihologie, cosmologie și teologie rațională.

În ontologia analitică modernă, în cadrul filosofiei analitice, sunt cercetate categoriile fundamentale: lucru, calitate și eveniment, precum și unele noțiuni ca parte și întreg, dependent și independent, care sunt atribute ale unor anumite entități. Pe primul plan se situează problema felului cum se comportă o categorie față de alta și dacă o anumită categorie poate fi caracterizată drept fundamentală. De aici se desprind și unele trăsături comune cu chestiunile de bază ale informaticii.

Ontologia, ca domeniu, este parte a filosofiei care se ocupă cu natura și organizarea de o realitate a priori. Realitatea, în contextul nostru, este lumea industrială și, mai precis, ciclul de viață al produsului.

La începutul anilor '90, pe baza unui efort de a crea standarde de interoperabilitate, s-a creat o întreagă gamă de tehnologii care recunosc valoarea ontologiilor ca standard în sistemele bazate pe cunoștințe (Neches, 1991). După această etapă, ontologia a devenit un termen tehnic folosit pe scară largă, mai ales în domeniul științei calculatoarelor.

Ontologiile au fost dezvoltate în mediul virtual, pentru a facilita partajarea, organizarea și reutilizarea cunoștințelor și a informațiilor.

Definiția ontologiei, conform dicționarului, este: "Organizare ierarhică a cunoștințelor despre un set de obiecte, prin gruparea acestora în sub-categorii, în funcție de caracteristicile lor esențiale, concepte legate de Semantic Web în reprezentarea cunoașterii: rețele semantice, hărți conceptuale, grafice conceptuale".

(Tursi, 2009) definește ontologia ca un mijloc puternic de a rezolva problema de stocare eficientă și de extragere a cunoștințelor, deoarece aceasta este realizată pentru a specifica modelul conceptual al unei informații sau al domeniului de cunoștințe în mod explicit. Din acest motiv, ontologia poate fi utilizată în susținerea schimbului de informații, de cunoștințe între diferite organizații, fiind foarte utilă în rezolvarea problemei interoperabilității din cadrul companiilor.

O definiție semnificativă este dată de către (Gruber, 1993): „Ontologia este o specificație formală și explicită a unei conceptualizări partajate”.

Prin „conceptualizare” se înțelege un model abstract al unui proces, prin care se pot identifica conceptele relevante; prin „explicit” se face referire la tipul de concept utilizat și constrângerile acestuia. Termenul de „formal” face referire la faptul că ontologia trebuie înțeleasă de sistemul de management al datelor (de sistemul de calcul) (Tursi, 2009).

(Borst, 1997), care a investigat reutilizarea ontologiilor din inginerie, extinde definiția dată de Gruber, subliniind că, în scopul de a fi utilă, o ontologie ar trebui să fie reutilizabilă și partajată între mai multe aplicații. Noua definiție elaborată de acesta este: "O ontologie este o specificație formală a unei conceptualizări comune".

Conceptul de ontologie a fost utilizat în ultimii ani în diverse domenii, mai ales în domeniul managementului cunoașterii și cel al concepției colaborative asistate de calculator (Lobonțiu, 2010).

Din punct de vedere al cunoștințelor, *ontologia se poate defini ca o organizare ierarhică a unui set de activități, obiecte și cunoștințe, prin gruparea și organizarea acestora în categorii și sub-categorii, în funcție de caracteristicile acestora.*

(Aubry, 2007), propune o distincție a principalelor caracteristici ale unei ontologii.

O ontologie nu este doar o simplă listă de termeni, deoarece, cu toate că ontologia oferă un vocabular comun pentru o anumită activitate, aceasta poate face distincția între diferite concepte, modele, prin prezența unei structuri (în special a legăturilor dintre diferite activități și responsabilități), în cadrul modelului ontologic creat.

O ontologie este o ierarhizare a mai multor concepte, deoarece, cu toate că are o reprezentare arborescentă a modelelor, a conceptelor, ierarhizarea acestora nu este suficientă, deoarece nu permite să definim mai multe aspecte ale funcțiilor sau ale părților care compun structura.

O ontologie este alcătuită din toate elementele necesare pentru a descrie într-un mod formal un ansamblu de cunoștințe.

Elementele necesare pentru crearea unui model ontologic au fost specificate de către (Gruber, 1993).

Conceptele (numite și clase), reprezintă componenta de bază a construcției unui model ontologic. Conceptele sunt în general organizate sub formă de taxonomii și, uneori, unii consideră taxonomia ca ontologie. (Bachimont, 2004) oferă trei abordări principale ale conceptelor: conceptul ca bază (esență), conceptul ca o construcție sintetică și conceptul ca performanță. În cazul de față se va folosi conceptual ca bază.

Relațiile reprezintă un tip de interacțiune între două sau mai multe concepte. Exemple de relații: "subclasă a unui concept" sau "conectat la...".

Funcțiile sunt un caz special de relații a unor elemente, în care ultimul element al relației este unic pentru primele n-1 elemente (Aubry, 2007).

Axiomele reprezintă propuneri, propoziții, concluzii clare, considerate întotdeauna ca adevărate.

Instanțele servesc pentru reprezentarea elementelor.

3.2.2 Clasificarea ontologiilor

Având o largă utilizare, în diverse domenii, există o multitudine de clasificări ale acestor ontologii. (Aubry, 2007) a clasificat a ontologiile după diferite criterii:

a) Clasificarea după modelul ce se dorește a fi conceput:

- ontologii de reprezentare a cunoștințelor, utilizate în concepția modelelor ontologice pentru structurarea informațiilor și a cunoștințelor;

- ontologii superioare (denumite și ontologii de nivel înalt), cu ajutorul acestora putându-se modela concepte generale, fiind utilizate de către filozofi;

- ontologii generice, care conțin concepte generale, dar sunt mai abstracte decât cele superioare; acestea pot fi utilizate în diverse domenii de activitate;

- ontologii pentru realizarea sarcinilor; acestea pot fi utilizate pentru modelarea sarcinilor, a activităților, fiind utile pentru descrierea activităților din cadrul unei sarcini dedicate pentru rezolvarea unei probleme;
 - ontologii de domeniu; acestea sunt reutilizabile în cadrul unui domeniu și modelează termenii și vocabularul din domeniul sau subdomeniul dat.
 - b) Clasificarea după „greutate”:
 - „lightweight” – conține atât o simplă ierarhie de concepte cât și relațiile dintre acestea;
 - „heavyweight” – ontologiile sunt definite într-o manieră mult mai precisă, cu ajutorul acestora putându-se concepe proprietățile avansate ale conceptelor.
 - c) Clasificarea după nivelul de formalizare al limbajului:
 - ontologii informale – exprimate în limbaj natural;
 - ontologii semi-informale – sunt concepute în limbaj natural, dar sunt oarecum limitate și structurate, permițând sporirea clarității și lizibilității;
 - ontologii semi-formale – exprimate într-un limbaj artificial definit în manieră formală;
 - ontologii strict formale – definite tot într-un limbaj artificial cu ajutorul unor teoreme și proprietăți ale modelelor ontologice, acestea fiind foarte robuste.
- În Fig. 3.1 este reprezentată această clasificare.

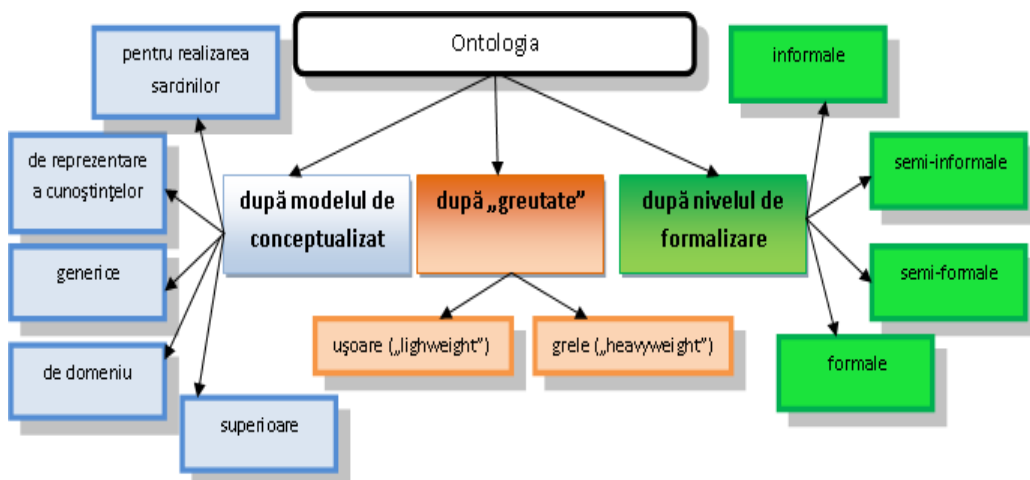


Fig. 3.1 Schema de clasificare a ontologiei, după (Aubry, 2007)

3.2.3 Model ontologic

Cercetarea modelelor ontologice s-a transformat într-un subiect interdisciplinar, inclusiv filosofie, lingvistică, logică și informatică (Jarrar, 2008). În diverse domenii, cum ar fi informatică, tehnologia comunicațiilor și, nu în ultimul rând, concepția virtuală de produse, modelele ontologice devin din ce în ce mai importante pentru aproape toate aplicațiile.

În special în cadrul activităților ce implică o conectivitate între diverse sisteme sau informații, acestea creează o cerere puternică pentru schimbul semantic de date (Jarrar, 2008).

În (Natalya, 2001) se susține că literatura de specialitate privind Inteligența Artificială conține mai multe definiții ale unei ontologii. O ontologie este o descriere explicită formală a mulțimii conceptelor într-un domeniu dat (clase – denumite uneori și concepte), proprietățile fiecărui concept, descrierea diferitelor caracteristici și atribute ale conceptului (slot-uri - uneori numite roluri sau proprietăți) și restricții la slot-uri (fațete - uneori numite restricții de rol). O ontologie, împreună cu un set de cazuri individuale de clase constituie o bază de cunoștințe. În realitate există o linie fină în care ontologia se termină și începe baza de cunoștințe.

Clasele sunt în centrul celor mai multe ontologii. Clasele descriu conceptele dintr-un anumit domeniu. În cazul de față, o clasă de activități de concepție a produsului reprezintă toate activitățile necesare pentru crearea unui produs (ex: o clasă de produse conține toate ansamblurile, produsele asemănătoare ce îndeplinesc aceleași funcționalități). Produsele specifice sunt cazuri din această clasă. O clasă poate avea subclase pentru a reprezenta concepte mai specifice decât superclasa. De exemplu, putem împărți clasa tuturor produselor din industria automotive în: produse pentru interior, produse pentru caroserii, produse pentru trenul de rulare (power-train).

În termeni practici, în curs de dezvoltare, o ontologie cuprinde:

- definirea claselor din ontologie;
- aranjarea claselor într-o ierarhie bine determinată (subclasă - superclasă), această ierarhie fiind denumită și ierarhie taxonomică;
- definirea sloturilor și descrierea valorilor permise pentru sloturile de sinteză.

Unele dintre motivele principale pentru crearea unei ontologii sunt:

- partajarea și înțelegerea comună a structurii de informații între persoane (membrii echipelor) sau diferite programe software;
- reutilizarea cunoștințelor din domeniul de activitate;
- posibilitatea de a face presupuneri pe un anumit domeniu;
- analiza tuturor cunoștințelor din domeniul supus analizei.

Se poate crea apoi o bază de cunoștințe, prin definirea unor cazuri individuale de clase.

Partajarea și înțelegerea comună a structurii de informații a fost una dintre cele mai mari provocări, încă din 1992, pentru a face cât mai facilă înțelegerea și implementarea unui limbaj comun ce poate fi recunoscut atât de utilizatori cât și de mașini (prin mașină înțelegându-se atât calculatoarele cât și uneltele automate de lucru).

Reutilizarea cunoștințelor din domeniul de activitate este una dintre cele mai importante funcționalități din cadrul procesului de concepție colaborativă și totodată din procesele de cercetare utilizând ontologiile. În toate domeniile, reutilizarea anumitor componente sau cunoștințe este esențială pentru reducerea timpului de concepție a unui produs. De aceea, pentru modelarea și utilizarea unor modele ontologice mai mari, mai vaste (ce pot cuprinde diverse domenii, activități, faze), putem include/implementa ontologii deja existente din cadrul diverselor domenii de activitate.

Posibilitatea de a face presupuneri în cadrul unei ontologii pe un anumit domeniu explicit face posibilă schimbarea ipotezelor cu ușurință. În general, în cazul în care se dorește modificarea unui limbaj sau concept deja creat (limbaj de programare) nu numai că este greu de găsit și de înțeles, dar și foarte greu de a efectua schimbări asupra lui, în special pentru cineva fără experiență de programare. În plus, caietul de sarcini din cadrul unui domeniu este util pentru

utilizatorii noi, iar dacă ontologia este concepută corect, modificările asupra acestor caiete de sarcini, concepte etc. se poate realiza foarte ușor.

Analiza cunoștințelor dintr-un domeniu este posibilă datorită specificațiilor, relațiilor dintre acestea, declarate în cadrul ontologiilor. Analiza formală a termenilor este utilă în cazul reutilizării și a extinderii ontologiilor (McGuinness, 2000).

În general, un model ontologic constă într-un vocabular comun, specific, utilizat pentru descrierea unor concepte sau relații, ce conține un set de ipoteze și afirmații și poate fi utilizată ca instrument pentru specificarea semanticii terminologiilor sistemelor într-o manieră lipsită de ambiguitate și bine definită (Gruber, 1993), (Oriță, 2012).

Un beneficiu principal al utilizării ontologiilor este acela că se poate defini o înțelegere comună a domeniilor, de aceea se pot utiliza pentru sprijinirea comunicațiilor inter-umane sau inter-organizaționale, acestea fiind procesabile de către sistemele integrate de concepție colaborativă (machine - processable), putând totodată sprijini interconectarea și interoperabilitatea dintre diferite sisteme software.

În (Uschold, 1999) s-au identificat 3 scopuri pentru utilizarea ontologiei în concepția produsului:

- facilitarea, asistarea și comunicarea între membrii echipelor de proiect;
- realizarea interoperabilității între platformele PLM și între componentele acestora;
- îmbunătățirea procesului de concepție și a calității produselor realizate de echipele de proiect din cadrul companiilor.

Ontologia poate fi considerată un dicționar sau un glosar, dar cuprinde mai multe detalii, informații despre structura unui produs, ce permite sistemelor de gestiune a datelor să proceseze conținutul acestora. Un model ontologic constă într-un set de concepte, axiome și relații ce descriu un anumit domeniu de interes (mecanic, electric, electronic etc.).

Ontologia integrată a produselor este construită pe concepte de modelare a topologiei produselor, pe reprezentarea produsului funcțional, în așa fel încât această reprezentare să poată fi descompusă conform capacităților de producție ale companiilor (Zdravković, 2009).

Această abordare este aliniată cu cerințele din cadrul companiilor, cu rețele interorganizaționale, cu scopul de a evita problemele de complexitate legate de schimbul de informații despre produsul ce se dorește a fi conceput. Echipele de proiect acordă o atenție deosebită la achiziționarea informațiilor despre produs, a cerințelor de proiectare inițiate de către client și sunt susținute de un raționament automat în recunoașterea modelului topologic.

Structura produselor este aliniată semantic cu ontologii existente în cadrul platformelor PLM, în scopul de a simplifica relațiile cu furnizorii, clienții și de a identifica rapid informațiile, cunoștințele necesare procesului de concepție colaborativă a produsului.

Aceste ontologii sunt utilizate în diverse domenii de activitate, nu numai în sfera concepției mecanice a produsului, fiind mijloace promițătoare pentru îmbunătățirea comunicării între membrii echipelor și pentru facilitarea interoperabilității între sisteme. Un model ontologic este necesar în special pentru schimbul de informații de-a lungul întregului ciclu de viață al produsului, de-a lungul întregului proces de concepție al acestuia, deoarece unele costuri adiționale, care cresc prețul produselor, sunt cauzate de neînțelegerile apărute pe parcursul procesului de concepție.

În general, modelele ontologice sunt utilizate în domenii în care cunoștințele au un caracter structurat. Acest lucru facilitează accesul la diverse concepte, atribute, relații, folosite de către acestea. După accesul la aceste informații este necesar ca modelul ontologic să treacă printr-un proces de rafinare, pentru a putea fi înțeles, utilizat și valorificat. Aceste modele ontologice sunt utilizate pentru a rezolva diverse probleme de înțelegere și interoperabilitate (între diverse sisteme informatice, aplicații integrante în cadrul platformelor PLM și mai ales între utilizatori și mașini). Institutul Național de Standarde și Tehnologie (National Institute of Standards and Technology – NIST), a dezvoltat o tehnologie denumită Process Specification Language (PSL). Proiectul PSL a abordat această problemă a înțelegerii modelelor ontologice și a interoperabilității prin crearea unui limbaj neutru, standard ce poate fi înțeles atât de sistemele de calcul cât și de utilizatori, cu scopul de a facilita integrarea aplicațiilor cu procese multiple, pe tot parcursul ciclului de viață al produselor (Schlenoff, 1999).

În domeniul concepției colaborative se face apel la un nivel uriaș de cunoștințe foarte variate, din diverse domenii (mecanică, informatică, management etc.). De aceea, este foarte dificil de implementat un model ontologic care să cuprindă toate aceste informații, necesare pe tot parcursul procesului de concepție. O analiză funcțională a produselor care vor fi concepute pleacă de la specificarea nevoilor ce duc la formalizarea detaliată a funcțiilor acestui produs. Aceste informații, date, pot fi integrate în modele ontologice, așa cum propune (Yoshinobu, 2004), în Fig. 3.2.

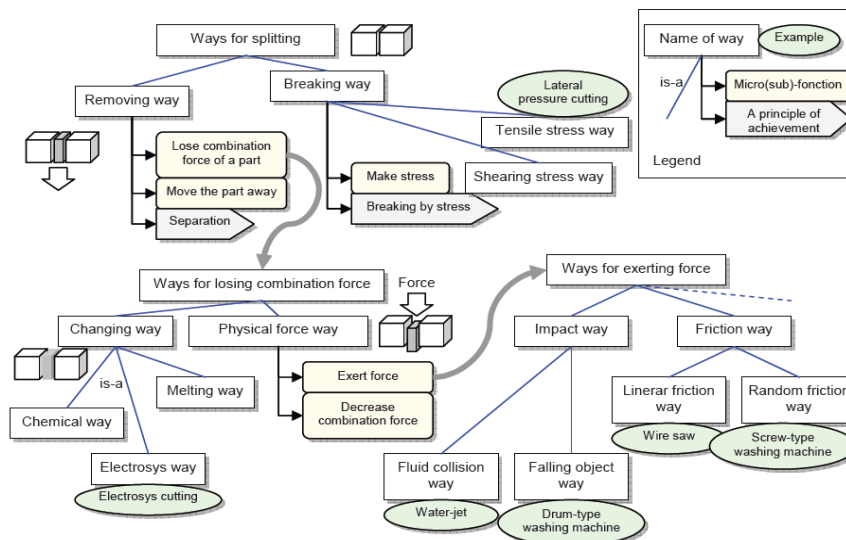


Fig. 3.2 Un exemplu de model ontologic (Yoshinobu, 2004)

Etapa de concepție colaborativă a produsului este foarte importantă, deoarece mai mult de două treimi din toate costurile ciclului de viață al produsului este determinat de procesul de proiectare conceptuală (O'Marah, 2002). Prin urmare, companiile și echipele ce fac parte din lanțul procesului de proiectare trebuie să fie capabile de a colabora între ele. Pentru a facilita schimbul semantic de informații, este recomandat a se construi un model ontologic ce poate duce la

reducerea timpului de concepție al unui produs și totodată la evitarea problemelor de comunicare.

Axa principală a arhitecturii modelelor ontologice se bazează pe arhitectura modelelor de produs (Model Driven Arhitecture – MDA), care adaptează mai multe niveluri (layer-e) ale arhitecturii meta-modelului și care cuprinde o serie de standarde definite în fiecare dintre straturile sale (Lee, 2007). Cele mai comune meta-modele utilizate de MDA sunt: UML și CWM (common warehouse meta-model).

Bazat pe procedura de concepție a unui model ontologic (Lee, 2007), am elaborat principalele etape necesare modelului de concepție al produsului (coloana din partea dreaptă) ce sunt prezentate în Fig. 3.3.

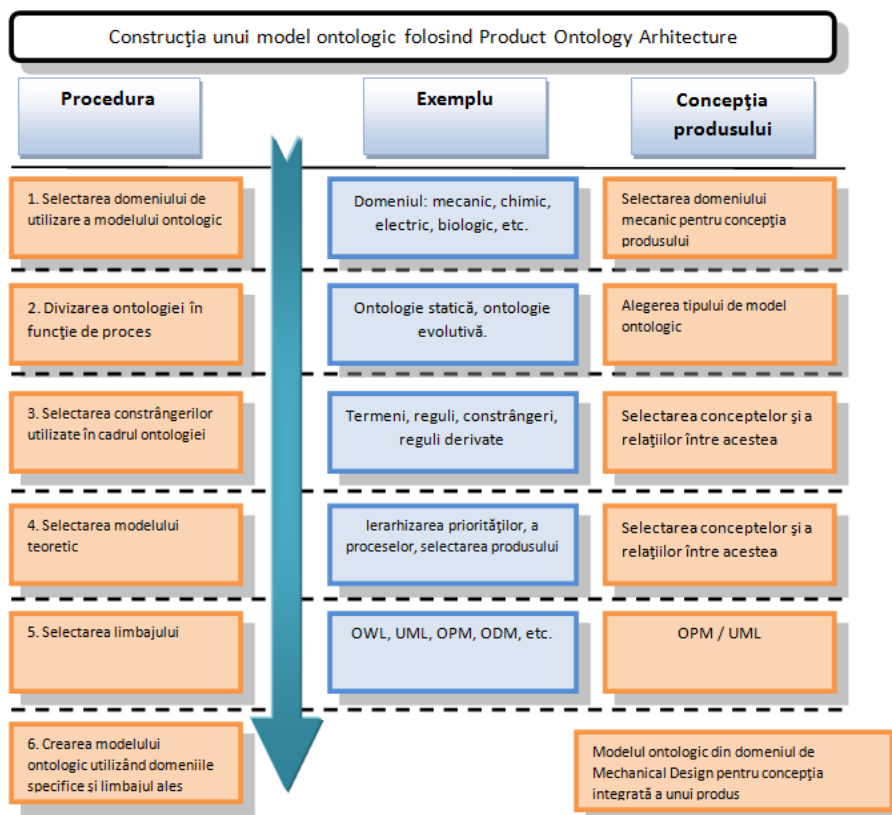


Fig. 3.3 O procedură de construire a unui model ontologic, după(Lee, 2007)

Elaborarea unui model ontologic al procesului de concepție necesită o abordare holistică, combinând aplicații sau produse conexe: sisteme, date, procese, tehnici și abilități. Cunoașterea este considerată ca fiind "sursa" de inovație și de creștere a abilităților pentru concepția produselor în cadrul companiilor implicate.

Termenul de ontologie se referă la un model compus din termeni specifici vocabularului tehnic, elemente și modele ce pot descrie o anumită zonă de interes, ce conține un set de ipoteze și termeni ce caracterizează și definesc elementele

necesare ontologiei. Un sistem de reprezentare a acestor cunoștințe, elemente, poate fi reprezentat în Fig. 3.4.

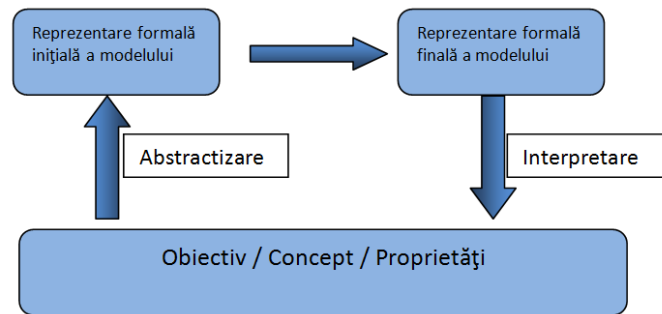


Fig. 3.4 Arhitectura unui sistem de reprezentare a cunoștințelor, după (Oriță, 2012)

În mod uzual, în cadrul companiilor, un proiect tehnic, ingineresc, poate necesita schimbul de informații între diverse sisteme (virtual design, virtual simulation, virtual manufacturing) sau între diverse departamente responsabile pentru concepția, simularea, planificarea producției etc. Acest lucru poate se poate observa în Fig. 3.5.

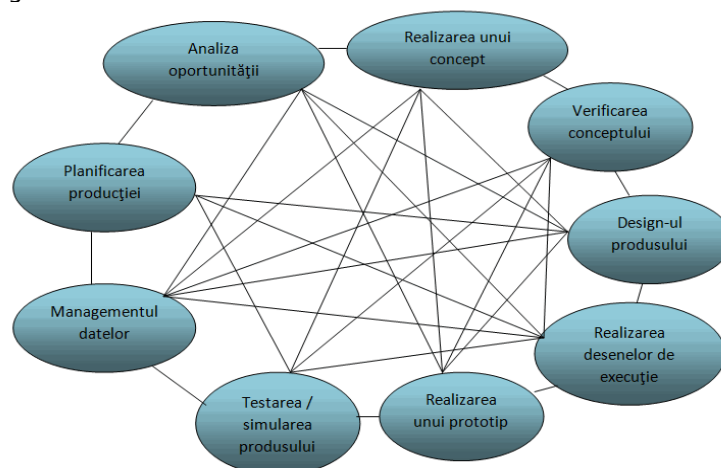


Fig. 3.5 Schimbul de informații între subsisteme în cadrul ingineriei colaborative, după (Oriță, 2012)

În acest sens, pentru a reduce timpul de concepție al produsului prin eliminarea căilor succesive între două etape sau chiar departamente, este preferabil a se utiliza ontologii, deoarece acestea sprijină interoperabilitatea, prin furnizarea unui vocabular comun cu unitatea ce interpretează acest vocabular. Este nevoie doar de traducători ai tehnologiilor utilizate în fiecare etapă, care pot interpreta atât cererea cât și etapa următoare precedată cererii, din fiecare etapă sau departament în parte. Acest lucru duce la simplificarea etapelor, aceasta putând fi observată în Fig. 3.6.

În concluzie, utilizarea unei ontologii comune, a unui vocabular comun, duce la reducerea drastică a numărului de traductori într-un proces de concepție colaborativă a produsului (Oriță, 2012).

Pentru concepția unui model ontologic este necesar a se urma următoarele principii:

- claritatea obiectivului - obiectivul trebuie să fie cât mai clar, iar termenii utilizați pornesc de la definirea obiectivelor;
- coerența - acest lucru permite modelului ontologic să realizeze legăturile corecte între activități, responsabilități, definiții etc.;
- deviație minimă de la limbajul utilizat - este necesar ca în primă fază realizarea modelului ontologic să se realizeze numai cu termenii și condițiile impuse de limbajul și ontologia utilizată;
- ierarhizarea corectă și diversificarea acestora - diversitatea mai mare de clasificare a conceptelor conduce la crearea de noi concepte, plecând de la cele deja existente;
- minimizarea distanței dintre concepte asemănătoare prin regruparea acestora în directe sau concepte „părinte” definite prin aceleași primitive (instrucțiuni asemănătoare, cuvinte cheie);
- standardizarea.

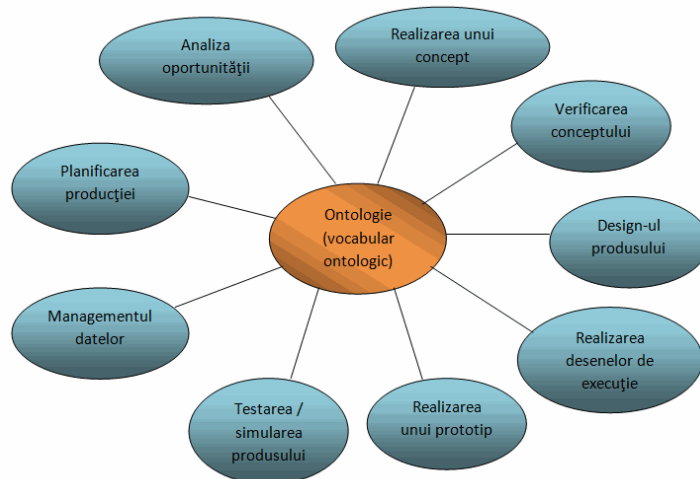


Fig. 3.6 Reducerea numărului de traductori prin utilizarea ontologiei

Pentru realizarea corectă a unei ontologii trebuie respectat următorul principiu: toate activitățile, stările, fazele, procesele similare (frați) dintr-o ierarhie (cu excepția celor de la rădăcină), ar trebui să fie la același nivel de generalitate.

3.3 Modelarea procesului de concepție

3.3.1 Introducere

Procesul de concepție al unui produs este un proces complex ce include diverse activități, pornind de la analiza cerințelor, analiza pieței, până la etapele de

prototipare și lansare în producție al produsului. Acest proces implică un număr mare de participanți, echipe distribuite în diverse locații geografice și pe diferite domenii, chiar companii întregi care participă la realizarea produsului ce se dorește a fi lansat pe piață. Pentru facilitarea fluxului de informații și pentru suportul activităților de concepție au fost create o serie de standarde care stabilesc o structură de lucru pentru fiecare departament în parte, organizează pașii din ciclul de viață al produselor, ajută la crearea unor modele de concepție.

Modelarea procesului de concepție facilitează descrierea și explorarea spațiului de concepție și dezvoltare, totodată duce la definirea mai rapidă a produsului, creează o imagine de ansamblu asupra mărimii proiectului, asupra planificării activităților și a rezultatelor.

În cadrul procesului de concepție colaborativă, echipa responsabilă pentru concepție și dezvoltare are nevoie de mai multe informații, cunoștințe, specificații, pentru a duce la finalizare procesul de concepție (Fig. 3.7).

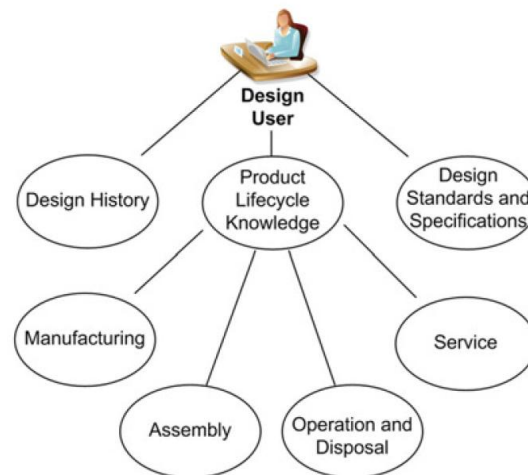


Fig. 3.7 Cerințele echipei de concepție, după (Chungoora, 2013)

Pentru modelarea procesului de concepție a produsului se vor folosi următoarele mijloace de modelare (Fig. 3.8): IDEF0, OPM și UML.

Inițial se va utiliza modelul structural IDEF0 pentru a evidenția, structura și a descompune toate fazele procesului de concepție, care va ajuta la ghidarea și urmărirea etapelor necesare pentru crearea modelului.

Pentru detalierea fazelor, a relațiilor dintre acestea și diferite activități, acțiuni și componente din cadrul organizațiilor (departamente, echipe de proiect, etc.) se vor utiliza două metodologii ontologice: OPM și UML.

Metodologia Obiect-Process (OPM) este o abordare holistică pentru modelare și evoluția sistemelor, care afișează obiectele și procesele ca două entități la fel de importante, putând descrie structura și comportamentul sistemului cu ajutorul unui singur model schematic. Necesitatea unei reprezentări corespunzătoare, atât a aspectelor statice cât și a celor dinamice ale unui sistem, în timp ce modelul ontologic este păstrat cât mai simplu posibil, duce la utilizarea metodologiei OPM.

Ulterior se va utiliza Unified Modeling Language (UML), deoarece este un limbaj orientat pe obiect (object based language), un limbaj standard de modelare pentru sistemele software, și care scoate în evidență acțiunile necesare pentru realizarea unei faze/etape din procesul de concepție.

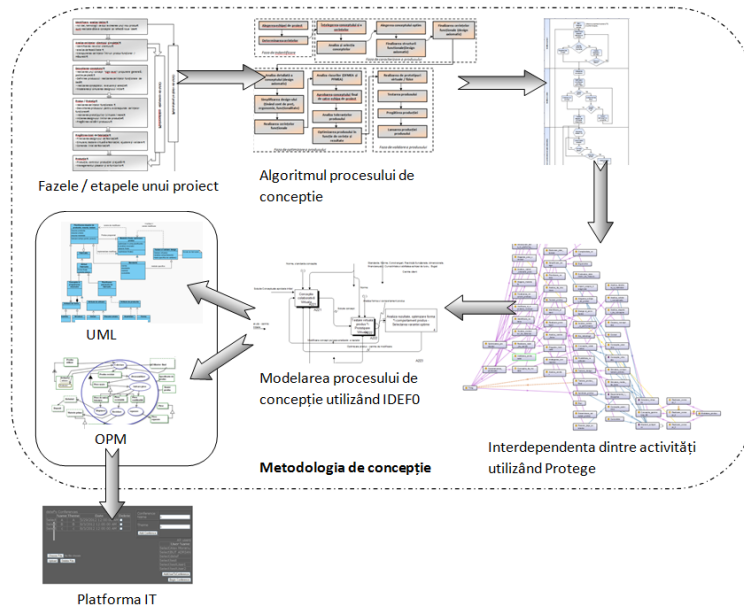


Fig. 3.8 Modelarea procesului de concepție a produsului

Conform (Dori, 2002) UML separă modelul de sistem în diverse aspecte, fiecare dintre acestea fiind reprezentată dintr-un într-un punct de vedere diferit (tip diagramă).

Această metodologie este mai dificil de utilizat datorită limbajului standard și totodată mai restrictiv, fiind necesară însă pentru crearea unui model ontologic, ajutând la rezolvarea anumitor probleme cu privire la un aspect specific al procesului de concepție (care este exprimat într-un singur tip de diagramă), cum ar fi schema de bază a fazelor procesului de concepție sau cele de executare sarcinilor din cadrul acestora.

Aceste tipuri de probleme pot fi mult mai dificil de soluționate într-un model OPM, în cazul în care informațiile se află în diagrame separate, cu diferite niveluri de granularitate.

Schematizând această structură, pașii necesari pentru crearea și validarea unei ontologii sunt reprezentați în Fig. 3.9.

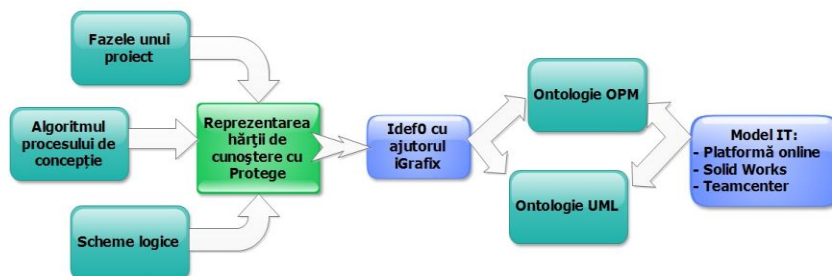


Fig. 3.9 Schematizarea procesului de concepție

Pentru modelarea procesului de concepție s-au elaborat mai multe concepte și metode. (Ulrich, 2000) descriu procesul de concepție ca o succesiune de șase faze, în cadrul fiecărei faze membrii echipei de concepție desfășurând diverse activități. Modelul este ilustrat în Fig. 3.10.



Fig. 3.10 Fazele procesului de concepție (Ulrich, 2000)

În cadrul diverselor companii, acest proces a fost adaptat în funcție de domeniul de activitate, tipurile de produse realizate și în funcție de competențele echipelor de proiect (Fig. 3.11).

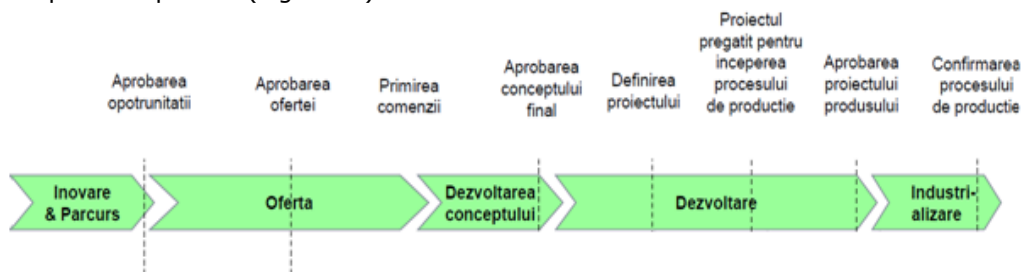


Fig. 3.11 Etapele procesului de concepție din companii

Pentru modelarea procesului de concepție, în contextul ingineriei integrate, trebuie luat în considerație întregul ciclu de viață al produsului (Fig. 3.12).

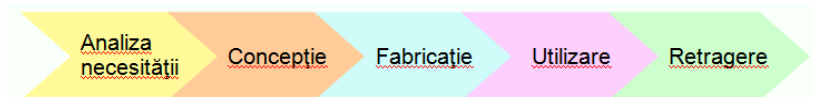


Fig. 3.12 Ciclul de viață al produsului, după (Drăghici, 1999)

În general, dezvoltarea unui proiect începe cu analiza necesităților, ca cerințe exprimate direct de client ori rezultate din analiza pieței, și se finalizează cu validarea finală a acestuia. Dezvoltarea unui proiect este finalizată după ce au fost efectuate cel puțin două cicluri ale întregului proces, acest lucru fiind posibil cu ajutorul sistemelor ce furnizează datele și informațiile necesare. În Fig. 3.13 sunt prezentate etapele procesului de dezvoltare al unui produs.

Ținând cont de aceste etape și de recursivitatea lor, procesul de concepție se consideră ca un ansamblu de activități ce se repetă până la finalizarea proiectului.

3.3.2 Algoritmul procesului de concepție

Deoarece în majoritatea companiilor mari din industria automotive procesul de concepție urmează anumite etape / faze care trebuie respectate în funcție de gradul și nivelul de dezvoltare al produsului, în cazul de față se va elabora un model de concepție colaborativă bazat pe noțiunea de fază.

Pentru realizarea acestui model s-a considerat modelul de concepție sistematică creat de Pahl și Beitz (Pahl, 2007). Acest model este bazat pe o descompunere secvențială a procesului de concepție, utilizând conceptul de fază.

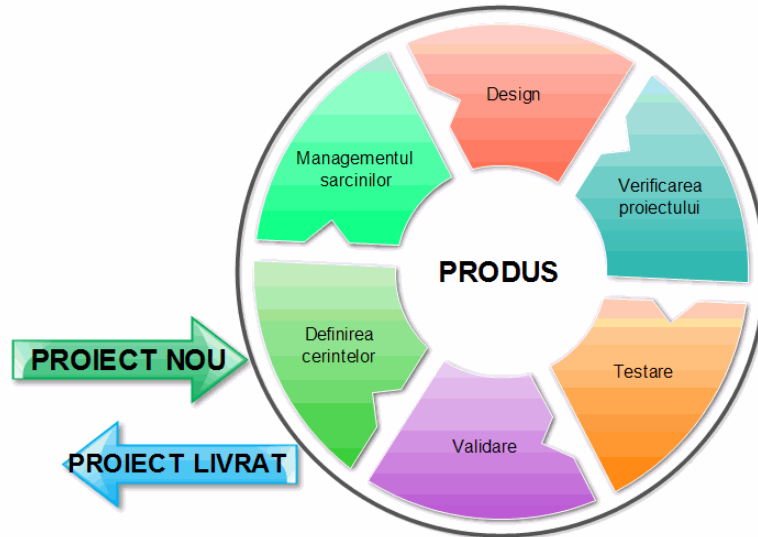


Fig. 3.13 Proces circular de dezvoltare al produsului, după (Spasojevic, 2013)

Autorii spun că „nu este posibil întotdeauna să se traseze o graniță clară între faze principale. De exemplu, aspecte ale dispunerii, amplasării (*layout*-ului) ar trebui să fie adresate în timpul fazei *conceptual design* (studiul conceptual) sau ar putea fi nevoie ca anumite procese de producție să fie determinate în detaliu în timpul fazei *embodiment design* (concepție constructivă). Nu este posibil să se evite întoarcerea, de exemplu în cadrul fazei *embodiment design*, când pot fi descoperite noi funcții auxiliare, și pentru care trebuie găsite noi principii de soluție. Cu toate acestea, divizarea planificării și controlului unui proces de dezvoltare în fazele principale este întotdeauna de folos.”

Fazele ce fac parte integrantă a acestui model de concepție sunt evidențiate în Fig. 3.14.

Avantajul major al utilizării procesului de concepție bazat pe faze, enunțat de Pahl și Beitz, este acela că pentru realizarea corectă a unor etape din cadrul proiectului, pentru găsirea unei soluții optime, se pot relua una sau mai multe faze din procesul de concepție, de atâtea ori de cât este nevoie până ce se îndeplinesc cerințele enunțate în caietul de sarcini al produsului.

Este necesar ca procesul de concepție a produsului să urmeze anumite etape, pentru ca produsul să fie compatibil cu nevoile clienților și totodată să îndeplinească standardele de calitate care, în zilele noastre, sunt foarte ridicate. Aceste etape pot fi stabilite folosind metodologia Design for Six Sigma – DFSS (Yang, 2003).

Metodologia DFSS este o perspectivă la nivel înalt a unui proces orientat spre echipa de proiect, pentru a concepe și întruca soluții ce au depășit constant așteptările la nivel de calitate Six Sigma. Această viziune poate fi realizată prin reducerea vulnerabilităților de concepție, folosind axiome de proiectare care determină un echilibru ridicat între creativitate, disciplină și flexibilitate.

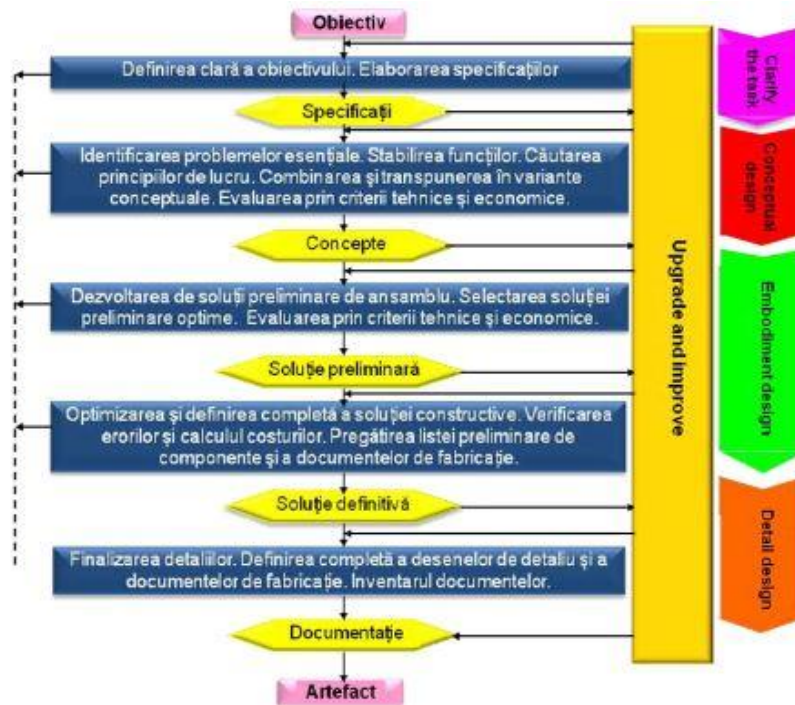


Fig. 3.14 Modelul de concepție sistematică, după (Pahl, 2007)

Proiectul ce se dorește a fi realizat este nucleul de implementare a DFSS și trebuie să fie executat constant printr-un proces bazat pe un algoritm care să conțină metodele și mijloacele de concepție utilizate.

Pentru concepția colaborativă bazată pe ontologie, algoritmul trebuie să conțină fazele procesului de concepție al unui produs.

Fazele proiectului, conform metodologiei Design for Six Sigma, sunt reprezentate în Fig. 3.15.

Pe baza fazelor proiectului s-a elaborat algoritmul procesului de concepție, prezentat în diagrama din Fig. 3.16. Algoritmul ICOV are patru faze: identificare (I), caracterizare (C), optimizare (O) și validare (V).

Algoritmul ICOV s-a dezvoltat așa cum se poate observa în Fig. 3.17, adăugându-se diferite etape necesare fazei de optimizare a produsului (faza modificată și etapele adăugate fiind evidențiate cu ajutorul culorii albastre). Realizarea corectă a obiectivului proiectului variază în funcție de schimbările sau modificările din cadrul procesului de concepție colaborativă, care este un proces incremental.

În algoritmul dezvoltat, fiecare fază trebuie evaluată înainte de a trece la o fază următoare sau înainte de încheierea acesteia, într-un mod sugerat de Fig. 3.18 – 3.22, realizate ca o schemă logică, cu ajutorul programului iGrafx FlowCharter 2013 (iGrafx FlowCharter, 2013).

Fiecare figură reprezintă pașii detaliați (step roadmap) și succesiunea fazelor din cadrul algoritmului. În cazul în care rezultatele fazei actuale nu îndeplinesc obiectivul, acestea ar putea dovedi că operațiunea sau faza curentă este inutilă fără

modificarea fazelor sau proceselor anterioare. Prin urmare, gradul de intensitate a executării diferitelor faze din cadrul acestui algoritm poate varia.

Fazele prezentate în figurile anterioare sunt sumarizate în Fig. 3.23, reprezentând schema logică utilizată pentru realizarea ontologiei de concepție colaborativă în platforma PLM.

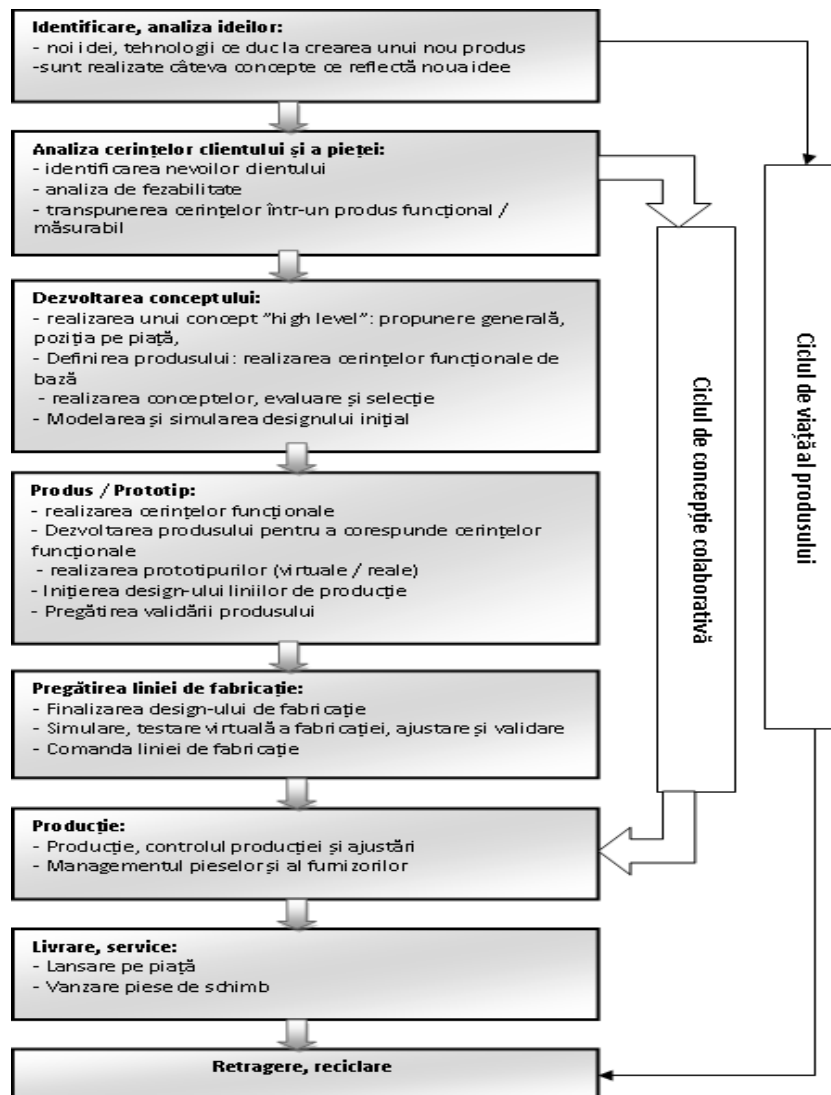


Fig. 3.15 Fazele proiectului conform metodologiei DFSS, după (Yang, 2003)

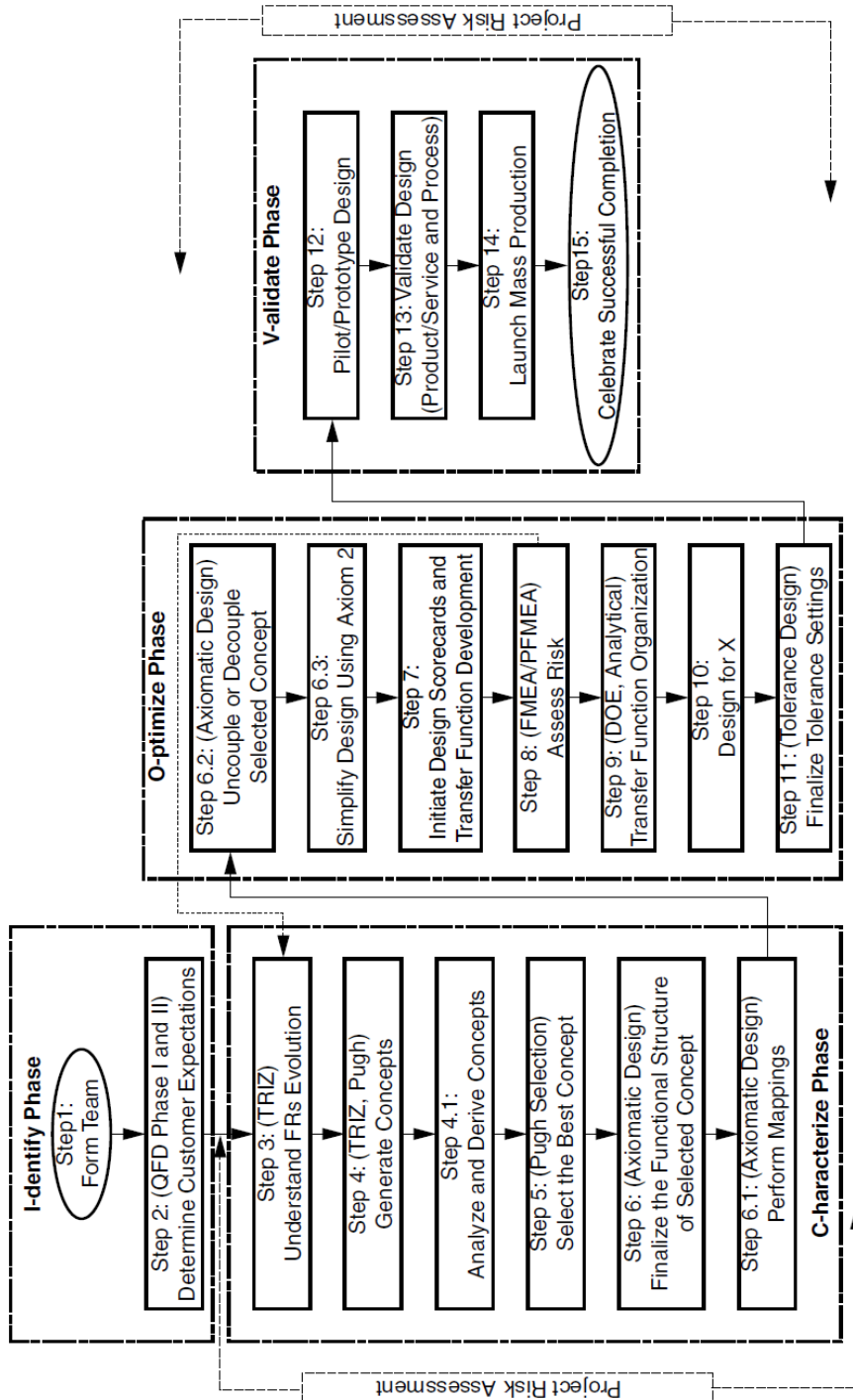


Fig. 3.16 Algoritmul procesului de concepție a produsului (Yang, 2003)

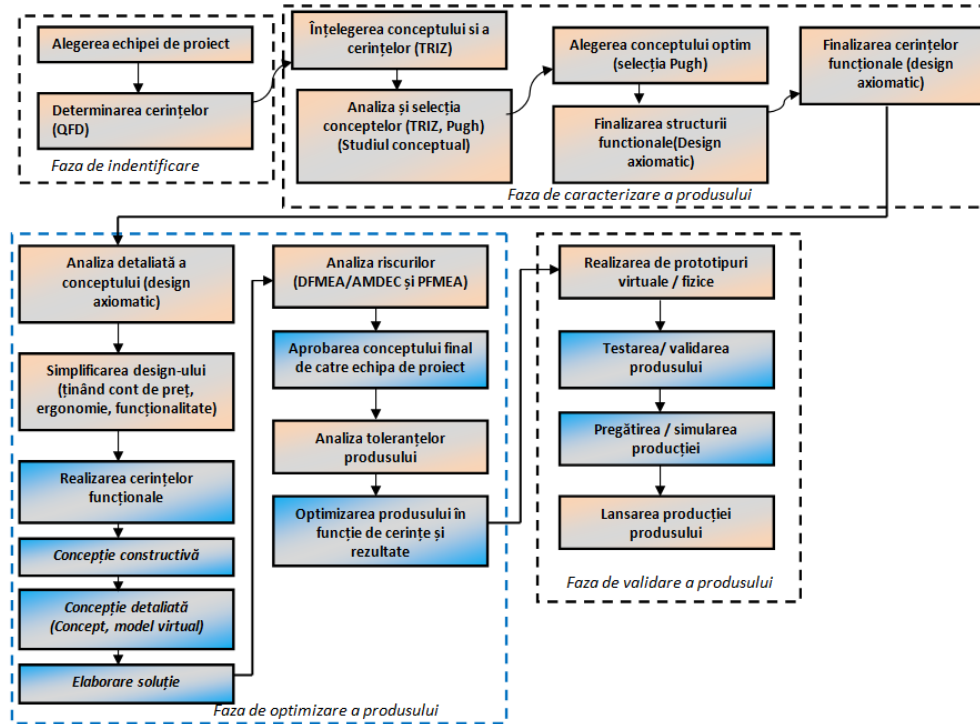


Fig. 3.17 Algoritmul procesului de concepție a produsului

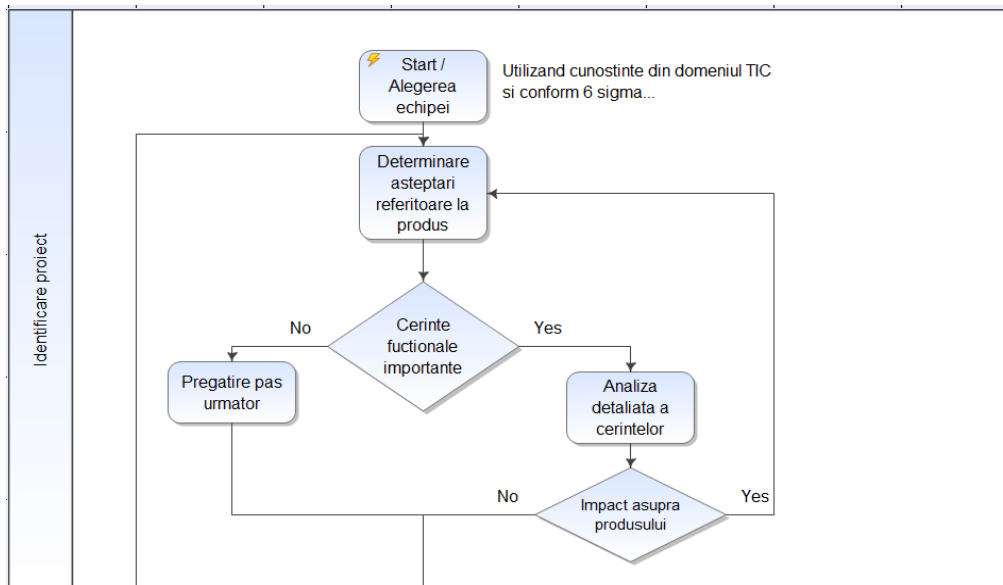


Fig. 3.18 Faza de identificare a proiectului

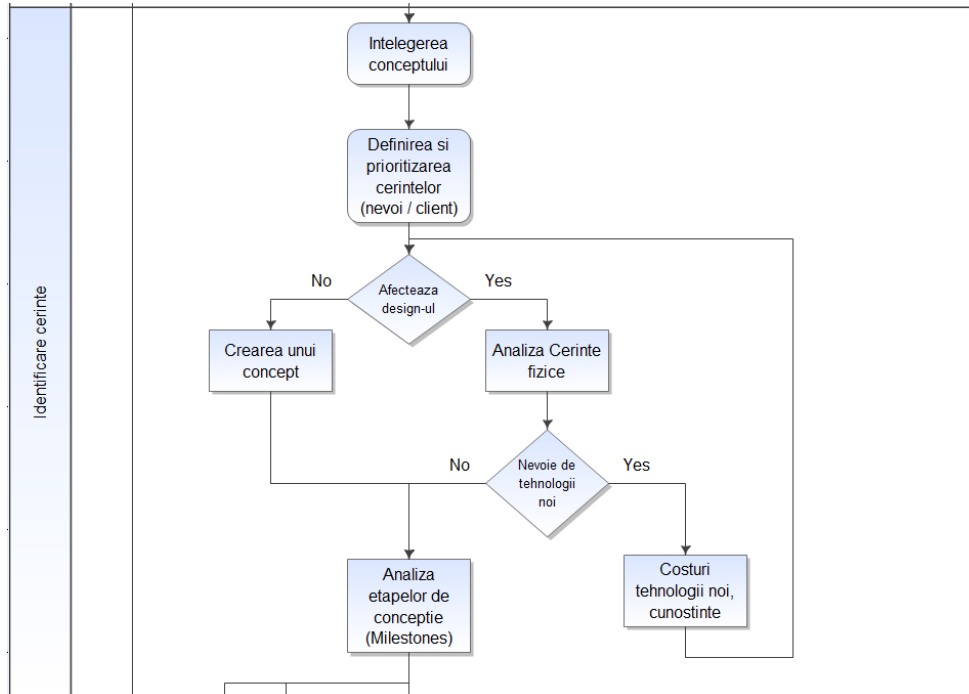


Fig. 3.19 Faza de identificare a cerințelor

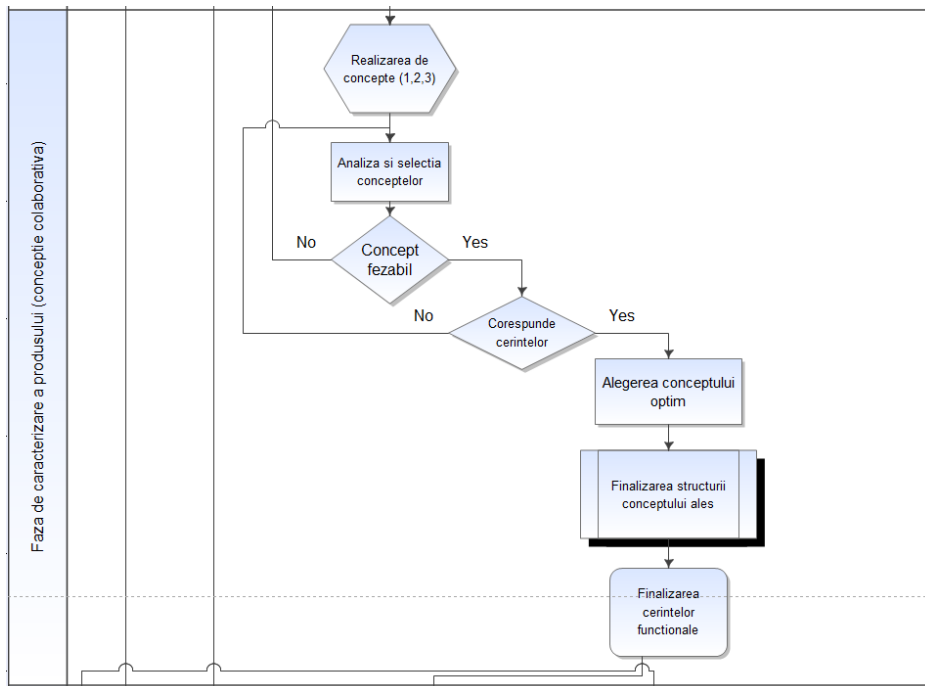


Fig. 3.20 Faza de caracterizare a produsului

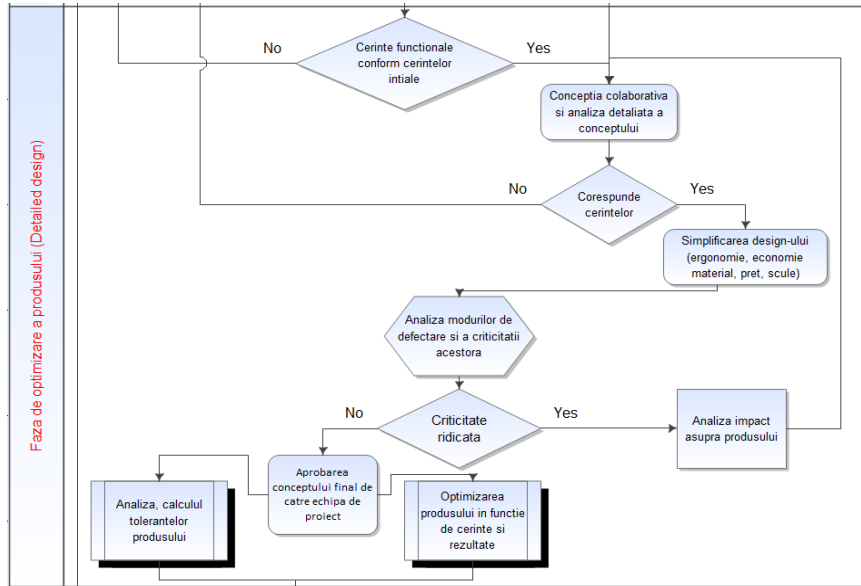


Fig. 3.21 Faza de optimizare a produsului

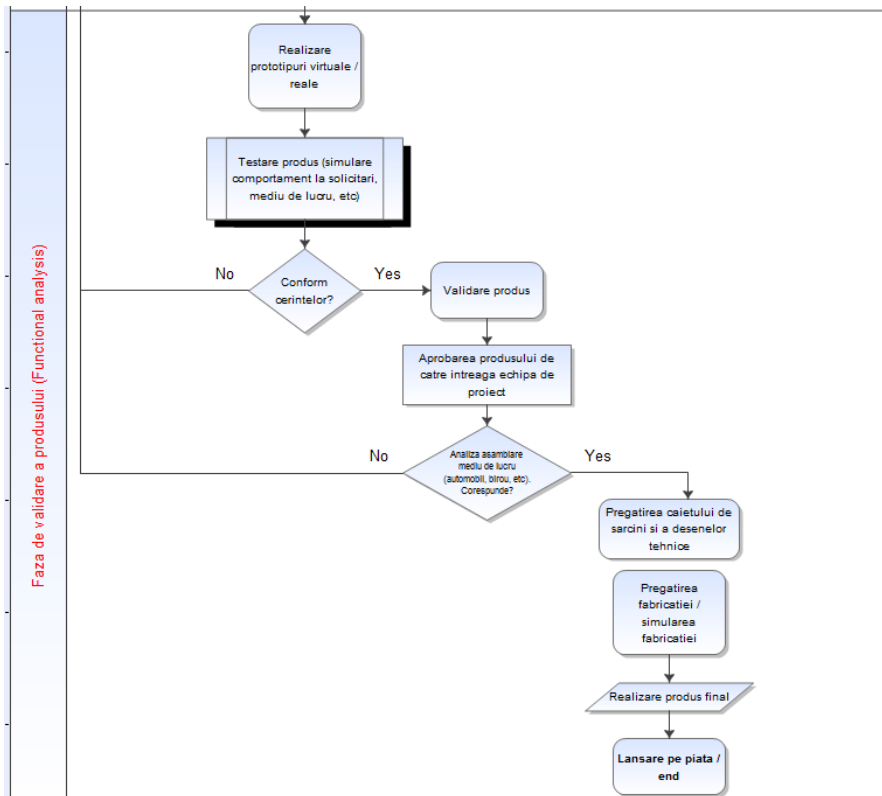


Fig. 3.22 Faza de validare a produsului

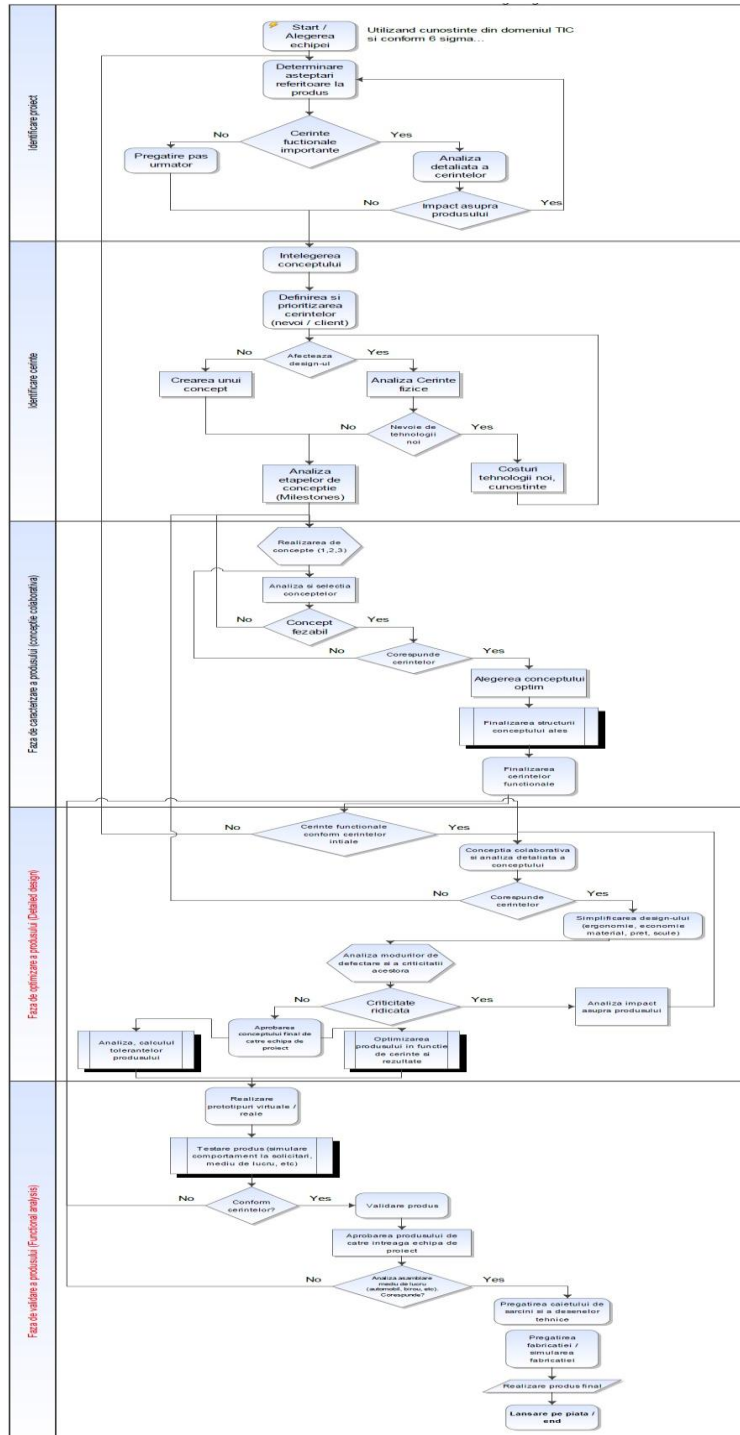


Fig. 3.23 Schema logică necesară realizării ontologiei de concepție a produsului

3.3.3 Ontologia de concepție a produsului

Ca limbaj standard utilizat pentru crearea de ontologii, cel mai recent este OWL, de la World Wide Web Consortium, W3C (OWL- Semantic Web Standards - World Wide Web Consortium, 2013).

Pentru diseminarea cunoștințelor, etapelor și proceselor s-a utilizat programul Protégé 4.3 (The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System, 2013). Acesta este utilizat în general pentru definirea de ontologii pornind de la o bază de cunoștințe, în conformitate cu un standard recunoscut (Drăghici, 2013) și permite utilizatorului să lucreze atât într-o logică bazată pe frame-uri (cadre), cât și într-o logică descriptivă (ambele fiind subseturi ale logicii cu predicate).

Pentru a analiza interdependența dintre diverse faze, activități, se va crea o bază de cunoștințe, prin definirea unor cazuri individuale de clase de sinteză ce conțin informații specifice și restricții suplimentare de slot (Fig. 3.24).

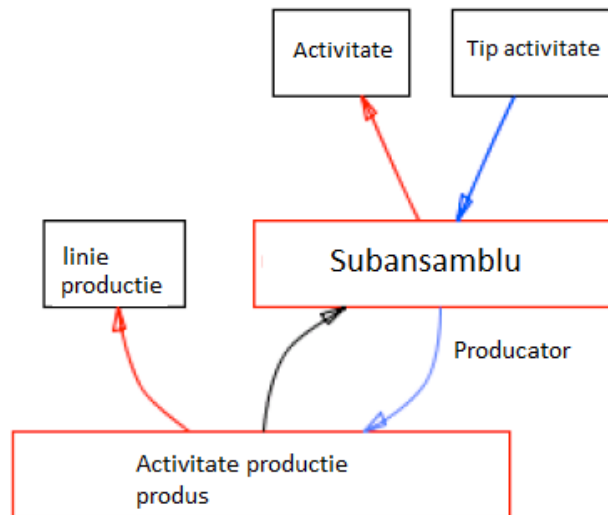


Fig. 3.24 Exemplu de clase, instanțe și relații

Pentru realizarea ontologiei cu Protégé s-au introdus ca și clase fazele principale din cadrul procesului de concepție colaborativă. Ca și subclase au fost adăugate toate activitățile necesare finalizării unei etape (au fost adăugate și activități suplimentare ce fac parte integrantă din procesul de concepție și care nu se reflectă în schema logică), realizându-se legăturile dintre acestea, unele dintre ele devenind subclase ale unei clase superioare. Aceste clase, subclase și activitățile fiecărei clase (proprietăți) pot fi observate în Fig. 3.25, acestea fiind ierarhizate în ordine alfabetică.

Rezultatul în urma creării unei ierarhii între clase, subclase, proprietăți, se poate observa în Fig. 3.26 și Fig. 3.27. În urma realizării legăturilor, a dependențelor între clase / subclase, se poate face o analiză facilă a activităților și proceselor necesare pentru finalizarea unei etape din cadrul procesului de concepție colaborativă a produsului propus la începutul proiectului.

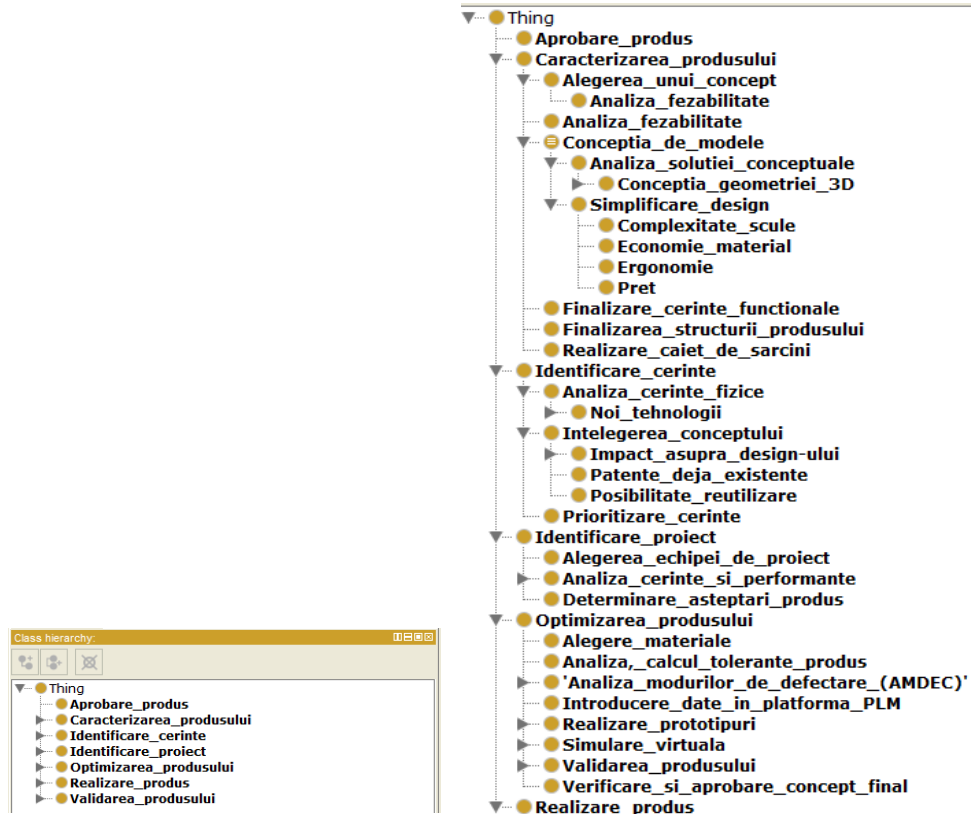


Fig. 3.25 Clase și subclasele din cadrul ontologiei de concepție a produsului

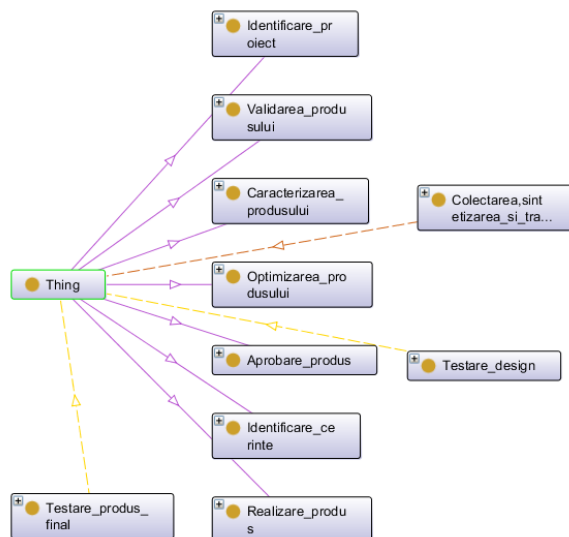


Fig. 3.26 Cartografierea cunoștințelor din cadrul ontologiei de concepție a produsului

3.3.4 Modelarea procesului de concepție cu IDEF0

3.3.4.1 Noțiuni de IDEF0

Pentru analiza și optimizarea fiecărei activități, etape sau faze a procesului de concepție a produsului, s-a recurs la descompunerea acestuia, utilizându-se programul iGrafx 2013, care conține modulul IDEF0 (*Integration Definition Function*). IDEF0 este un limbaj de modelare ce este utilizat în general pentru dezvoltarea reprezentării grafice a unui sistem. IDEF0 este o metodă de proiectare ce ajută la modelarea deciziilor, acțiunilor și activităților unei organizații sau sistem. În IDEF0, fiecare eveniment, etapă sau activitate, pot fi desemnate sub o formă modulară și grafică, la care sunt adăugate săgeți care au o semnificație anume (Fig. 3.28). Activitatea are ca scop transformarea datelor de intrare în date de ieșire, folosind mijloace de asistare, respectiv de control, care permit declanșarea sau controlul desfășurării sale.

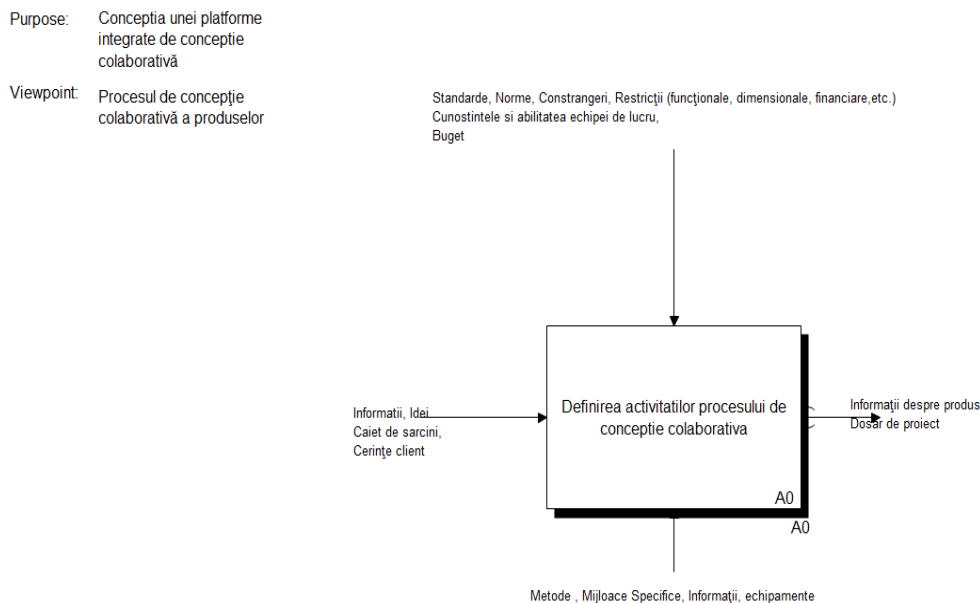


Fig. 3.28 Modelul unei activități

Conform (FIPS PUBS, 1993), modelul IDEF0 reflectă modul în care funcțiile unui sistem inter-relaționează, reflectând modul în care diferitele piese ale unui produs se potrivesc împreună. Atunci când este utilizat într-un mod sistematic, IDEF0 oferă o abordare de inginerescă a sistemelor.

IDEF0 permite:

- producerea concomitentă a documentației de referință pentru a servi drept bază pentru integrarea de noi sisteme sau îmbunătățirea sistemelor existente;
- comunicarea între analiști, designeri, utilizatori și manageri;
- gestionarea proiectelor mari și complexe, folosind măsuri calitative ale progresului;
- crearea unei arhitecturi de referință pentru analiza întreprinderii, informațiilor și gestionarea resurselor.

În cadrul IDEF0 o "diagramă părinte" (parent diagram) conține mai multe căsuțe părinte ce reprezintă noi faze ce vor fi descompuse ulterior. Relația ierarhică primară între o căsuță părinte și o diagramă copil (child diagram) este detaliată în Fig. 3.29.

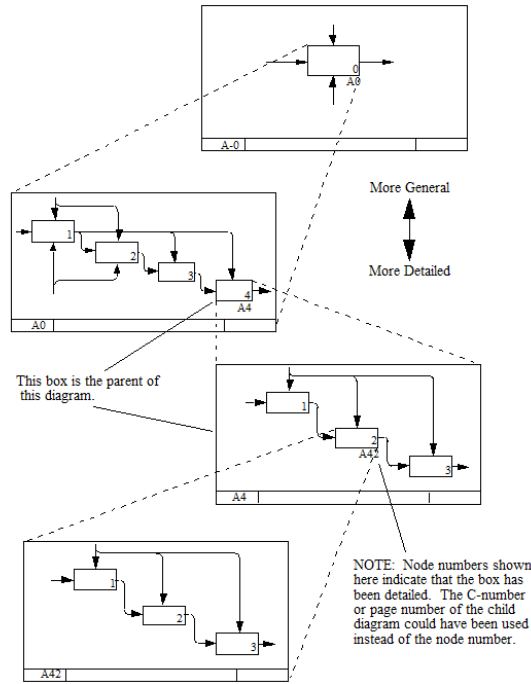


Fig. 3.29 Ierarhizarea și descompunerea diagramelor (FIPS PUBS, 1993)

3.3.4.2 Modelul ciclului de viață al produsului

În Fig. 3.30 este prezentat modelul ciclului de viață al produsului.

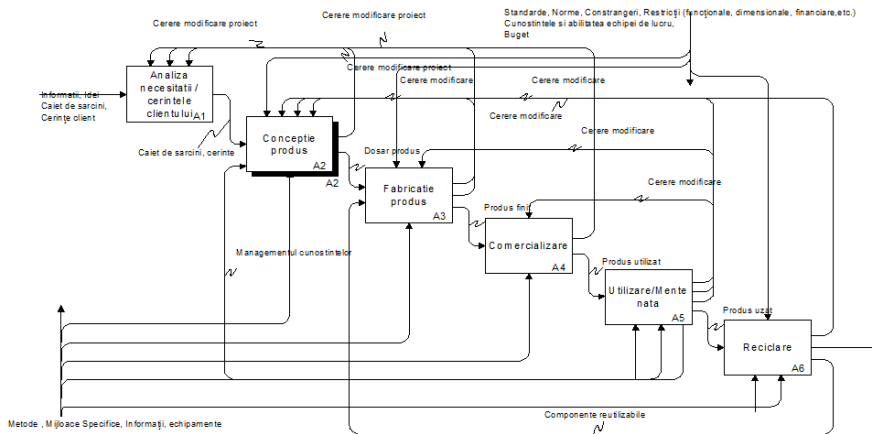


Fig. 3.30 Diagrama A0: Modelul ciclului de viață al produsului (Ștef, 2012)

3.3.4.3 Modelul activității de concepție

Concepția produsului (product design) se poate defini ca ansamblul activităților și proceselor care permit trecerea de la ideea unui nou produs (sau îmbunătățirea unui produs existent) la informațiile (desene, programe etc.) care permit lansarea producției, asigurarea folosirii și mentenabilității.

În Fig. 3.31 este reprezentat modelul activității de concepție a produsului (A2), care cuprinde trei activități (faze): concepția preliminară sau studiul conceptual (A21), concepția constructivă (A22) și concepția detaliată (A23).

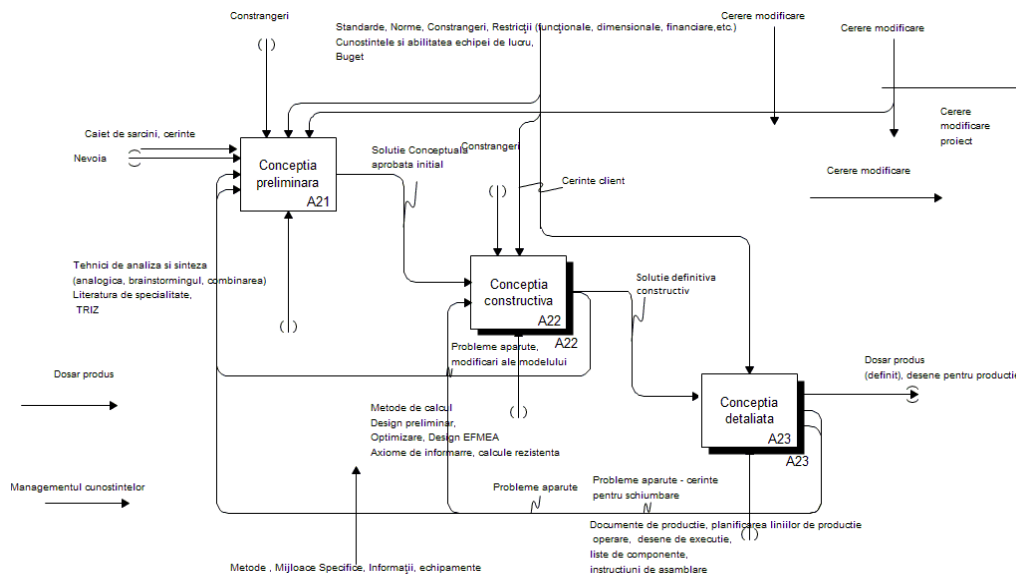


Fig. 3.31 Diagrama A2: Concepția produsului (Ștef, 2012)

3.3.4.4 Modelul activității de concepție preliminară

Activitatea de concepție preliminară (A21) (Fig. 3.32) utilizează ca mărimi de intrare alternativele tehnice disponibile, necesitățile exprimate și caietul de sarcini, folosind metode de analiză funcțională și de studiu a alternativelor disponibile, care ajută la alegerea unei soluții conceptuale îmbunătățite ce urmează a fi concepută constructiv și detaliat pentru a furniza dosarul proiect necesar activității de fabricație a produsului.

3.3.4.5 Modelul activității de concepție constructivă

Concepția constructivă reprezintă activitatea în care soluția conceptuală se transformă în soluție definită constructiv (model de produs). Concepția constructivă reprezintă activitatea în care echipa de concepție elaborează descrierea tehnică completă, cât și structura finală a produsului, în termeni de forme și dimensiuni. Tot în această fază, sarcinile de analiză, evaluare și de sinteză se succed și se completează înaintea ajungerii la o soluție optimă a produsului. În timpul fazei de concepție constructivă echipa de concepție trebuie să stabilească concepția preliminară a formei, materialele folosite, forma spațială a componentelor, aranjarea

generală și compatibilitatea spațială, precum și modul de funcționare, iar pentru orice funcții auxiliare necesare produsului să ofere soluții.

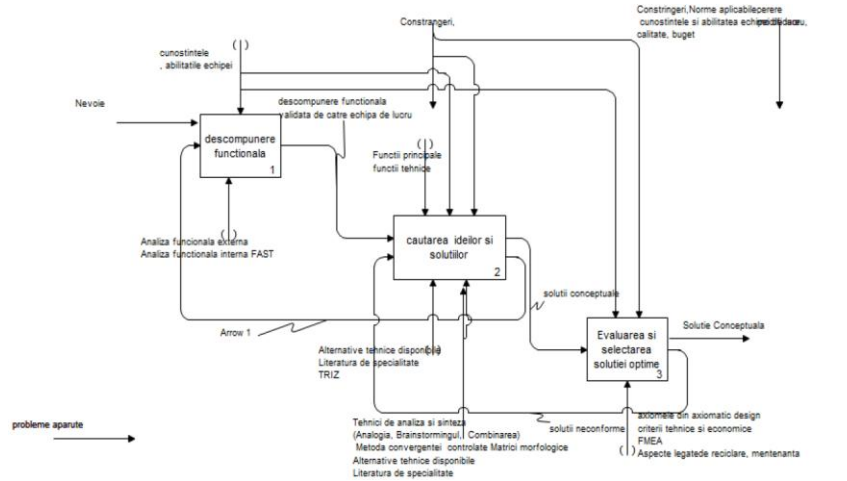


Fig. 3.32 Diagrama A21: Concepția preliminară (Banciu, 2011)

Activitatea de concepție constructivă (A22) este descompusă în (Fig. 3.33): concepția virtuală (A221) și prototiparea virtuală (A222).

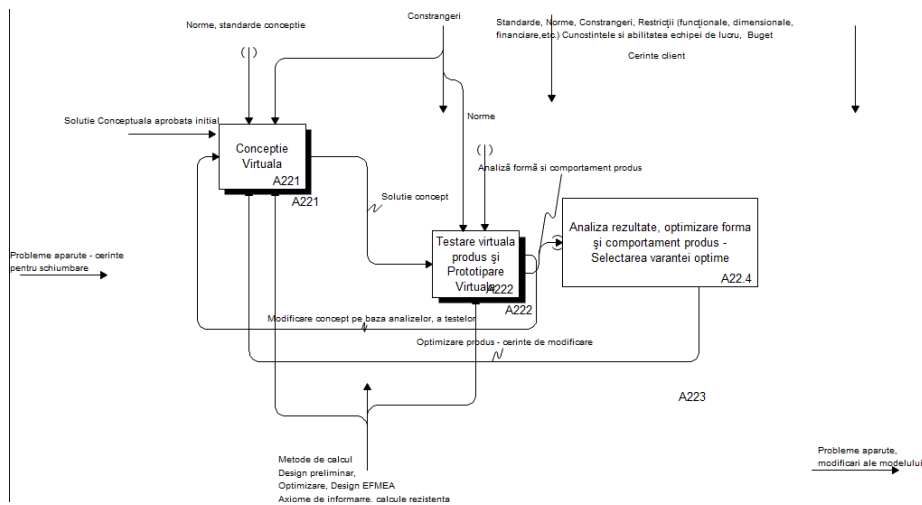


Fig. 3.33 Diagrama A22: Concepția constructivă

Concepția virtuală (A221) reprezintă faza în care este elaborat modelul de produs (CAD). Membrii echipelor de concepție definesc în detaliu fiecare component, specificând dimensiunile sale, caracteristicile fizice (materiale), schemele și planurile detaliate, costurile, precum și o descriere a procesului său de funcționare și utilizare.

Un model de produs este definit prin utilizarea informațiilor, atât grafice (desene, schițe etc.), cât și non-grafice (caiet de sarcinii, liste de funcții, caracteristici etc.).

Concepția virtuală (A221) este descompusă în continuare (Fig. 3.34) în activități necesare abstractizării produsului.

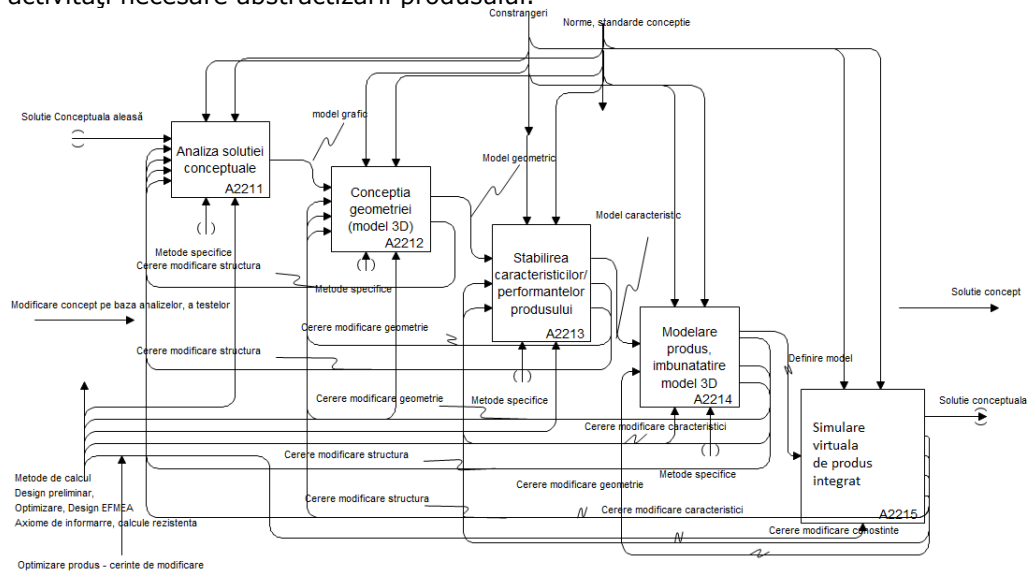


Fig. 3.34 Diagrama A221: Concepția virtuală

Prototiparea virtuală a produsului (A222) este faza care permite echipelor de concepție să examineze, manipuleze și să testeze produsul conceput folosind diferite aplicații software care facilitează colaborarea între diferite departamente implicate în faza de concepție constructivă. Aceste programe supun modelul virtual la solicitări, teste de duranță, simulări de deformații, pentru a simula și analiza comportamentul produsului pe toată durata ciclului de viață al acestuia.

Testarea primului produs (prototip fizic) se face cu o mare risipă de timp, energie materiale și bani, iar în final există posibilitatea ca produsul să nu se comporte conform specificațiilor și cerințelor, mai ales din cauza materialelor utilizate în procesele de prototipare.

Activitatea de prototipare virtuală este o simulare grafică într-o aplicație dedicată pentru un produs fizic, care poate fi prezentată, analizată și testată din punct de vedere al ciclului de viață al produsului, ca pe un prototip real.

Activitatea de prototipare virtuală (A222) se descompune în patru faze (Fig. 3.35).

3.3.4.6 Modelul activității de concepție detaliată

Concepția detaliată reprezintă activitatea în care echipa de concepție are ca date de intrare soluția constructivă definită în activitatea anterioară, iar transformarea o reprezintă optimizarea, modelarea tuturor etapelor care sunt necesare fabricării produsului, managementului de fabricare etc., având ca date de ieșire dosarul de produs și desenele pentru producție. Transformarea în cadrul acestei activități este realizată în principal de specialiștii din echipa de concepție, care pot reînțoarce proiectul în faza anterioară sau chiar într-o fază mai timpurie de dezvoltare a produsului.

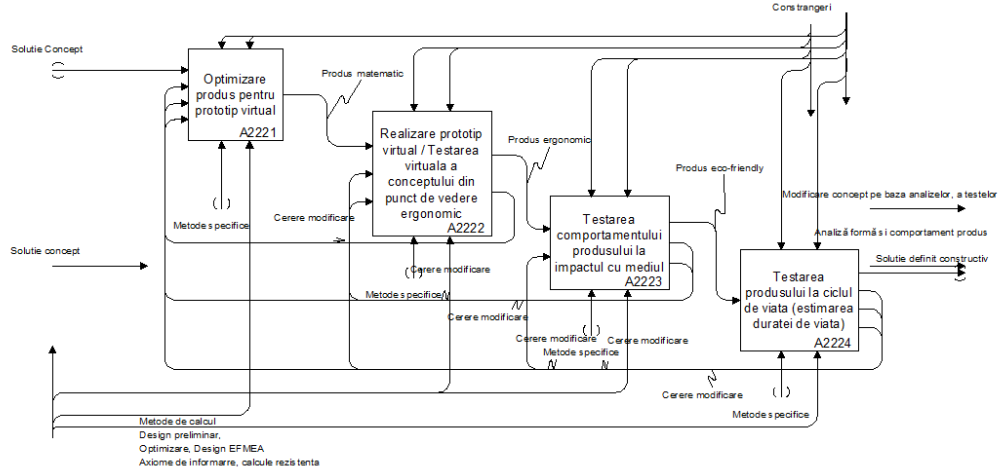


Fig. 3.35 Diagrama A222: Prototiparea virtuală

Faza de concepție detaliată este privită tradițional ca faza în timpul căreia este dezvoltată soluția fizică finală. Modelarea activității de concepție detaliată are ca date de intrare soluția definită constructiv, iar în urma aplicării cerințelor de modificare și a soluțiilor rezultate în urma procesului de prototipare și testare virtuală, conduce la elaborarea dosarului de produs (date de ieșire). Descompunerea activității de concepție detaliată (A23) pune în evidență următoarele activități (Fig. 3.36): optimizarea și modelarea produsului (A231), urmată de prototiparea virtuală a soluției constructive (A232), supunerea la aceleași teste a acestei soluții pentru a face diferența dintre modelul anterior și cel curent.

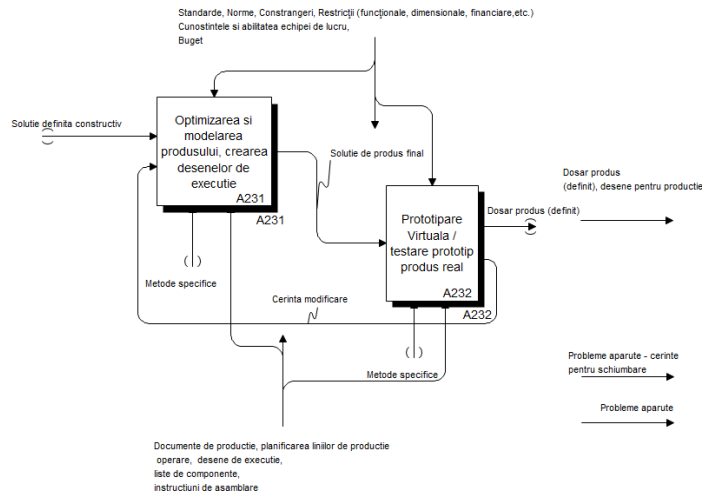


Fig. 3.36 Diagrama A23: Concepția detaliată

În cadrul fazei de optimizare și modelare a produsului (A231) se vor elabora și planifica etapele de dezvoltare finală a produsului, planificarea producției și a testelor ce vor fi efectuate cu produsul final (Fig. 3.37).

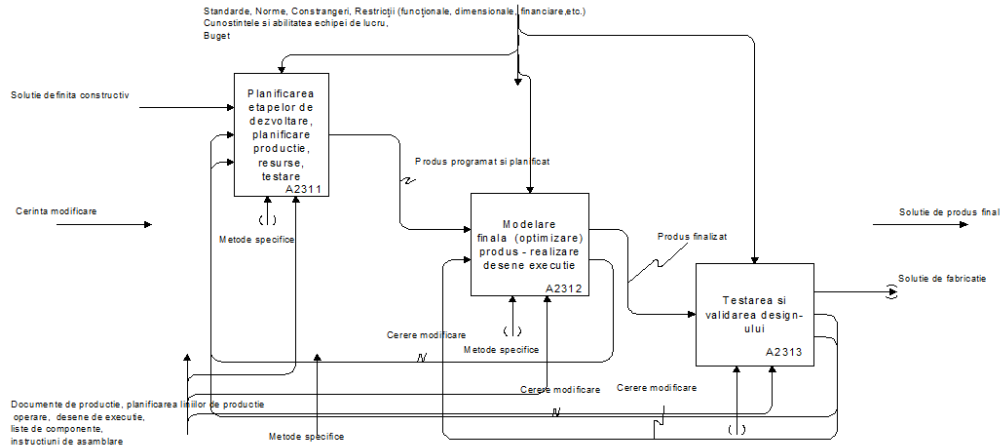


Fig. 3.37 Diagrama A231: Optimizarea și modelarea produsului

Echipa de concepție va stabili împreună cu echipa ce va realiza procesul de fabricație dacă produsul rezultat este manufacturabil, dacă poate fi descompus în pași simpli pentru crearea liniilor de asamblare. În cazul în care se vor ivi probleme de fabricație, echipa responsabilă de concepția produsului va face modificările cerute de producție. După finalizarea planificării producției, se vor stabili testele necesare pentru validarea atât a conceptului cât și a produsului final. Aceste teste vor fi planificate în funcție de cerințele și specificațiile produsului, în funcție de testele cerute de către clientul ce va livra ansamblul sau subansamblul (în cazul în care compania care a realizat produsul este o companie contractantă și nu cea care va vinde produsul final pe piață).

În cadrul etapei de prototipare virtuală / testare prototip produs real (A232) se va realiza prototipul real ce va cuprinde forma, caracteristicile, materialele utilizate pentru produsul final. Produsul rezultat va fi testat conform cerințelor și etapelor definitivate în etapa anterioară. Testele ce se vor efectua vor cuprinde toate etapele și metodele definite și se vor aplica asupra prototipului real, pentru validarea atât a conceptului cât și al designului, asupra produsului, imediat după prelucrare, sau asupra întregului proces de manufacturare, pentru validarea procesului de fabricație. După validarea design-ului și a liniilor de producție, produsul este testat direct de pe linia de asamblare a subcomponentelor, pentru validarea finală. În Fig. 3.38 sunt prezentate toate etapele de testare și validare al produsului rezultat în urma procesului de concepție colaborativă.

3.3.5 Modelarea procesului de concepție cu OPM

3.3.5.1 Noțiuni de OPM

OPM (Object Process Methodology) a fost dezvoltată ca o abordare holistică pentru studiul și dezvoltarea de sisteme care integrează paradigme orientate pe obiect și orientate spre proces, într-un singur cadru de referință (Dori, 2002).

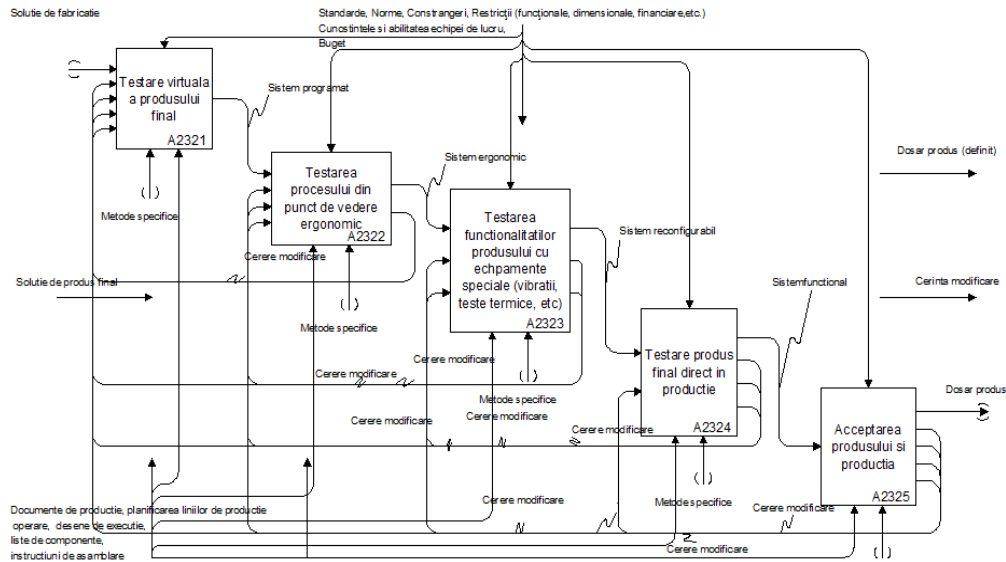


Fig. 3.38 Diagrama A232: Prototiparea și testarea / simularea virtuală

OPM permite oricărui inginer să creeze modele ale unui sistem ce se află în faza de dezvoltare, să ruleze simulări conceptuale pentru validarea și verificarea produselor și totodată să salveze repozitoriul.

OPM oferă o bază solidă pentru modelarea și concepția de produse complexe. Modelul ontologic bazat pe OPM este constituit din entități și legături (link-uri). Entitățile includ obiecte și stări.

În cadrul modelelor ontologice create cu ajutorul OPM există obiecte care au anumite stări, în timp ce procesele transformă aceste obiecte prin generarea acestora sau schimbarea stării acestor obiecte.

Legăturile din cadrul modelului pot fi structurale sau procedurale. Legăturile structurale exprimă static relațiile dintre perechi și entități. Cele patru relații structurale fundamentale sunt: agregare-participare, generalizare-specializare, prezentare-caracterizare și clasificare - instanțiere.

Legăturile procedurale conectează entități (obiecte, procese, stări) pentru a descrie comportamentul unui sistem.

Comportamentul unui sistem se poate manifesta în trei moduri principale:



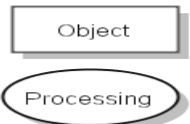
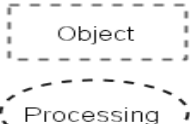
- (1) procese ce pot transforma (genera, consuma, sau schimba starea) obiectele;
- (2) obiecte care pot activa procese fără a se transforma;
- (3) obiecte ce pot declanșa evenimente, numai dacă anumite procese sunt îndeplinite în anumite condiții.

În consecință, o legătură procedurală poate fi o legătură de transformare, o legătură de activare sau o legătură eveniment.

O legătură de transformare exprimă transformarea obiectelor, consumul de obiecte, generarea sau schimbarea de stări. O legătură de activare exprimă nevoia prezenței unui obiect, posibil într-o anumită stare, pentru activarea unui proces ce urmează a fi folosit. O legătură eveniment conectează diverse entități (obiecte, stări sau procese) cu procesele pe care le accesează sau pe care le creează.

În tabelul de mai jos sunt explicate principalele elemente componente ale modelului OPM.

Tab. 3.1 Principalele simboluri și atribute ale OPM, după (Dori, 2013)

Atribut	Simbol	Descriere / OPL
Obiect		Un lucru (entitate), care are existența fizică sau psihică stabilă, necondiționată. „Object name” este obiect.
Proces		Un proces, etapă care reprezintă un model de transformare asupra elementelor cu care vine în contact.
Conținut		Un atribut care determină dacă un lucru (obiect sau proces) este fizic sau informațional.
		Procesul este fizic
Afiliere		Un atribut care determină dacă un lucru este dependent de un mediu (extern al sistemului – contur punctat) sau de un sistem.
		Procesul este dependent de mediu

OPM oferă două modalități echivalente pentru concepția modelelor: una grafică, iar ce-a de-a doua textuală.

Metoda grafică oferită de OPM constă într-un set inter-relaționat de diagrame OPD (Object Process Diagrams), ce oferă vizualizarea și analiza sistemului pe diverse niveluri de detaliu. OPD asignează simboluri grafice speciale pentru fiecare element din cadrul OPM.

Metoda bazată pe text OPL (Object Process Language) reprezintă modalitatea de exprimare cu ajutorul textului a aceluiași seturi ce sunt prezentate cu ajutorul OPD. OPL este un limbaj dual, utilizat atât de membrii echipelor de concepție colaborativă cât și de calculatoare sau diverse sisteme informatice (Dori, 2013).

3.3.5.2 Modelul ciclului de viață al produsului

În Fig. 3.39 este prezentat modelul ciclului de viață al produsului, sistemele și procesele conexe ale acestuia.

Ciclul de viață al produsului cuprinde o serie de activități interdependente, la care echipele de proiect sunt parte integrantă și care vor avea o contribuție importantă pe tot parcursul ciclului de viață, fiind implicate în toate activitățile de concepție colaborativă. Toate procesele menționate vor primi informații și vor colabora cu numeroase sisteme și procese care vor duce la schimbarea stării atât a activităților desfășurate cât și a stării obiectelor și proceselor cu care interacționează.

Ținând cont de diagrama A0 realizată în IDEF0, se pot reprezenta activitățile ciclului de viață al produsului (Fig. 3.40).

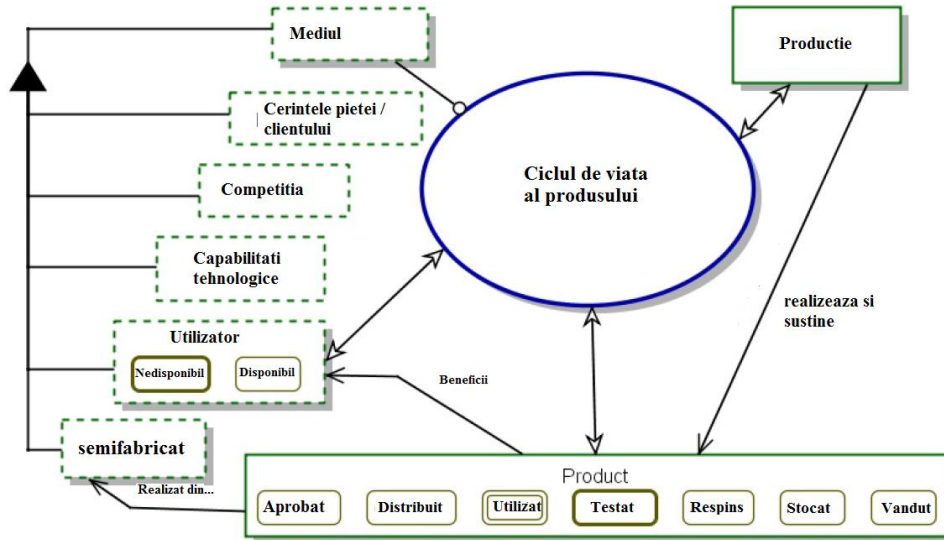


Fig. 3.39 Nivelul superior al ciclului de viață al produsului, după (Dori, 2013)

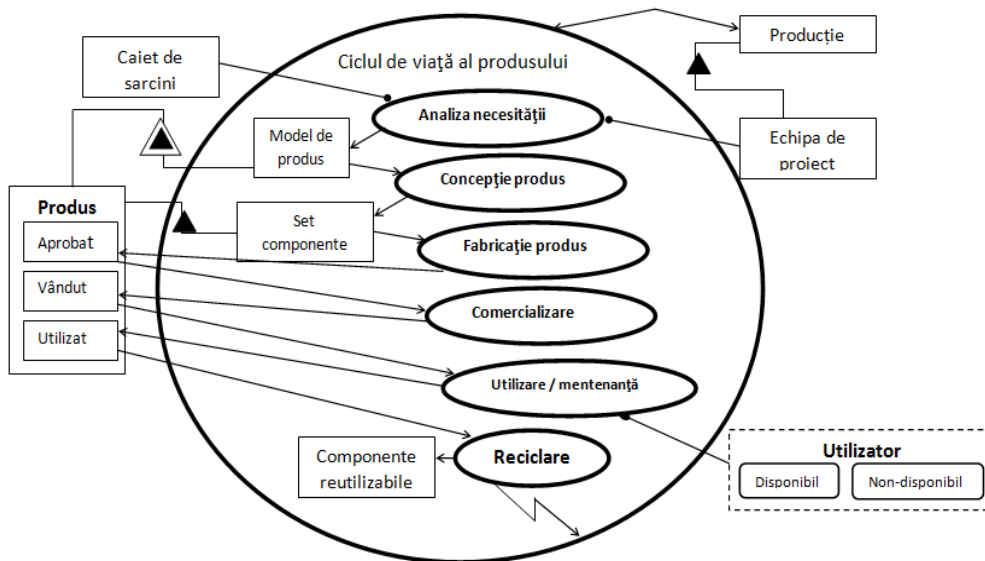


Fig. 3.40 Modelul ciclului de viață al produsului

3.3.5.3 Modelul procesului de concepție

Procesul de concepție a produsului a fost descompus pentru a se evidenția activitățile sale (Fig. 3.41).

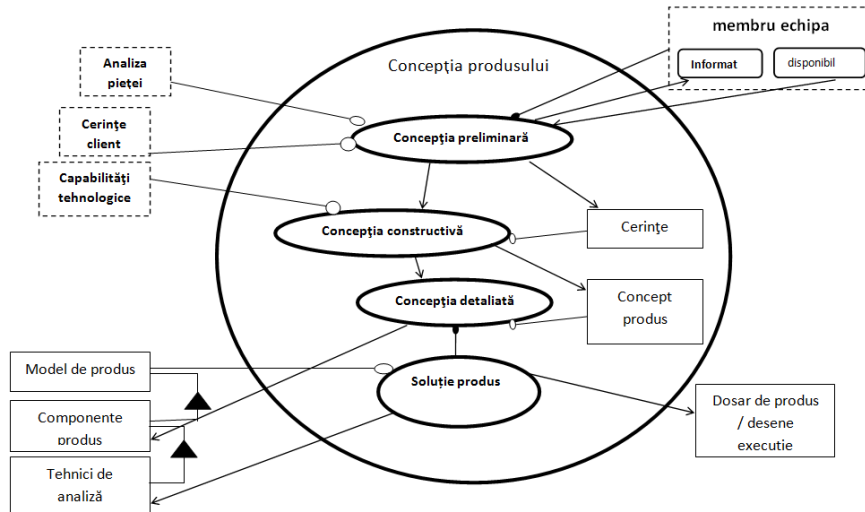


Fig. 3.41 Modelul procesului de concepție a produsului

Fiecare proces primește date de intrare de la sisteme din interiorul procesului de concepție al produsului sau de la sisteme, procese externe, menite să schimbe starea sistemului, sau menite să avanseze procesul la un nivel sau o activitate superioară. De exemplu, analiza pieței sau cerințele clienților vor face ca echipele de proiect să demareze procesul de analiză al acestor cerințe. În urma acestui proces vor rezulta cerințele și specificațiile pentru produsul ce va fi conceput, iar acestea împreună cu procesul de concepție preliminară (care are ca rezultat un concept de produs), cerințe și specificații, vor fi inserate în procesul de concepție constructivă și vor duce la demararea acestui proces de către echipele de proiect.

Această structură are ca scop o fluidizare și o ierarhizare a activităților de concepție colaborativă, care au ca rezultat realizarea, manufacturarea și livrarea unui produs ce corespunde cerințelor pieței (variabilă ce a fost inserată în sistem încă din primele etape ale concepției).

Fiecare proces / activitate de concepție a produsului poate fi detaliată conform modelului de concepție elaborat inițial cu IDEF0.

3.3.5.4 Modelul procesului de concepție preliminară

În timpul fazei de concepție preliminară se analizează cerințele de bază pe care produsul trebuie să le satisfacă, și se generează o structură organizată care le satisface. Procesul de concepție preliminară este inițiat prin identificarea unei nevoi sau a unei cerințe a clientului, a pieței etc.

Conform (Banciu, 2011), pentru a putea propune variante conceptuale, care să satisfacă cerințele specificate în caietul de sarcini funcțional, sunt necesare cunoștințe vaste, solide, care să fie formulate unitar și riguros, despre modul în care poate fi realizată o funcție prin intermediul unui mijloc fizic, palpabil.

Concepția preliminară poate fi considerată etapa în care toate echipele de proiect din diferite domenii și locații geografice lucrează în paralel la analiza cerințelor pieței, a clientului, pentru a contura un concept de produs ce va duce la realizarea produsului ce corespunde cerințelor. Acest proces de concepție preliminară face parte integrantă din întregul proces de concepție colaborativă a

produsului, deoarece sunt implicate toate echipele, disciplinele (mecanică, electronică, testare, software etc.) și departamentele (financiar, resurse umane, achiziție etc.) alocate proiectului ce trebuie finalizat.

Concepția preliminară fiind o secvență din întregul proces de concepție colaborativă, cuprinde următoarele activități:

- Descompunerea funcțională;
- Căutarea / analiza ideilor și a soluțiilor;
- Evaluarea și selectarea soluției optime.

Aceste activități este necesar a fi reluate pentru fiecare, ansamblu, subansamblu al produsului. Numai după ce s-a ales varianta optimă a soluției conceptuale existente se trece mai departe la procesul de concepție constructivă. În Fig. 3.42 este prezentat modelul procesului de concepție preliminară.

Descompunerea funcțională are ca element de intrare toate specificațiile menționate în caietul de sarcini, soluțiile anterioare (produse existente care trebuie îmbunătățite), necesitățile exprimate în faza de analiza nevoii.

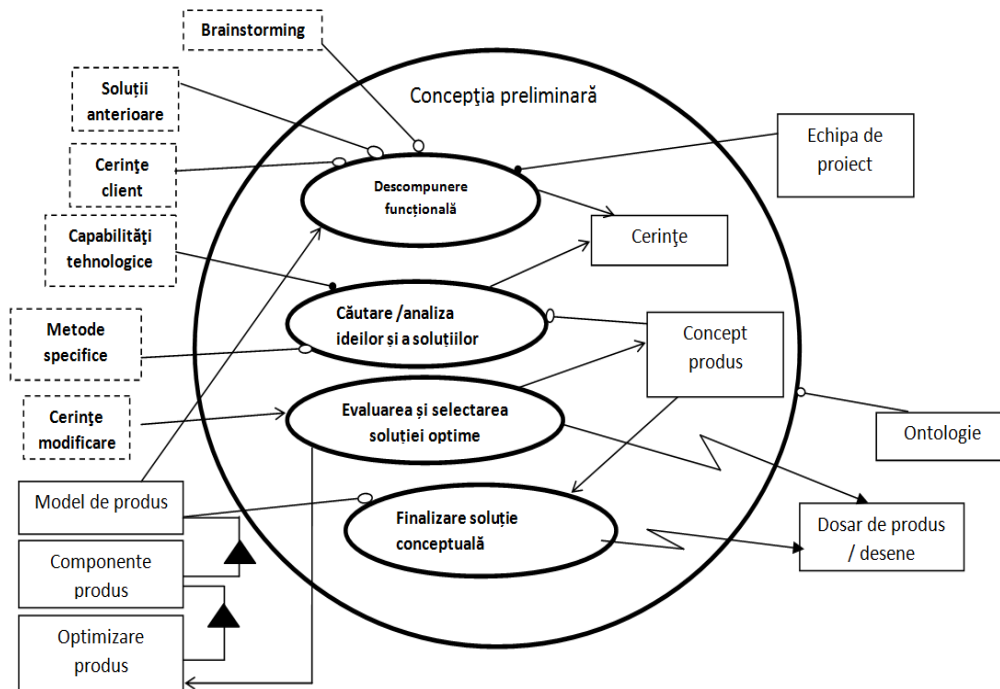


Fig. 3.42 Procesul de concepție preliminară

În cadrul procesului de căutare / analiză a ideilor și a soluțiilor, se analizează totalitatea soluțiilor ce au fost enunțate în urma analizei cerințelor și a produselor deja existente similare cu produsul ce se dorește a fi conceput. Aici are loc identificarea soluțiilor posibile la funcțiile tehnice enunțate anterior. Pentru aceasta este necesară participarea tuturor echipelor de proiect din diferite domenii de activitate. În situația în care nu se cere un produs total nou, ci o îmbunătățire a unuiia deja existent, se pornește de la ceea ce deja este cunoscut despre acel produs. Astfel, optimizându-se caracteristicile unui produs existent, se pot

îmbunătăți astfel componentele ce nu corespund cerințelor cu altele mai fiabile, reduse ca număr, mai ieftine, etc.

În cadrul activității de evaluare și selectare a soluției optime, este necesară selectarea variantei optime pentru ca designerii să își concentreze energia și atenția pe o varianta sigură, posibil de realizat.

În această etapă, plecând de la o mulțime de soluții conceptuale analizate, prin combinare, evaluare și comparare, acestea se vor îmbunătăți, accepta sau respinge, dintr-o serie de variante, în final alegându-se varianta conceptuală optimă (Banciu, 2011).

3.3.5.5 Modelul procesului de concepție constructivă

În cadrul concepției constructive, activitatea principală este cea de concepție colaborativă virtuală, în cadrul căreia echipele de concepție realizează modelul de produs conform analizei pieței, cerințelor și capacităților tehnologice, toate acestea fiind procese ce modifică starea procesului de concepție virtuală (Fig. 3.43). În urma analizei modelului / conceptului preliminar rezultat în cadrul procesului de concepție, echipele pot crea un concept de produs apropiat de cel ce se dorește a fi realizat. Acest nou concept este trimis altor departamente sau furnizori pentru analiza financiară, funcțională. Totodată, acesta poate fi trimis la echipa de producție, pentru familiarizarea acesteia cu forma și caracteristicile noului produs ce va fi realizat. Acest lucru se realizează prin crearea și livrarea dosarului de produs.

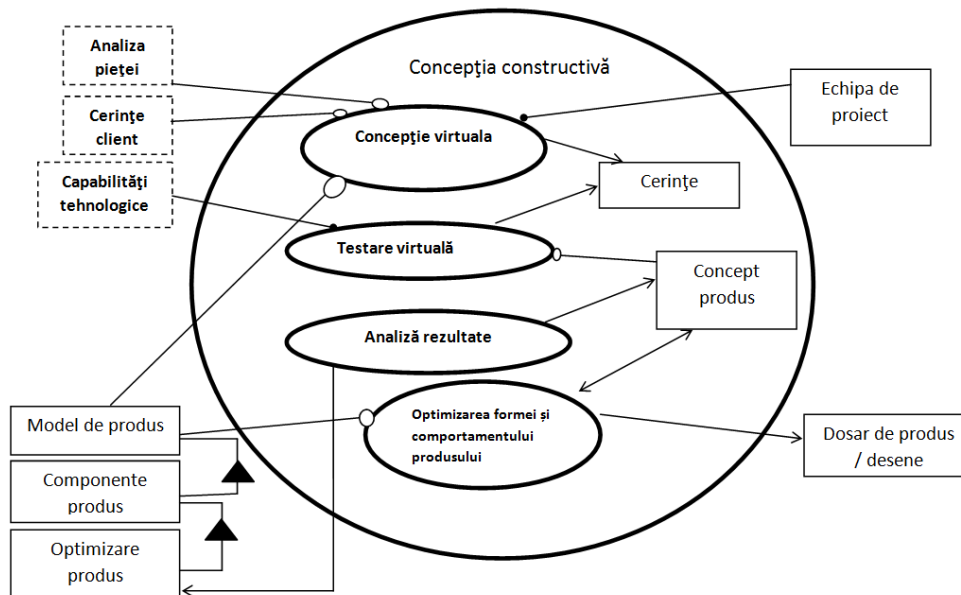


Fig. 3.43 Procesul de concepție constructivă

3.3.5.6 Modelul procesului de concepție detaliată

În Fig. 3.44 este prezentat procesul de concepție detaliată, în cadrul căruia se încearcă definitivarea formei, caracteristicilor și specificațiilor produsului. Ca date de intrare inițiale sunt informațiile despre soluția tehnică aleasă în etapa

precedentă. Tot în cadrul acestui proces se realizează un prototip virtual pentru analiza detaliată a comportamentului produsului, acesta fiind urmat de o optimizare pentru îmbunătățirea produsului conceput.

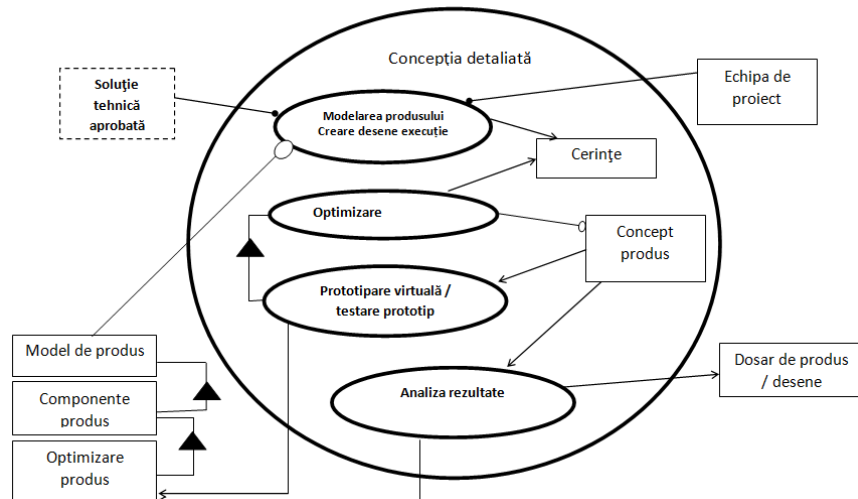


Fig. 3.44 Procesul de concepție detaliată

În cadrul procesului de optimizare al produsului (Fig. 3.45), datele (variabilele de intrare) cuprind toate informațiile și cerințele rezultate în etapele / procesele anterioare. Prin metode specifice de optimizare, se recurge la planificarea tuturor activităților, planificarea producției și a etapelor de testare reală a produsului pentru validarea acestuia. În urma testelor pe prototipul virtual, a tuturor modificărilor survenite în urma recursivității proceselor de testare și concepție, atât forma, caracteristicile cât și specificațiile produsului sunt îmbunătățite și finalizate de către echipele de proiect.

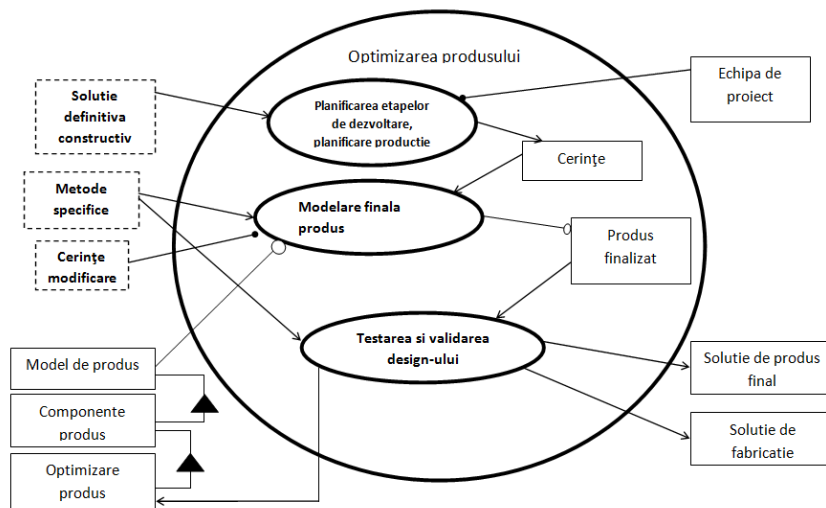


Fig. 3.45 Procesul de optimizare a produsului

3.3.6 Modelarea procesului de concepție cu UML

3.3.6.1 Noțiuni de UML

Acest limbaj orientat pe obiect (object-oriented) a fost dezvoltat de către Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson și Rational Software Corporation. Aceștia au fuzionat conceptele și ideile lor într-un model unic, standardizat. Astăzi, UML (Unified Modeling Language) este acceptat de către Object Management Group (OMG) ca standard pentru modelarea programelor orientate pe obiecte.

UML definește nouă tipuri de diagrame principale (Smartdraw, 2013): clasă (class), pachet (package), obiect (object), caz de utilizare (use case), secvență (sequence), colaborare (collaboration), stare (statechart), activitate (activity), component (component) și implementare (deployment).

Diagrama clasă (Class Diagram) (Fig. 3.46) este coloana vertebrală a aproape fiecărei metode orientată pe obiect, inclusiv UML. Ea descrie structura statică a unui sistem.

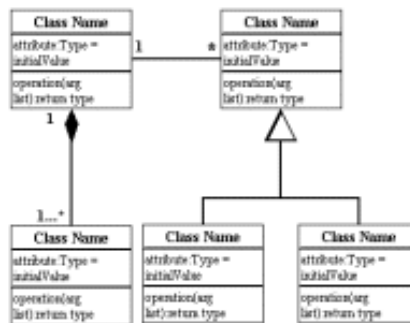


Fig. 3.46 Diagramă de clase

Diagrama pachet (Package Diagram) (Fig. 3.47) este un subset de diagrame de clase, dar dezvoltatorii le tratează uneori ca pe o metodă tehnică separată. Aceste diagrame organizează elementele unui sistem în grupuri, pentru a reduce dependențele între pachete.

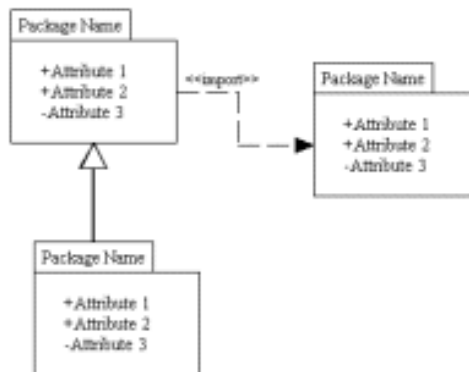


Fig. 3.47 Diagramă de pachete

Diagrama obiect (Object Diagram) (Fig. 3.48) descrie structura statică a unui sistem. Ele pot fi folosite pentru a testa acuratețea diagramelor clasă.

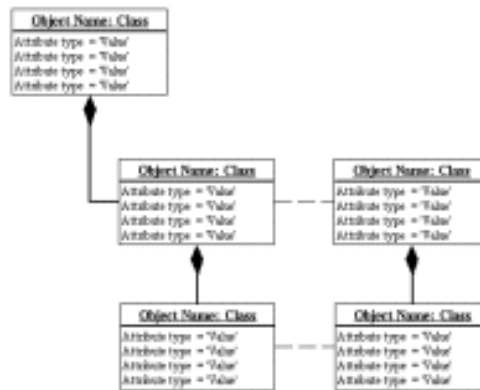


Fig. 3.48 Diagramă de obiecte

Diagrama caz de utilizare (Use Case Diagram) (Fig. 3.49) permite funcționarea sistemului cu ajutorul membrilor de echipe și a structurilor de caz.

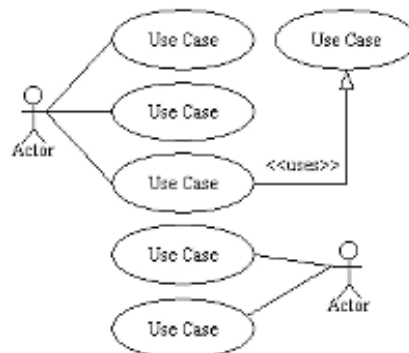


Fig. 3.49 Diagramă de cazuri de utilizare

Diagrama secvență (Sequence Diagram) (Fig. 3.50) descrie interacțiunile între clase printr-un schimb de mesaje în timp.

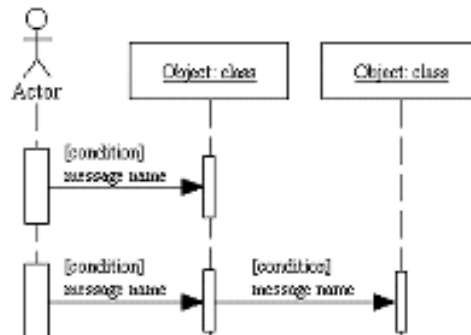


Fig. 3.50 Diagramă de secvențe

Diagrama colaborare (Collaboration Diagram) (Fig. 3.51) reprezintă interacțiunea dintre obiecte și o serie secvențială de mesaje. Aceasta descrie structura statică și comportamentul dinamic al unui sistem.

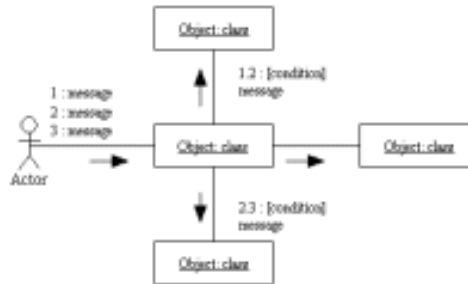


Fig. 3.51 Diagramă colaborare

Diagrama stare (Statechart Diagram) (Fig. 3.52) descrie comportamentul dinamic al unui sistem, ca răspuns la stimuli externi. Diagramele stare sunt utile mai ales în modelarea obiectelor reactive, a căror stare este declanșată de anumite evenimente specifice.

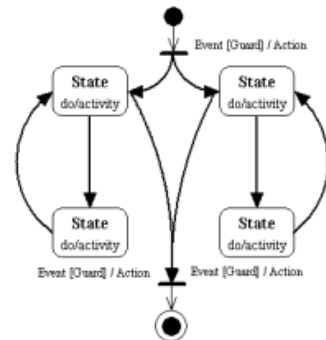


Fig. 3.52 Diagramă de stări

Diagrama activitate (Activity Diagram) (Fig. 3.53) ilustrează natura dinamică a unui sistem prin modelarea și controlul fluxului dintre două activități. O activitate reprezintă o operație asupra unei clase din sistem, ce conduce la o schimbare a stării sistemului. De obicei, diagramele de activitate sunt folosite pentru modelarea fluxului de lucru sau a proceselor din cadrul companiilor.

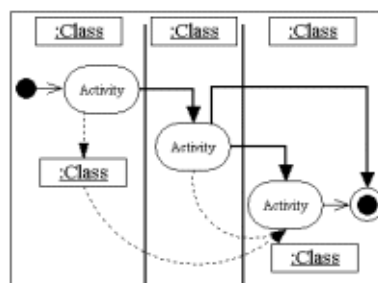


Fig. 3.53 Diagramă de activități

Diagrama component (Component Diagram) (Fig. 3.54) descrie organizarea fizică a componentelor software, inclusiv codul sursă, run-time (binar) cod și executabilele.

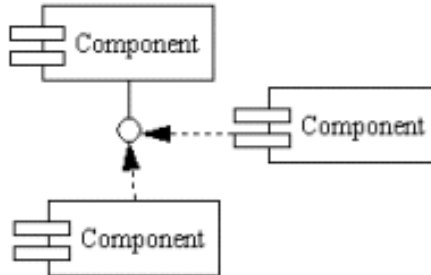


Fig. 3.54 Diagramă de componente

Clasele reprezintă o cumulare abstractă de entități cu caracteristici comune. Asocierile reprezintă relațiile dintre clase (Fig. 3.55).

Aceste clase conțin: denumirea de clasă, lista de atribute, și operațiile.

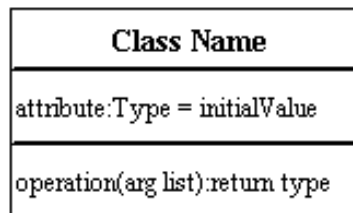


Fig. 3.55 Exemplu de clasă

Cu ajutorul claselor active (Active Class) (Fig. 3.56) se pot iniția și controla fluxuri de activitate. Clasele pasive pot stoca date și a servi alte clase active.

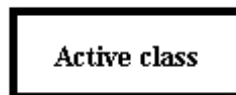


Fig. 3.56 Clasa activă

3.3.6.2 Modelul ciclului de viață al produsului

O reprezentare simplificată a ciclului de viață al produsului utilizând UML este dată de către (Chungoora, 2013) (Fig. 3.57).

În general, în cadrul procesului de concepție colaborativă, pentru începerea activităților de concepție a unui produs sau de modificare a proiectului, parametrii de intrare pot fi anumite cerințe de la clienți (existența unor probleme) sau cereri de modificare (atât din producție cât și de la echipele ce realizează prototipurile / testarea sau chiar forma / conceptul produsului).

Pașii necesari pentru soluționarea unei probleme sau a unei modificări survenite pe parcursul procesului de concepție sau de dezvoltare al produsului, sunt prezentați în Fig. 3.58.

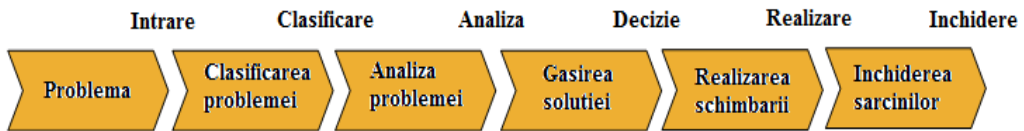


Fig. 3.58 Pașii necesari pentru realizarea unei modificări / corecții, după (Ulrich, 2000)

Pentru realizarea diagramelor de clasă (Class Diagram) s-a utilizat *Visual Paradigm for UML* (Visual Paradigm for UML, 2013), în care se pot evidenția etapele, responsabilitățile și activitățile necesare pașilor menționați mai sus (Fig. 3.59).

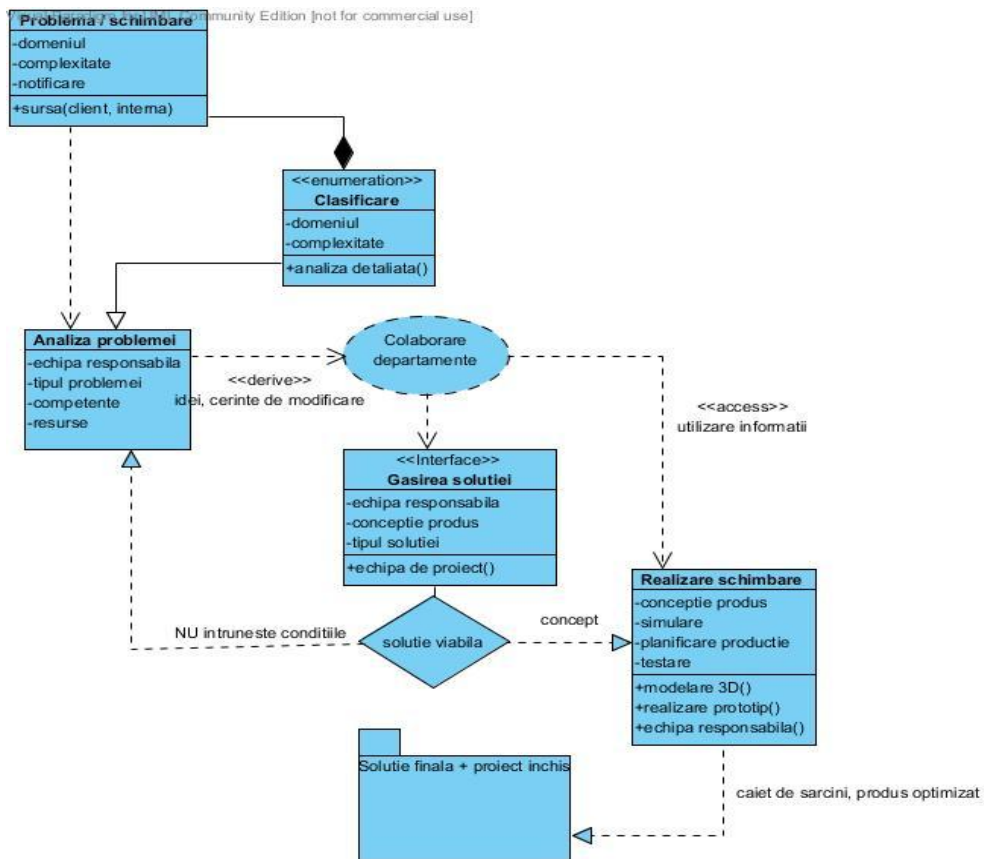


Fig. 3.59 Analiza și implementarea unei modificări / corecții

Diagrama de clase permite modelarea claselor, pe când diagrama de obiecte permite modelarea instanțelor. Într-o diagramă de clase acestea sunt reprezentate prin:

- nume;
- atribute - proprietăți comune ale tuturor obiectelor cuprinse într-o clasă;
- vizibilitate - indicată de semnul minus (-) în cazul atributelor private, plus (+) în cazul atributelor publice. Vizibilitatea unui atribut este utilizată în limbajul

obiect pentru a indica dacă este sau nu este acces la acel atribut prin clasificare externă (în aceeași formă se aplică și în cazul operațiilor);

- operații și metode - pot fi funcții sau transformări și pot fi aplicate unei anumite clase.

Pentru a atinge unul dintre obiectivele acestei cercetări, reprezentat de integrarea cât mai devreme în dezvoltarea produsului a proceselor de concepție, testare și fabricație (a constrângerilor care apar pe durata ciclului de concepție), s-a realizat și un model de concepție având la bază pașii, elementele oferite de UML.

Pentru realizarea modelului de concepție colaborativă cu ajutorul UML, se vor detalia fazele evidențiate în modelul IDEF0.

3.3.6.3 Modelul activității de concepție virtuală

Aceasta se caracterizează prin definirea completă și în detaliu a fiecărui component, specificând dimensiunile sale, caracteristicile fizice (materiale), schemele și planurile detaliate, costurile, precum și o descriere a procesului său de industrializare.

După cum reiese și din modelarea în IDEF0 a activității A221 - concepția colaborativă virtuală, aceasta cuprinde:

- analiza soluției constructive;
- concepția geometriei, realizarea modelului 3D;
- stabilirea caracteristicilor;
- modelarea 3D, realizarea ansamblului;
- concepția colaborativă asincronă, ce constă în realizarea produsului, a prototipului 3D de către diverse echipe situate în diferite locații geografice.

Modelarea în UML a concepției virtuale scoate în evidență utilizarea metodelor de generare a produsului: modelare 3D, realizarea desenelor cu ajutorul aplicațiilor specializate (Fig. 3.60).

Clasei „Concepție virtuală”, care cuprinde clasele „2D” și „Concepția geometriei 3D”, îi sunt asociate atributele:

- toleranțe;
- forma modelului.

Forma modelului este caracterizată prin mai multe atribute, care vor fi reprezentate în clasa „Atribut: Caracteristici model”. Fiecare clasă de modelare va avea la rândul ei asocieri cu noi clase.

În cadrul procesului de concepție detaliată (conform cu modelul IDEF0), se pot observa două activități importante: Optimizarea și modelarea produsului și Prototipare / testare virtuală (Fig. 3.61).

În această etapă, clasa: „Optimizare și modelarea produsului” are ca atribut principal: „Atribut: Caracteristici model” având ca și parametru important modelul 3D. Clasa „Prototip virtual” are ca atribut: „Atribut de formă” care cuprinde clasele intermediare: Ergonomie, Ansamblu și Structura.

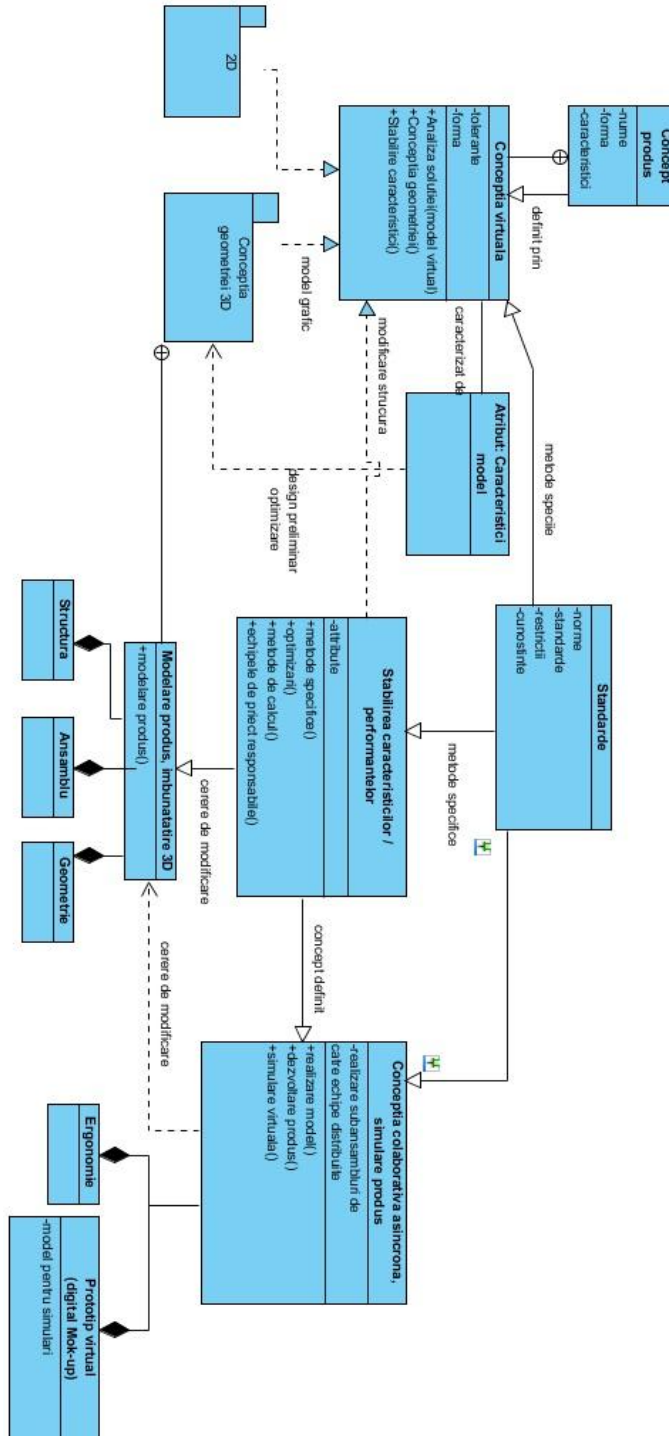


Fig. 3.60 Diagrama de clase: Concepție virtuală

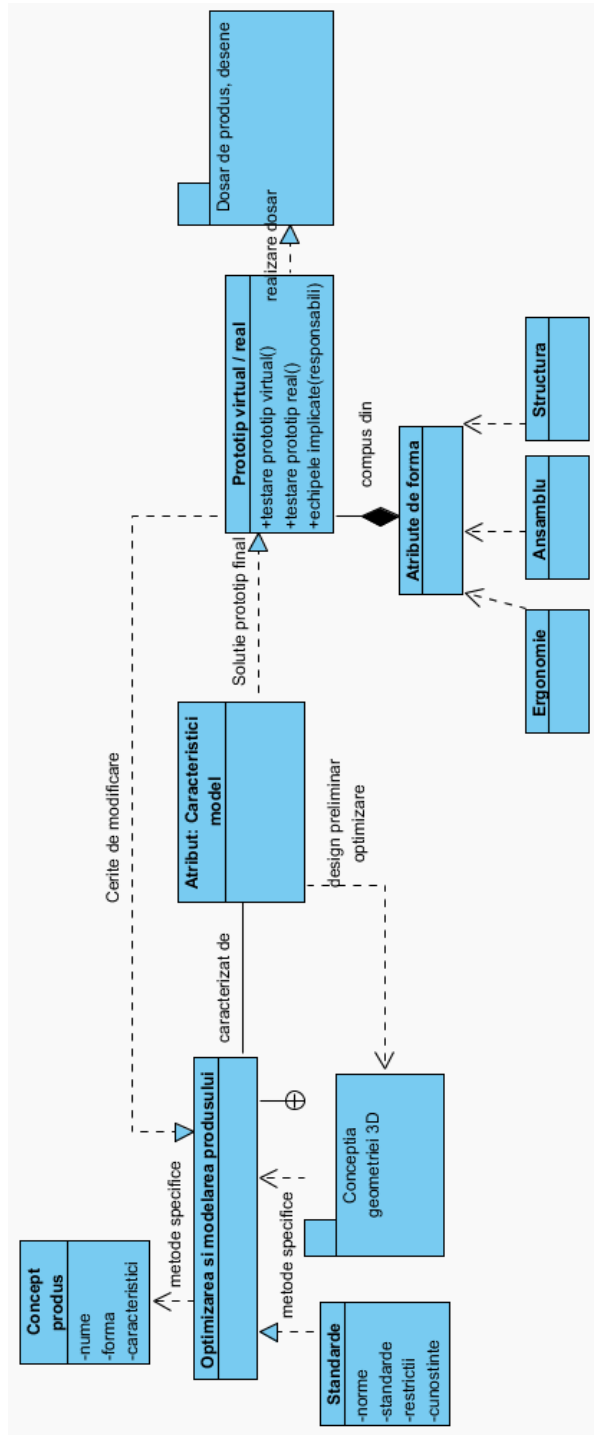


Fig. 3.61 Diagrama de clase: Concepție detaliată

3.3.6.4 Modelul activității de prototipare și testare virtuală

Prototiparea virtuală se caracterizează printr-o simulare bazată pe un grad de realism funcțional al produsului, în urma activității de concepție virtuală. Aceasta este necesară pentru simularea produsului realizat până la etapa respectivă pentru a analiza și anticipa eventualele defecte, anomalii ce pot apărea în timpul exploataării produsului. În cadrul prototipării virtuale, după cum este prezentat în sinteza modelului metodologic, și după cum reiese și din modelarea în IDEF0 reprezentată în diagramele A222:

- optimizarea produsului pentru prototipul virtual: se introduc informații legate de produs, se pot asocia constrângeri dimensionale, de utilizare a produsului etc. Totodată echipa de proiect analizează produsul virtual realizat în vederea generării de suprafețe, caracteristici cât mai aproape de formele produsului ce se dorește a fi realizat

- realizarea prototipului / testarea virtuală din punct de vedere ergonomic: se introduc constrângeri, caracteristici și norme de ergonomie;

- testarea produsului la impactul cu mediul: este primul „contact” al produsului / conceptului cu mediul în care acesta va funcționa. În această etapă se vor simula atât comportamentul produsului la acțiunea mediului (temperaturi, umezeală, etc.), cât și a acțiunii forțelor din mediul respectiv (vibrații, șocuri, etc.).

Această clasă are următoarele atribute:

- metode de calcul;
- simulări;
- acțiunea forțelor, reprezentată prin tipul acțiunii forțelor și modul de aplicare al acestora.

Atributele necesare acestei etape sunt: atribute de formă și atribute de utilizare (Fig. 3.62).

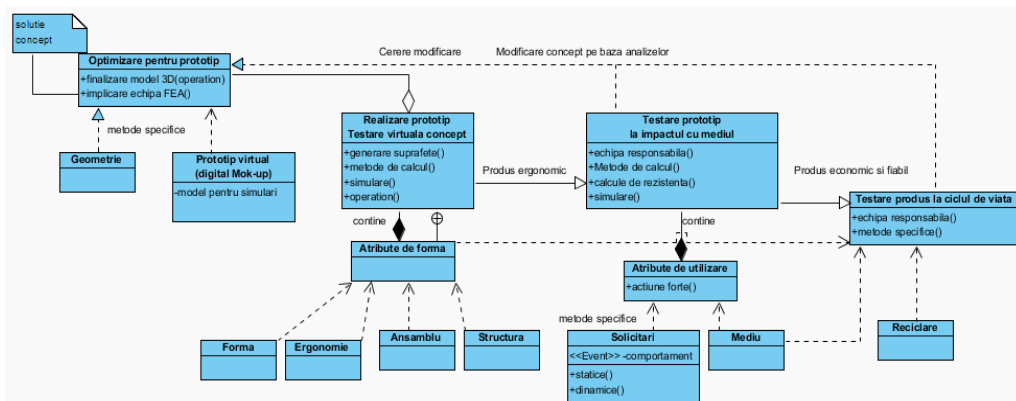


Fig. 3.62 Diagrama de clase: Testare virtuală produs și prototipare virtuală

3.3.6.5 Modelul activității de optimizare și modelare a produsului

În cadrul acestei etape se realizează planificarea producției, modelarea și optimizarea finală a produsului, testarea și validarea concepției. Clasa „Planificarea etapelor, resurselor” are ca atribute: resurse producție, umane și materiale. Principala activitate este aceea de alocare a echipelor pentru proiect. Această clasă

este dependentă de clasa „Fabricație” ce are „Atribut fabricație” acesta fiind dependent de clasele: „Concepția și programarea resurselor” și „Planificarea procesului de fabricație”, acestea având ca atribute: de formă, de utilizare, de producție (Fig. 3.63).

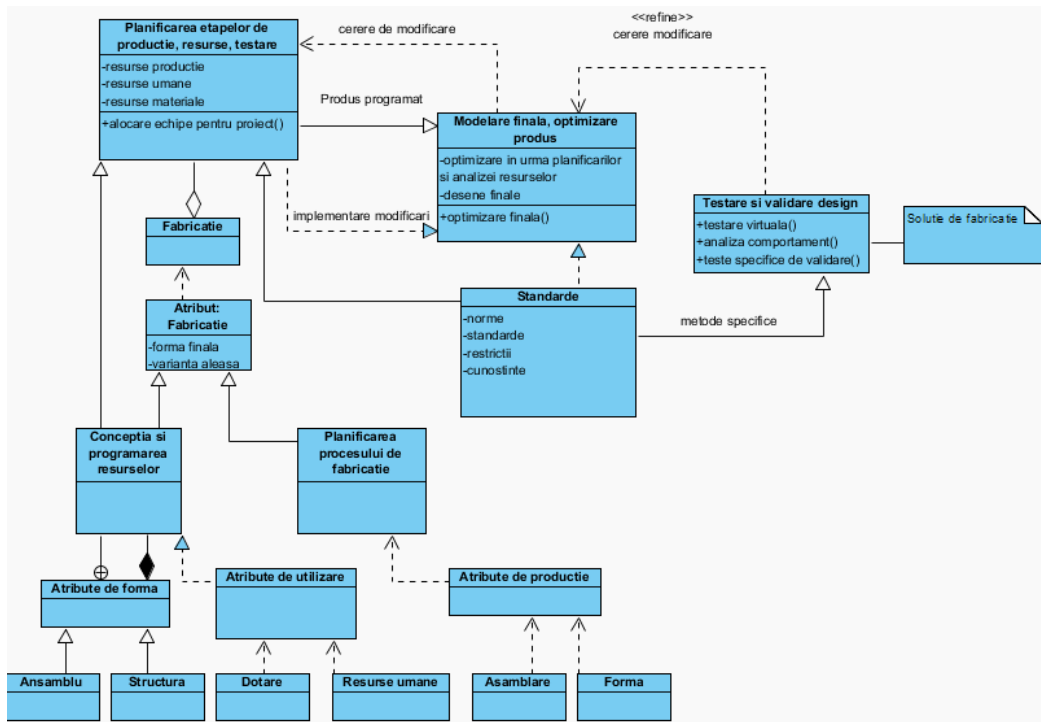


Fig. 3.63 Diagrama de clase: Optimizarea și modelarea produsului

Clasa „Modelare finală” are ca și atribute: optimizare și desene finale, având ca și constrângeri acțiunile primite de la clasa „Standarde”.

Diagrama de clase UML pentru concepția colaborativă a produsului obținută se poate observa în (Fig. 3.64).

3.4 Concluzii

Pentru a atinge obiectivul de elaborare a modelului ontologic al procesului de concepție, în vederea creării unui mediu de concepție colaborativă a produsului, cercetările au fost abordate pe următoarele direcții:

- clarificarea conceptului de ontologie;
- analiza procesului de concepție și elaborarea unui algoritm ce evidențiază interdependența dintre activitățile și fazele necesare pentru concepția produsului;
- crearea ontologiei de concepție a produsului;
- modelarea procesului de concepție a produsului pornind de la fazele, etapele și acțiunile ce sunt parte integrantă a acestui proces.

În urma modelării procesului de concepție a produsului, utilizând diagramele IDEF0 se pot reține următoarele concluzii:

- au fost identificate activitățile necesare concepției unui produs;
- a fost identificat un set preliminar de constrângeri ce apar pe durata procesului de concepție;
- au fost identificate metodele și mijloacele de concepție ce duc la realizarea unui produs de o calitate superioară și competitiv.

Realizarea modelului de concepție cu ajutorul diagramelor de proces din OPM (denumite OPD), conduce la o înțelegere mai facilă a activităților, proceselor și constrângerilor din cadrul procesului de concepție colaborativă în platformer PLM. Modelarea acestor procese și activități în OPM este corelată cu diagramele IDEF0. S-a utilizat acest model de concepție bazat pe OPM deoarece oferă claritate, ierarhizare a proceselor, activităților și domeniilor. Pot fi ușor analizate interdependențele dintre acestea și pot fi observate procesele care pot schimba starea activităților, a etapelor cu care sunt relaționate.

Modelarea folosind diagramele UML conduce la o arhitectură de integrare a datelor legate de concepția colaborativă a unui produs în cadrul platformelor PLM. Astfel, se introduc diferite enunțuri ale modului de definire a produsului și al resurselor implicate în dezvoltarea produsului, prin integrarea constrângerilor impuse de procesele la care va fi supus produsul.

Utilizarea modelului bazat pe UML pentru realizarea unei platforme este mai dificilă, datorită multitudinii de atribute, relații și mai ales datorită sensului unidirecțional al modelului ontologic. Parcurgerea tuturor etapelor de realizare a unui model cu ajutorul UML necesită o cunoaștere detaliată a tuturor diagramelor, secvențelor și componentelor ce fac parte integrantă din modelul conceput cu ajutorul UML.

Avantajul major al modelului OPM este că asignează simboluri grafice speciale la un set de relații, ca și UML, dar pentru un set mai larg de relații. Datorită structurii sale, OPM oferă o bază solidă pentru modelarea produselor foarte complexe.

OPM încearcă să rezolve două dintre principalele deficiențe ale abordării orientate pe obiect, în general, și a metodologiei UML, în special: comportamentul dezechilibrat al reprezentărilor structurii și a multiplicității complexe a modelului.

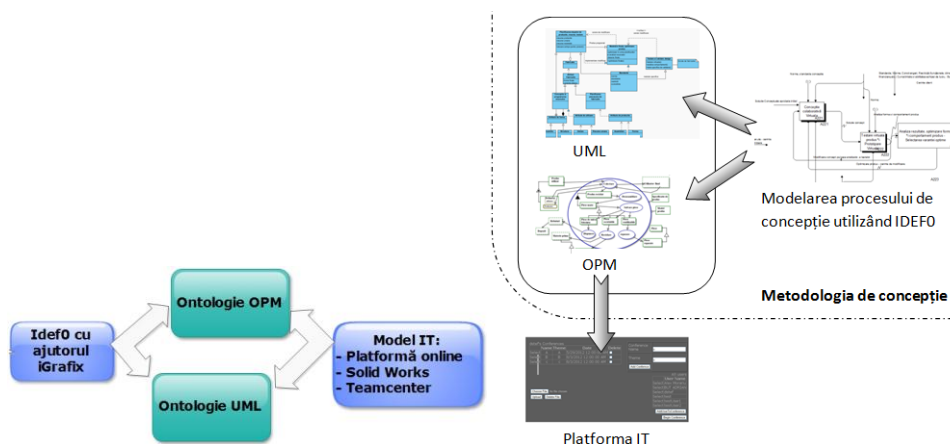


Fig. 3.65 Implementarea modelului ontologic în cadrul platformei PLM

Pentru validarea modelului de concepție bazat pe ontologie, urmează *implementarea acestui model ontologic în cadrul platformei PLM dezvoltate în laboratorul Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată de la Universitatea Politehnica Timișoara și simularea concepției colaborative al unui produs ținând cont de etapele și procesele definite* (Fig. 3.65).

4 MEDIUL DE CONCEPȚIE COLABORATIVĂ A PRODUSULUI

4.1 Introducere

În ultimii ani, procesele de concepție și de fabricație au fost virtualizate din ce în ce mai mult, pentru reducerea timpului și a costului necesar creării documentației tehnice și a prototipurilor fizice. Acest lucru a determinat transformarea echipelor de proiect în echipe virtuale, distribuite în diferite locații geografice, aceste echipe având diferite cunoștințe și abilități, care desfășoară activități de concepție colaborativă. Conceptul de virtual implică depășirea interfețelor și granițelor, echipele de proiect se formează și se reorganizează rapid, apoi se dizolvă când nevoile pieței dinamice se schimbă (Ghilic, 2003).

În (Aldea, 2013) s-au definit *echipele virtuale de proiect* ca fiind echipe constituite și care operează pe o perioadă bine precizată de timp, membrii acestora deserving anumiți utilizatori/consumatori/clienti. Rezultatul tipic al acestor echipe virtuale este un produs, un sistem informațional sau un proces organizațional. Aceste echipe de proiect sunt multiculturală, membrii lor operând dincolo de granițele unei organizații, fiind adesea dislocați geografic și confruntându-se cu diferențe de fus orar în derularea activității. Aceste echipe de proiect distribuite geografic (continent, țară, localitate) pot beneficia însă de o tehnologie avansată ce va facilita comunicarea, coordonarea și procesele colaborative dintre membrii echipei. Astfel, pentru ca activitatea de concepție colaborativă să se desfășoare în bune condiții, echipele de proiect pot beneficia de anumite mijloace, cum sunt: sisteme de videoconferințe, software pentru procese de muncă de tip colaborativ, aplicații software pentru managementul proceselor etc. Deschiderea, familiarizarea membrilor echipei cu utilizarea noilor tehnologii ale informației și comunicării (implementate sau în curs de implementare în cadrul echipei) sunt un factor important pentru succesul atât a activității grupului cât și a proiectului.

Obiectivul capitolului este de a dezvolta o platformă de concepție colaborativă a produsului, care să conțină soluții PLM și mijloace de colaborare sincronă, bazate pe cele mai recente tehnologii.

În acest scop este necesară parcurgerea următoarelor etape:

- descrierea și înțelegerea tehnologiei "Cloud Computing" sau "mediu Cloud";
- prezentarea procesului de virtualizare a resurselor și a cunoștințelor;
- definirea structurii platformei de concepție colaborativă;
- analiza procesului de concepție și elaborarea unui algoritm ce evidențiază interdependența dintre activitățile și fazele de concepție a produsului;
- analiza managementului datelor de produs, necesare pentru crearea produsului final;

- analiza tehnologiilor și a mijloacelor adiționale necesare procesului de concepție colaborativă a produsului, pentru implementarea modificărilor și managementul datelor de produs în fazele și etapele acestui proces de concepție;
- evaluarea problemelor și găsirea soluțiilor de comunicare și interoperabilitate din cadrul platformei de concepție colaborativă a produsului.

4.2 Cloud Computing

4.2.1 Definiții

Tehnologia Cloud Computing a cunoscut o multitudine de definiții, legate de aspectele de aplicare ale acestora.

(Foster, 2008) definește Cloud Computing ca fiind o paradigmă de calcul la scară largă, condusă de economie, într-un centru virtualizat, dinamic, cu putere mare de stocare, platforme și servicii care sunt livrate către clienți prin intermediul Internet-ului.

(Plummer, 2008) consideră Cloud Computing a fi un stil de calcul în care capacitățile IT sunt furnizate ca servicii pentru diferiți clienții externi care utilizează aplicațiile și tehnologiile Internet-ului.

Prin Cloud (nor) se înțelege de obicei stocarea resurselor care pot fi accesate prin protocoale standard și cu o interfață abstractă, din diferite locații geografice, urmărindu-se astfel asigurarea unei mobilități ridicate (Foster, 2008).

Cloud Computing este pe cale de a deveni noua paradigmă pentru tehnologia informației, capabilă de a furniza resurse și servicii bazate pe Internet. În cadrul acestei paradigme sunt oferite diferite resurse, atât software cât și hardware, cu ajutorul unei rețele de calculatoare, prin intermediul serviciului de Internet. Serviciile de Cloud diferă în funcție de nivelul lor de abstractizare. Aceste servicii sunt, practic, clasificate în funcție de trei straturi, modelul SPI (Software, Platform, Infrastructure). Este dificil a se menționa când a fost utilizat acest termen pentru prima dată, dar primul document ce atestă conceptul de "Cloud Computing" este în cadrul articolului "Intermediaries in Cloud-Computing" realizat de către Chellappa în cadrul INFORMS din 1997(Houssein, 2013).

Majoritatea asociază termenul de Cloud cu o pictogramă sub formă de nor, care este utilizată în majoritatea aplicațiilor ca o metaforă a întregii rețele de Internet și a procesului de colaborare între sisteme.

Această pictogramă este utilizată pe scară largă și abstractizează cea mai importantă caracteristică a Internetului: capacitatea de a realiza conexiunea dintre orice obiectiv ce se află în rețea și care are același scop cu cel de la care pleacă solicitarea de conectare.

Cloud Computing oferă utilizatorilor o abstracție simplă care ascunde în spate procesele complexe reale care rulează în infrastructura de bază. Cloud permite utilizatorilor să trimită comenzi și să interacționeze cu diferite sisteme prin intermediul unui browser web, deși acest proces poate necesita mai mult de un server sau un serviciu care rulează în același timp în spate, pentru îndeplinirea acestor comenzi (Tran, 2013).

Termenul de Cloud Computing a devenit mai popular la jumătatea anului 2007, după ce Amazon a deschis serviciile Amazon Elastic Compute Cloud EC2.

La fel ca aplicațiile non - Cloud, serviciul Cloud trebuie să fie capabil să se adapteze în funcție de evoluția mediului aplicațiilor software. Încă de la apariția sa, Cloud Computing a fost imediat adoptat de către companii, care oferă aplicații ce pot structura și stoca o mare cantitate de date securizate. Acestea permit clienților să ruleze aplicațiile lor fără a fi compromisă gestionarea și confidențialitatea infrastructurii.

În general, Cloud Computing este definit ca un serviciu de livrare la cerere a resurselor IT prin intermediul Internetului.

(Buyya, 2006) definește Cloud Computing ca "un tip de sistem paralel și distribuit, constând dintr-o colecție de calculatoare inter-conectate și virtualizate, care sunt prevăzute dinamic și prezentate ca una sau mai multe resurse de calcul unificate (e) în baza unor acorduri la nivel de serviciu stabilite prin negociere între furnizorul de servicii și consumatori".

Institutul National de Standarde și Tehnologie (NIST) din SUA a definit acest concept și care este de departe cea mai cuprinzătoare definiție (Mell, 2011): Cloud Computing este un model ce permite un acces convenabil, la cerere, prin intermediul rețelei, la o bază de date comună a resurselor de calcul configurabile (de exemplu, rețele, servere, aplicații și servicii), care poate fi prevăzut și lansat cu un efort minim de administrare sau de interacțiune a furnizorului de servicii. Acest model de Cloud promovează disponibilitatea și este compus din:

- cinci caracteristici esențiale (self service la cerere, acces rapid la rețea, punere în comun a resurselor, elasticitate rapidă și de măsurare a serviciilor);
- mai multe modele (Andreadis, 2013) de servicii (Software as a Service - SaaS, Platform as a Service - PaaS, Infrastructure as a Service - IaaS);
- patru modele de implementare (Cloud privat, Cloud pentru comunitate, Cloud public și Cloud hibrid).

Cloud Computing reprezintă un model excelent de partajare a resurselor de calcul care sunt livrate prin intermediul Internetului și care rulează pe mașini virtuale.

(Houssein, 2013) a evidențiat faptul că Cloud Computing are scopul de a permite alocarea / eliberarea rapidă a resurselor pentru a se potrivi nevoilor clienților.

Pentru alocarea, pregătirea și scalarea resurselor este nevoie de mai mult timp și efort pentru a integra perfect un sistem deja existent. Astfel, companiile care au nevoie de furnizarea, managementul și modificarea datelor din diferite locații geografice vor fi nevoite să investească sume importante la început pentru crearea și sincronizarea infrastructurii acestei rețele necesare pentru concepția colaborativă a produselor. Cu ajutorul Cloud se permite scalarea resurselor aproape instantaneu, iar acest lucru va ajuta companiile să dezvolte proiecte și produse cu o cantitate mică de resurse, având echipe de proiect din diferite locații geografice, reducând astfel timpul de concepție, realizare și de lansare pe piață a unui produs, reducând totodată costurile de achiziție și exploatare a resurselor.

4.2.2 Evoluție

Datorită globalizării și a fenomenelor economice survenite, Cloud Computing a devenit rapid o nouă tendință în tehnologia informației și comunicațiilor (TIC). Acest lucru a fost posibil datorită numărului de servere și de centre care au crescut dramatic în ultimii ani, a Internetului, care și-a îmbunătățit performanțele și este accesibil în cea mai mare parte a planetei, cât și datorită diverselor dispozitive

electronice care au apărut pe piață - Smartphone, tabletă, notebook, și care permit indivizilor accesul la date de oriunde, atât date cu caracter personal cât și legate de serviciu.

O dată cu perfecționarea și îmbunătățirea sau fuzionarea și dezvoltarea tehnologiilor existente - de exemplu software, hardware - au apărut idei și variante noi de produse.

Amazon a avut un rol important în dezvoltarea de Cloud Computing. Primul pas a fost că au închiriat servere și centre la clienții externi pentru utilizarea calculatorului personal. Pasul următor l-au făcut în 2006, când au lansat Amazon EC2 și S3.

Văzând posibilitățile și noile oportunități aduse de soluțiile Cloud, mai multe companii (Google, IBM, Sun, HP, Microsoft, Forces.com, Yahoo, etc.) au lansat variante de Cloud Computing. În anul 2007 Cloud Computing deja cunoscuse o dezvoltare impresionantă. În figura 4.1 se prezintă o evoluție pe ani, pentru a înțelege mai bine schimbările și dezvoltarea Cloud Computing.

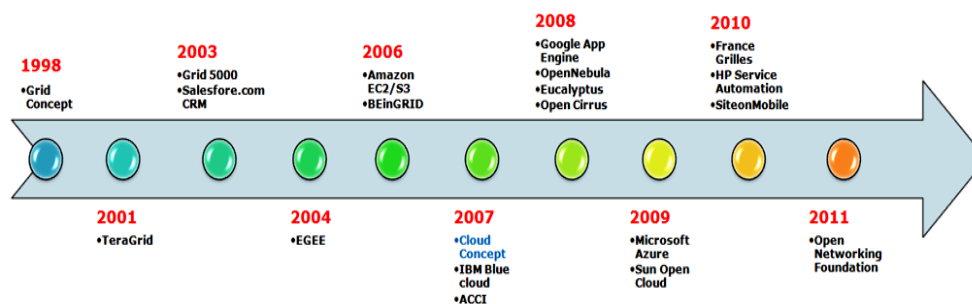


Fig. 4.1 Evoluția Cloud Computing, după (Teng, 2011)

Cloud Computing este o evoluție naturală de adoptare pe scară largă a virtualizării, orientată pe servicii arhitecturale, autonome și de utilitate de calcul. Acesta apare ca o nouă paradigmă de calcul pentru a oferi încredere, servicii de calitate și personalizate, care garantează medii de calcul dinamice pentru utilizatorii finali.

4.2.3 Caracteristici

Cloud Computing integrează un număr de tehnologii existente, care au fost aplicate în Grid Computing, în arhitecturile orientate pe servicii, outsourcing, etc. (Fig. 4.2).

De aceea, de foarte multe ori, Cloud este confundat cu aceste tehnologii, doar că este denumit altfel. Pentru a clarifica aceste aspecte, (Teng, 2011) identifică și descrie caracteristicile Cloud din punct de vedere tehnic, calitativ și economic.

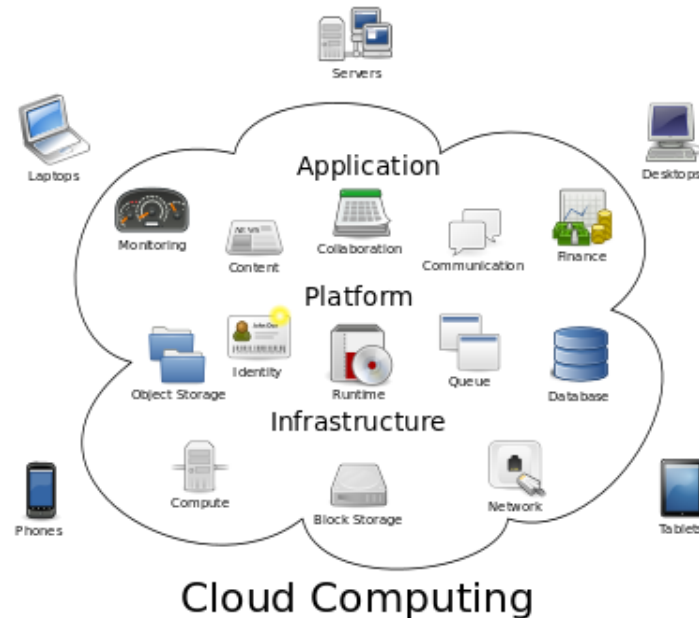


Fig. 4.2 Arhitectura mediului Cloud (Fleming, 1998)

Caracteristicile tehnice sunt temelia care asigură și existența altor cerințe funcționale și / sau economice. În cele mai multe cazuri, tehnologia nu este nouă, dar este îmbunătățită pentru a realiza o caracteristică specifică, directă sau ca o pre-condiție.

Virtualizarea este o caracteristică esențială a Cloud Computing. Virtualizarea în nori se referă la platforme hardware, sisteme de operare, dispozitive de stocare, etc. Prima caracteristică proeminentă de virtualizare este abilitatea de a ascunde complexitatea tehnică față de utilizatori. În al doilea rând, resursele fizice pot fi configurate și utilizate în mod eficient, având în vedere că mai multe aplicații pot fi rulate pe același dispozitiv. În al treilea rând, există toleranțe la erori și posibilitatea unei recuperări rapide a datelor (Cafaro, 2010).

Accesul comun este o facilitate extrem de necesară în mediul Cloud, care permite partajarea resurselor și costurilor pentru mai mulți utilizatori. Accesul comun aduce furnizorilor de resurse foarte multe beneficii, de exemplu, centralizarea infrastructurii în locații cu costuri mai mici, precum și eficiență și îmbunătățire a utilizării cu o capacitate mai mare. Informațiile, care sunt stocate într-o bază de date separată dar modificate în același timp, ar trebui să fie bine protejate de utilizatorii izolați, deoarece există posibilitatea unor probleme, precum protecția datelor.

Securitatea este una din preocupările majore în adoptarea și folosirea Cloud Computing. Pentru a câștiga încrederea potențialilor clienți, furnizorii trebuie să ofere certificate de securitate. De exemplu, datele ar trebui să fie separate în totalitate de la un client la altul, deoarece în cazul unei catastrofe să existe posibilitatea de recuperare și de duplicare a datelor. Complexitatea securității este crescută atunci când datele sunt distribuite pe o arie mai largă și sunt folosite de către utilizatori care nu au nici o legătură. Cu toate acestea, reducerea complexității este necesară, deoarece posibilitatea de a ușura utilizarea atrage mai mulți clienți.

Mediul de programare este esențial pentru a exploata funcțiile Cloud. Acesta ar trebui să fie capabil de chestiuni precum mai multe domenii administrative, variații mari de resurse, manipulare în medii extrem de dinamice, etc. Interfața platformei de Internet folosită (Browser) trebuie să aibă anumite calități, precum: să fie ușor de utilizat, să fie intuitivă și bazată pe standarde.

Caracteristicile calitative se referă la calitățile sau proprietățile Cloud Computing. O caracteristică calitativă este aceea că poate fi realizat în mai multe moduri, în funcție de diferiți furnizori. Principalele caracteristici calitative sunt:

- *Elasticitatea* – constă ca furnizarea de servicii să fie elastică și adaptabilă;
- *Disponibilitatea* - se referă la capacitatea de a îndeplini cerințele specifice serviciilor externalizate. Timpul de răspuns și de transfer trebuie să fie garantat, astfel încât să îndeplinească servicii de calitate oferite utilizatorilor;
- *Fiabilitatea* - reprezintă capacitatea de a asigura funcționarea constantă, fără întreruperi, a sistemului. Prin utilizarea de site-uri care oferă surplus de informație față de strictul necesar, există posibilitatea de a pierde date și funcționare constantă;
- *Agilitatea* - este o cerință de bază pentru Cloud Computing. Furnizorii de Cloud sunt capabili de reacții on-line la evoluția cererii de resurse.

Caracteristicile economice determină Cloud Computing să fie diferit în comparație cu alte paradigme de calcul. Într-un mediu comercial, ofertele de servicii nu sunt limitate și se extind la o gamă mai largă de nevoi pentru afaceri.

Pay-as-you-go este mijlocul de plată pentru Cloud Computing, plătind doar pentru consumul real de resurse. Cloud Computing reduce costurile de întreținere și de achiziție a infrastructurii, astfel încât aceasta poate ajuta întreprinderile, în special pe cele mici și mijlocii (SMEs).

Cheltuielile de utilizare sunt foarte mult reduse și sunt direct proporționale cu durata de funcționare propriu-zisă (Bohm, 2010). Utilizatorii Cloud pot intra în mediul virtual mai ușor, închiriind infrastructura doar pentru ocazii deosebite. Sunt necesare abilități tehnice minime pentru punerea în funcționare. Stabilirea prețurilor se face pe baza unei foi de calcul foarte bine gândită și structurată, iar prețurile fixe au în vedere confortul clientului.

Eficiența energetică se datorează capacității mediului Cloud Computing de a reduce consumul de resurse neutilizate. Din cauza administrației centrale, costurile suplimentare ale consumului de energie, precum și a emisiilor de carbon, pot fi mai bine controlate decât în alte cazuri.

(Tran, 2013) a enunțat cinci caracteristici principale care deosebesc în special Cloud Computing de la centrele de date tradiționale. Acestea sunt: servicii la cerere, multi - locațiune, elasticitate, nivel înalt de abstractizare și de măsurare.

(Andreadis, 2013) susține că utilizând mediul Cloud pentru diversele activități ce fac parte din procesul de concepție colaborativă, scad semnificativ costurile platformei, a întreținerii componentelor, etc. Folosind Cloud Computing pentru un sistem CAD, a încercat să reducă costurile de infrastructură, să automatizeze procesul de proiectare, pentru a minimiza eroarea umană din cadrul companiilor. Sisteme CAD sunt utilizate în prezent în toate activitățile de design de produs și de proces din cauza capacității de personalizare și a ușurinței de administrare a informațiilor despre produs.

Întrebarea principală care s-a pus a fost aceea dacă ar trebui migrate toate resursele în mediul Cloud. Această întrebare este o provocare pentru a răspunde din cauza următoarele motive. Deși orice beneficii potențiale ale procesului de migrare

În Cloud pot fi enumerate, companiile trebuie să analizeze cu atenție costurile de Cloud Computing. Hardware-ul, la urma urmei, este o componentă relativ ieftină în raport cu costurile de administrare a centrelor de date.

Pentru a realiza comparația costurilor de utilizare și administrare între un sistem clasic și mediul Cloud, (Andreadis, 2013) a luat în calcul mărimea unei companii, numărul de servere utilizate, numărul de utilizatori, amortizarea serverelor, costurile de mentenanță ale acestora etc.

Aceasta a mai folosit tarifele practicate de Amazon Cloud pentru un sistem de dimensiuni mari, care este destinat companiilor mari, cu următoarele specificații tehnice: CPU Unități 4EC2, RAM 7.5 GB, Hard Disk 850GB. În Tab. 4.1 se pot observa costurile obținute de acesta în urma analizei detaliate atât a costurilor din cadrul companiilor cât și al mediului Cloud, aferente fiecărei soluții în parte.

În urma acestei analize, se poate observa costul mult mai redus al utilizării mediului Cloud și a facilităților acestuia în raport cu achiziționarea și utilizarea de servere fizice, la care se adaugă diferite costuri suplimentare, cum ar fi costurile de stocare (spațiul ocupat de acestea) și costurile de mentenanță a serverelor.

Tab. 4.1 Costurile Cloud în raport cu mărimea companiilor, după (Andreadis, 2013)

Clasa companii	Numărul de servere	Utilizarea serverelor (ore/zi)	Costurile serverelor, în \$	Consum, răcire, costurile fizice, în \$	Costul total "in house", în \$	Costurile deprecierii serverelor, în \$	Tarifele lunare pentru serviciul complet Cloud, \$
A	10	4 3 2	4000x10= 40 mii	40 mii	80 mii	833	580,85 440,28 299,98
A	100	4 3 2	400x100= 400 mii	400 mii	800 mii	8333.3	5833,88 4430,88 3027,88
B	500	4 3 2	3000x500= 1500 mii	1500 mii	3000 mii	31,250	29181,88 22166,88 15151,88
B	1200	4 3 2	3000x1200 = 3600 mii	3600 mii	7200 mii	75,000	70040,88 53204,88 36368,88
C	2001	4 3 2	2500x5000 = 12500 mii	5002 mii	10005 mii	104,218	116795,25 88721,22 60647,19
C	5000	4 3 2	2500x2001 = 12500mii	12500 mii	25000 mii	260,416	291846,88 221696,88 15145,88

Când se alege migrarea pe serverele Cloud trebuie avut în vedere atât avantajele, cum ar fi costurile de exploatare cât și dezavantajele acestora. Dintre dezavantaje putem aminti: securitatea mediilor și confidențialitatea datelor, a informațiilor, a utilizatorilor, etc.

Servicii la cerere. Mediile Cloud permit clienților în mod unilateral accesul la diverse resurse după cum este necesar, în mod automat, fără intervenția administratorului. În mediul Cloud, clienții nu au nici un control asupra infrastructurii de bază, cu toate acestea ele sunt prevăzute cu o interfață ce permite configurarea și adaptarea resurselor în funcție de necesitatea fiecărui client.

Posibilitatea de închiriere multiplă. Pentru a reduce costurile, furnizorii de Cloud folosesc aceleași resurse pentru a servi mai mulți clienți, chiar simultan.

Această caracteristică se numește închiriere multiplă. Fiecare utilizator își poate configura sistemul și aplicațiile în funcție de nevoi și în funcție de disponibilitatea acestora, acest lucru fiind valabil nu numai pentru resurse, ci și pentru date, informații și servicii. Cu toate acestea, fiecare client are un profil unic, și pentru a evita amenințările de securitate, clienții și utilizatorii Cloud nu împărtășesc același mediu de lucru. Aceste medii sunt accesate și utilizate în medii izolate, datorită capacității și posibilității de virtualizare.

Nivel înalt de abstractizare. Mediul Cloud este prevăzut cu interfețe simple, care ascund de cele mai multe ori detaliile tehnice ale rețelei de bază. Acest lucru permite clienților să utilizeze serviciile Cloud chiar dacă nu dețin cunoștințe tehnice sau de management de sistem care stau la baza resurselor alocate. În general, clienții pot stoca sau accesa datele lor într-un mediu Cloud folosind comenzi relativ simple, fără a cunoaște modul în care aceste date sunt stocate, duplicate și protejate. Aceste facilități și responsabilități sunt administrate de către furnizorii de medii Cloud.

Capacitate de măsurare. Mediul Cloud permite utilizatorilor să monitorizeze și să plătească resursele / serviciile pe care le folosesc. Măsurarea și analiza resurselor se realizează relativ precis (pay-as-you-go). Spre deosebire de centrele de date tradiționale unde clienții trebuie să achite anumite taxe lunar sau anual, furnizorii de medii Cloud oferă plata pe oră sau pe cantitatea de resurse utilizate (în general cantitatea de date stocate / Mb sau Gb), permițând astfel clienților să gestioneze bugetul în funcție de resursele reale utilizate.

Totodată, furnizorul de Cloud are posibilitatea de a monitoriza comportamentele și informațiile operaționale ale mai multor utilizatori. Astfel, furnizorii de medii Cloud pot să se adapteze mai ușor la nevoile clienților.

4.2.4 Arhitectură

În general, un mediu Cloud este compus dintr-o arhitectură bazată straturi / niveluri tehnologice. Aceste straturi sunt (Teng, 2011):

Stratul material - infrastructura (*Infrastructure as a Service - IaaS*). Acesta conține primele resurse la nivel de hardware, cum ar fi resursele de calcul, resursele de stocare și resurse de rețea. La acest nivel, furnizorii IaaS alocă materii prime pentru clienți, cum ar fi procesoare, medii de stocare, servere, switch-uri, routere. Această infrastructură de bază permite furnizorilor de Cloud să transfere datele, informațiile și resursele clienților, cu scopul de a le integra în medii hardware noi, fără preavizul clienților și fără a afecta funcționalitatea sistemelor, a resurselor alocate clienților. Clienții pot închiria doar la cerere mașinile virtuale (VMS), precum și resursele de stocare de care au nevoie. Furnizorul de Cloud gestionează și menține multitudinea de echipamente ce realizează infrastructura, inclusiv de mediile stocare, serverele de calcul, rețelele, precum și alte componente hardware.

Stratul de unificare a resurselor. Conține resursele care au fost virtualizate, astfel încât acestea pot fi expuse și folosite de utilizatorii finali ca resurse integrate.

Stratul platformei (*Platform as a Service - PaaS*) cuprinde o colecție de mijloace specializate și de servicii pentru a oferi o platformă de dezvoltare și de implementare. PaaS oferă clienților o platformă care cuprinde componentele necesare, astfel încât clienții să poată construi și găzdui propriile aplicații. Clientul poate controla comportamentul platformei, dar nu are posibilitatea de a alege sistemul de operare sau componentele software (baze de date) ale platformei.

Utilizatorul se poate baza pe platforma deja oferită pentru a crea și / sau rula propriile aplicații (Housseem, 2013).

Stratul aplicațiilor (*Software as a Service - SaaS*) cuprinde aplicațiile care vor rula în Cloud. Acesta reprezintă cel mai înalt nivel de arhitectură din mediul Cloud și este constituit din diverse aplicații software. Aceste aplicații trebuie să asigure o interfață simplă cu utilizatorul final care, în general, nu are cunoștințe tehnice de IT, dar care trebuie să poată utiliza aceste aplicații. Cele mai uzuale exemple de SaaS sunt: Google App, Facebook.

În Fig. 4.3 și Fig. 4.4 se pot observa straturile/nivelurile descrise și totodată organizarea ierarhică a acestora.

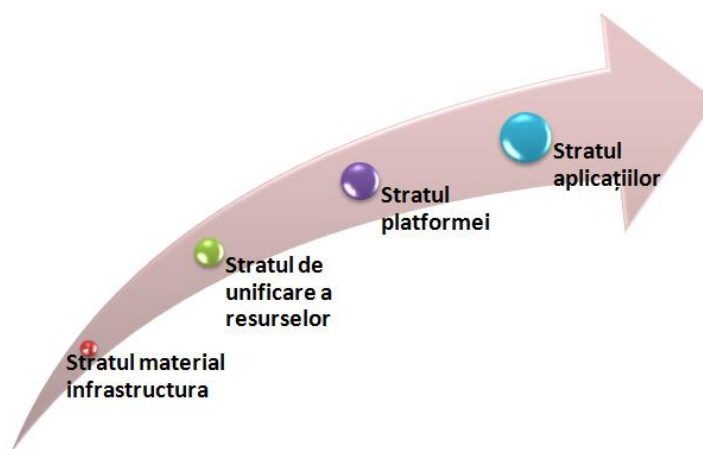


Fig. 4.3 Arhitectura sistemului, după (Teng, 2011)

Nivelul superior reprezintă aplicațiile și mediile care interacționează cu utilizatorii finali, nivelul de mijloc este nivelul în care furnizorii realizează dezvoltarea platformei care este disponibilă utilizatorului final și care este formată din diferite sisteme de operare, baze de date, mijloace, etc.), această platformă fiind furnizată către / de către companii în scopul de a construi și rula serviciile acestora.

La nivel inferior se află întreaga infrastructură a mediilor Cloud (în cazul în care furnizorii oferă diverse resurse de calcul: servere, routere).

Ca un rezumat, utilizând aceste niveluri, mediul Cloud poate asigura o interfață prietenoasă cu utilizatorul final prin intermediul nivelului „software ca serviciu” (SaaS), această interfață având posibilitatea de a conecta utilizatorul cu serverele unde sunt stocate datele, prin intermediul nivelului „platformă ca serviciu” (PaaS), care realizează managementul conexiunilor și scalează resursele. La nivelul „infrastructură ca serviciu” (IaaS) furnizorii de Cloud pot doar să furnizeze clienților resursele de bază prin monitorizarea acestora - încărcarea procesorului / memorie.

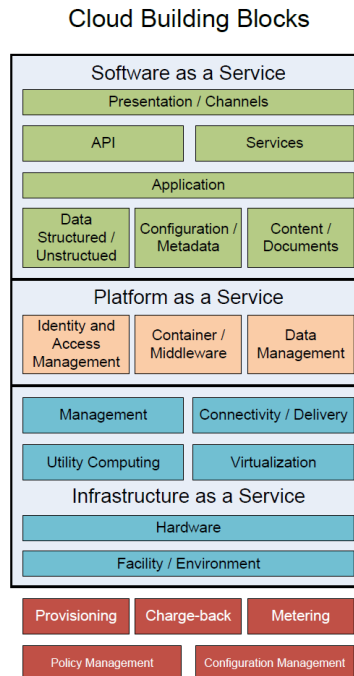


Fig. 4.4 Exemplu de implementare Cloud (Virtualgalaxy, 2012)

O serie de companii au încercat să ofere medii Cloud bazate pe nivelurile explicate anterior. În Fig. 4.5 se pot observa atât aceste companii cât și aplicațiile și sistemele de operare pe care se bazează acestea.

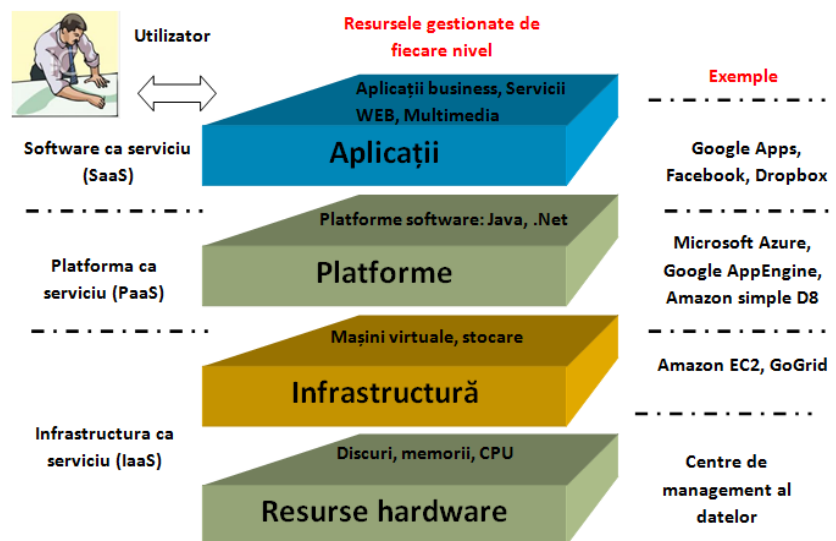


Fig. 4.5 Modele de livrare a serviciilor în mediul Cloud, după (LenHam, 2013)

4.2.5 Tipuri de medii Cloud

Există mai multe tipuri de medii Cloud (Fig. 4.6), care pot fi implementate în funcție de numărul de clienți pe care îi deservesc și în funcție de modelul de platformă care se dorește a fi utilizat.

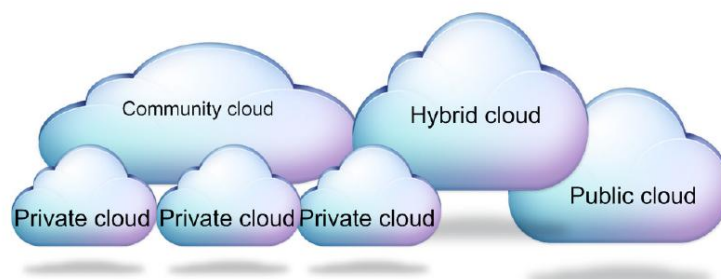


Fig. 4.6 Tipurile de medii Cloud

Cloud public (*Public Cloud*) reprezintă Cloud Computing standard în care un furnizor de servicii oferă resurse, ca de exemplu aplicații și spații de depozitare disponibile publicului larg, prin intermediul Internetului. Mediul Cloud public este destinat publicului, iar clienții de business pot achiziționa și utiliza resursele și aplicațiile acestui mediu, de natură multiutilizator, ceea ce înseamnă că împărtășesc aceleași resurse. Tehnologia de virtualizare permite izolarea fiecărui utilizator, respectând astfel confidențialitatea informațiilor clienților. Câteva exemple de public Cloud: Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), IBM's Blue Cloud, Sun Cloud, Google AppEngine, Windows Azure Services Platform.

Cloud privat (*Private Cloud*) poate fi considerat mai mult un concept de marketing și oferă servicii pentru un număr limitat de oameni de pe rețelele interne. Mediul Cloud privat este deținut de o organizație, iar resursele sale nu sunt deschise către utilizatori externi sau alte companii. Mediul Cloud privat poate fi accesat și configurat de către proprietar sau de către o terță parte, în funcție de nivelul de securitate și accesibilitate a terței părți. Organizațiile care au nevoie de un control precis asupra datelor vor prefera Cloud privat, ca de exemplu: eBay și HP CloudStart.

Cloud hibrid (*Hybrid Cloud*) folosește o combinație de Cloud public, Cloud privat și infrastructuri locale, care sunt tipice pentru cei mai mulți furnizori IT. Strategia hibrid este plasarea corectă a volumului de muncă în funcție de costuri și factorii de conformitate. Principalii vânzători, inclusiv HP, IBM, Oracle și VMware creează planuri adecvate pentru un mediu mixt, cu scopul de a oferi servicii pentru afaceri. Utilizatorii pot implementa o aplicație găzduită de o infrastructură hibrid, în care unele noduri sunt difuzate pe hardware fizic real și unele noduri se execută pe serverul Cloud. Acest mediu Cloud are structura unui Cloud privat, dar care este public, fiind accesat de utilizatori externi. Aceste medii hibride au ca principal dezavantaj breșele de securitate sau latența acestora (întârzieri, blocări, etc.). Deoarece clienții, în general, nu cunosc infrastructura de bază, pot avea o siguranță asupra integrității și a securității datelor și a informațiilor. Astfel, pot fi supuse unor atacuri din exterior sau chiar de la alți clienți din același mediu Cloud.

Cloud comunitate (*Community Cloud*) reprezintă mai multe organizații care folosesc infrastructura Cloud. Organizațiile au, de obicei, preocupări similare cu

privire la misiuni, cerințe de securitate, politică și considerații de conformitate. Acest mediu poate deținut de mai mulți utilizatori privați care formează o comunitate ce are ca scop să implementeze o infrastructură comună. Acest mediu seamănă cu mediul Cloud privat în care numărul de participanți este limitat și care nu este deschis pentru public, dar din care pot face parte una sau mai multe companii. Ele pot fi companii afiliate ale aceluiași grup, grup de universități sau laboratoare, etc.

Pentru prima dată Amazon a construit un sistem informatic destinat exclusiv pentru activitățile de vânzare cu amănuntul, acest mediu fiind considerat un mediu Cloud privat, deținut numai de Amazon și cu interfețe deschise pentru clienții săi (și comerțanții cu amănuntul).

O altă problemă importantă a acestor medii Cloud este latența serviciilor. Deși cantitatea și spațiile de stocare a datelor a crescut exponențial în ultimii ani, banda de rețea nu a suferit ameliorării. Prin urmare, transferul de date în rețea devine o problemă importantă pentru toate serviciile IT, nu numai pentru Cloud Computing.

Cercetătorii de la UC Berkeley au calculat că, dacă ar fi dorit să trimită 10TB de date către Amazon datacenter în Seattle, ar fi fost nevoie de mai mult de 45 de zile, pentru ca tranzacția să se încheie cu succes, în timp ce transportul maritim a 10 discuri de 1 TB ar lua aproximativ o zi sau două (Tran, 2013). Cu toate acestea, mediul hibrid înseamnă compatibilitate și interoperabilitate.

Ca o concluzie a acestor tipuri de medii Cloud, în Fig. 4.7 s-au schematizat tipurile de medii Cloud în funcție de ierarhizarea, interoperabilitatea și interdependențele dintre acestea.

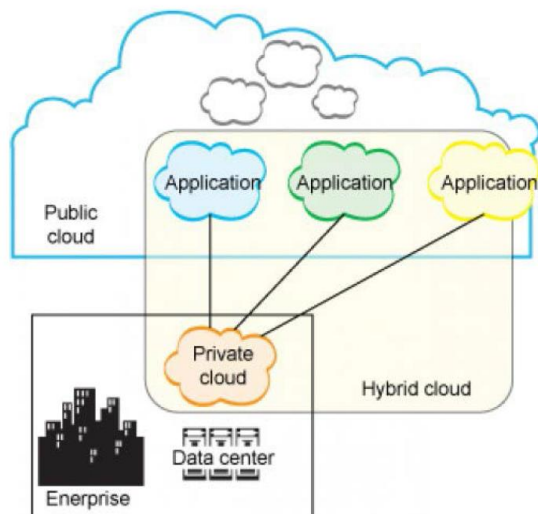


Fig. 4.7 Exemple de medii Cloud în funcție de ierarhizare (Tran, 2013)

4.3 Virtualizarea resurselor și a cunoștințelor

Virtualizarea poate oferi beneficii semnificative pentru un sistem de calcul, inclusiv de economisire a energiei, de implementare rapidă a diferitelor platforme și medii, capacitatea de întreținere fiind semnificativ îmbunătățită. Totodată, prin

virtualizare se permite aplicațiilor de a fi migrate de la un server la altul în timp ce acestea sunt încă în utilizare, fără întârzieri sau fără timp în care sistemul este inoperabil, oferind și management flexibil al volumului de muncă.

În ultimii ani s-a încercat o virtualizare a resurselor fizice (procesoare, memorii, calculatoare), acest proces încercându-se încă din fazele incipiente ale Internetului. Virtualizarea permite rularea mai multor sisteme de operare împreună cu diferite programe software dedicate, de pe o singură platformă fizică.

Bazat pe acest concept de virtualizare a resurselor și a cunoștințelor s-au dezvoltat diverse platforme locale și în mediu Cloud, pentru concepția colaborativă a produselor.

PICCO (*Platforme Intégrée de Conception COLlaborative*), dezvoltată la Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (Deniaud, 2002) este rezultatul unor nevoi identificate în cursul unei experien e de concepție colaborativă la distanță din cadrul laboratorului M catronique 3M.

PICCO este constituită dintr-un post mono-conceptor și un post multi-conceptor, distincte fizic și integrate din punct de vedere informatic. Cu ajutorul PICCO pot fi experimentate diferite moduri de concepție, știind că este echipată cu două posturi și că se poate concepe local sau la distanță.

PICCO este o soluție pentru înlesnirea procesului de concepție colaborativă la distanță, unde majoritatea membrilor echipei de proiect sunt dispersați geografic. Stația de lucru principală este în cadrul laboratorului M catronique 3M din Belfort (Fig. 4.8). Pentru conectarea cu dezvoltatorii de la distanță este fost utilizat Microsoft NetMeeting 3.01. Mijloacele pe care le oferă includ o tablă, posibilitatea de chat (discuții online), partajarea de fișiere și partajarea aplicațiilor. Deficiențele procesului de concepție bazat pe un singur utilizator (primul post de lucru din figură) a condus la dezvoltarea platformei prezentată în cea de-a doua parte a figurii.



Fig. 4.8 PICCO – Platforma integrată de concepție colaborativă (Deniaud, 2002)

Pentru comunicarea cu membrii echipei de la distanță, stația de lucru este echipată cu web-cam și un set de căști, atunci c nd se utilizează Microsoft NetMeeting, și totodată este folosit un telefon împreună cu setul de căști, atunci c nd este utilizat serviciul de conferință. Într-adevăr, caracteristicile audiovizuale ale NetMeeting pot fi utilizate între doi designeri aflați la distanță în diverse locații geografice. Pentru un număr mai mare de participanți, este folosit apelul tip conferință, dar membrii echipei de proiect nu se pot vedea.

MEXICO (*Moyens Expérimentaux pour l'Ingénierie Collaborative*) este un laborator multidisciplinar creat în scopul de a oferi cercetătorilor din cadrul echipelor de proiect mijloace pentru a experimenta activitatea de concepție colaborativă (MEXICO, 2013). MEXICO oferă utilizatorilor mijloace de colaborare, observare și înregistrare a situațiilor din cadrul concepției colaborative realizate de echipele de proiect aflate în aceeași locație sau la distanță, prin intermediul rețelei interne.

Principalele mijloace colaborative utilizate sunt:

- o sală experimentală dotată cu stații de lucru și camere video pentru înregistrarea fluxului audio video. Această sală este dotată cu o tablă interactivă și o tablă ce suportă tehnologia multi-touch (Fig. 4.9);
- o cameră experimentală separată, izolată de sala unde se ține ședința, echipată cu un mixer și o stație de captură a comportamentului echipei în timpul experimentului, pentru a fi analizat de cercetători (Fig. 4.10);



Fig. 4.9 Înregistrarea unei sesiuni



Fig. 4.10 Sala de înregistrări



Fig. 4.11 Sala de videoconferințe



Fig. 4.12 Concepția virtuală

- o sală de videoconferință cu posibilitatea de a contacta persoane din alte locații cu ajutorul unui terminal Polycom, un ecran cu plasmă și un videoproiector permițând comunicarea audio-video din cadrul unei conferințe (Fig. 4.11);

- o sală de concepție virtuală, având ca dotare diferite dispozitive și stații de concepție colaborativă (Fig. 4.12).

IPPOP (*Integration of Product Process Organisation for engineering Performance*) este un proiect care a avut ca obiectiv îmbunătățirea patrimoniului tehnologic, coordonarea activităților de concepție colaborativă, exploatarea simultană a cunoștințele tehnologice, dezvoltarea mijloacelor de reprezentare a produsului și a procesului pentru a sprijini capitalizarea de cunoștințe tehnologice și

utilizarea acestora în proiecte noi, integrând în același timp o nouă perspectivă într-un mediu de lucru adecvat pentru procesele de concepție colaborativă. În Fig. 4.13 se prezintă structura IPPOP.

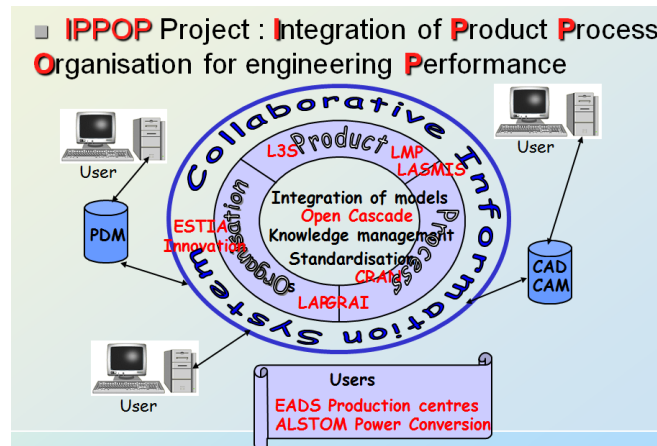


Fig. 4.13 Structura IPPOP (Rose, 2003)

ODN (*OpenDesignNet*) este o platformă experimentală (Fig. 4.14) care a fost dezvoltată pentru ca designerii din companii mici sau mijlocii (SMC) să poată accesa on-line mijloace de colaborare pentru sprijinirea creației și promovarea de noi produse on-line, oferind posibilitatea de a evalua impactul imediat al acestora.

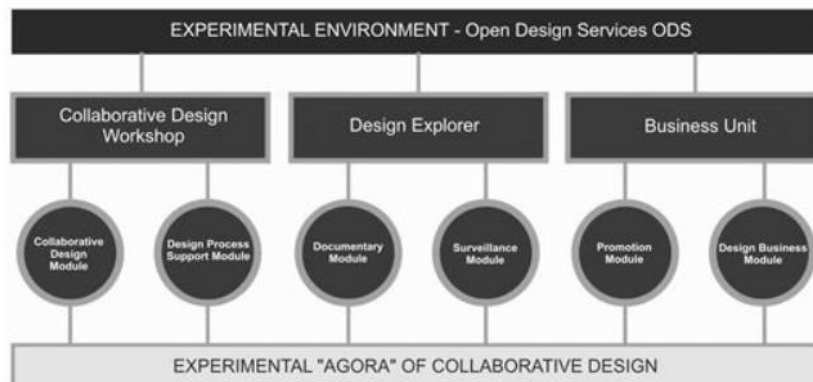


Fig. 4.14 Arhitectura OpenDesignNet (Magal-Royo, 2013)

ODN se bazează conceptual pe un mediu colaborativ orientat spre domeniul specific dezvoltării de produs. Această platformă este structurată în patru module: domeniul de utilizare, atelier de concepție colaborativă, unitate de business destinată managerilor de proiecte și modul de explorare. Zona destinată procesului de concepție colaborativă permite unui utilizator de a crea și de a gestiona proiectele din cadrul platformei, prin utilizarea unui mediu colaborativ de lucru on-line care servește pentru a ajuta utilizatorii în elaborarea documentației necesare fiecărei faze a conceptualizării noului produs.

Utilizatorii de medii Cloud au nevoie de o resursă flexibilă de gestionare a datelor. În Cloud Computing, procesul de virtualizare este una dintre caracteristicile principale pentru a debloca valorile pentru un sistem.

ManuCloud (ManuCloud, 2013) este considerată noua generație de mediu Cloud de Fabricație ca Serviciu (Manufacturing as a Service - MaaS). Trecerea de la producția în masă la cea personalizată (orientată pe client) este considerată a fi o abordare promițătoare pentru a asigura și a îmbunătăți competitivitatea din cadrul industriilor europene în viitor. O precondiție pentru această tranziție este disponibilitatea sistemelor informatice agile.

Proiectul PC7 "ManuCloud" a fost realizat pentru investigarea aspectelor legate de producție și de a dezvolta și evalua la o infrastructură IT adecvată pentru a oferi un suport mai bun pentru diferite scenarii de producție la cerere, orientate spre client. Această tehnologie le oferă utilizatorilor posibilitatea de a utiliza capacitățile de producție din cadrul rețelelor configurabile de producție bazate pe Cloud, fabrici federalizate, susținute de un set de aplicații software – Manufacturing as a Service (MaaS).

Pentru dezvoltarea proiectului ManuCloud, a fost necesar ca acesta să fie testat inițial în cadrul a 3 companii din diverse domenii tehnice: o companie ce produce panouri foto voltaice (PV), o altă companie ce produce tehnologii LED (OLED – Organic Light Emitting Diodes), iar ultima companie a fost din domeniul Automotive, în cadrul cărora s-au studiat atât procesul de producție cât și cel de concepție colaborativă.

Obiectivele proiectului ManuCloud au fost acelea de a pune bazele unei interconectări între diversele departamente din cadrul companiei și sprijinirea interconectării dinamice între mai multe companii ce au diverse activități, dar care au același scop, acela de a produce și livra un produs de calitate.

O atenție specială s-a alocat serviciului de interfață între diverse sisteme de automatizare a fabricii, inclusiv aspectele de modelare a capacității proceselor. Mediul de conectare inter-companii se bazează pe o integrare la cerere a sistemelor IT la care sunt anexate diverse drepturi de acces, un nivel ridicat de trasabilitate și management al calității produselor distribuite.

În Fig. 4.15 se prezintă arhitectura proiectului ManuCloud.

CBDM (*Cloud Based Design and Manufacture*) se referă la un nou model de dezvoltare de produs care permite inovarea deschisă, colectivă, prin dezvoltarea rapidă de produse cu costuri minime, prin crearea de rețele sociale și platformele de căutare, împreună cu distribuția serviciilor de proiectare, a resurselor de producție și a componentelor (Schaefer, 2012).

CBDM este o platformă colaborativă de dezvoltare de produs care vizează schimbul la cerere a resurselor și o scalabilitate ridicată prin infrastructura Cloud - Infrastructure as a Service (IaaS) și Software as a Service (SaaS) - utilizate pentru diverse activități și faze din procesul de concepție de produs și îmbunătățirea resurselor procesului de fabricație.

Unul din scopurile principale ale CBDM este de a permite diferite procese de dezvoltare colaborativă a produselor și de realizare eficientă a acestora. Prin urmare, interconectările adecvate sunt stabilite între acest obiectiv și partițiile de bază ale diagramei.

Câteva detalii de bază ale arhitecturii CBDM sunt ilustrate în Fig. 4.16.

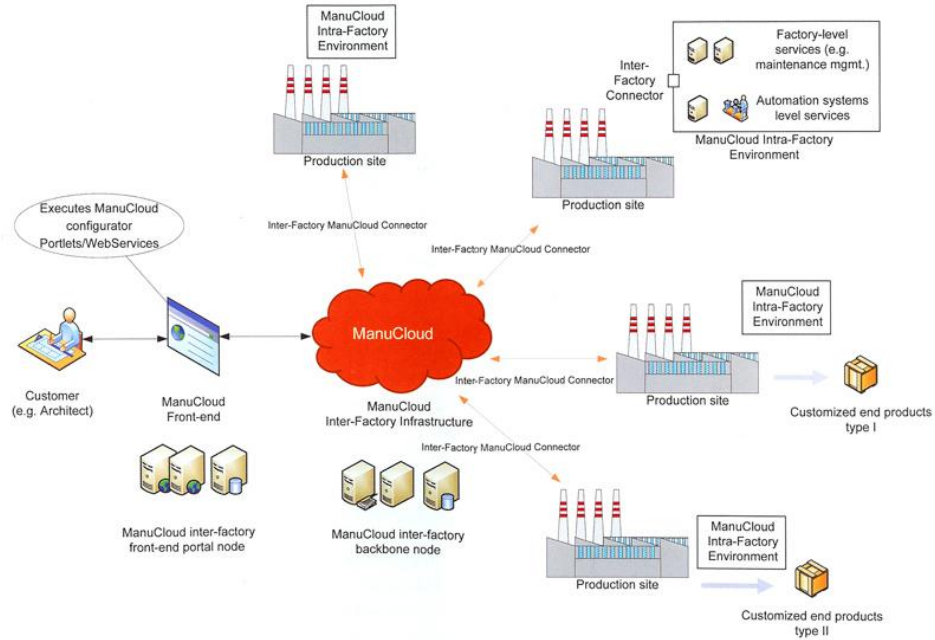


Fig. 4.15 Arhitectura conceptuală a proiectului ManuCloud (NXT, 2013)

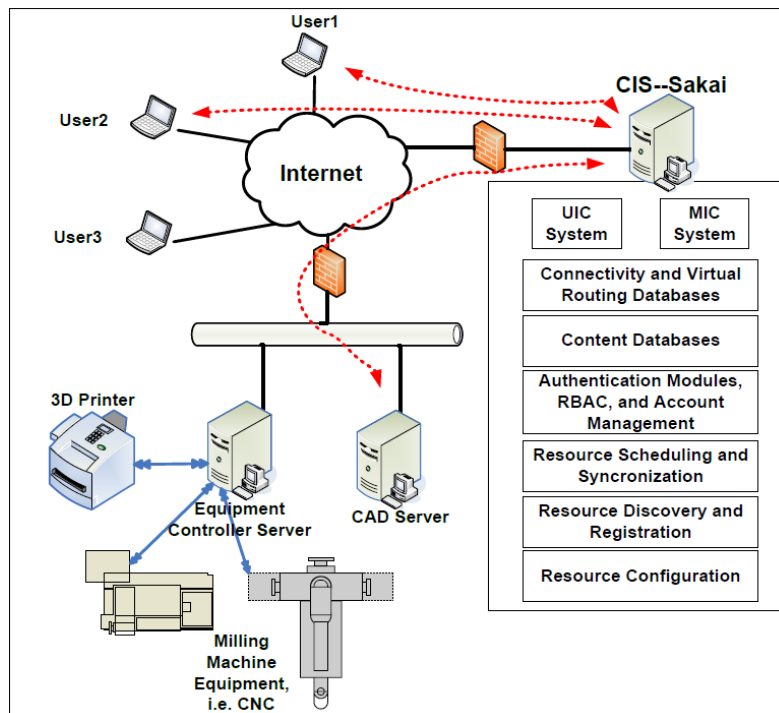


Fig. 4.16 Ilustrarea proceselor și echipamentelor din cadrul CBDM (Schaefer, 2012)

Sistemul CBDM constă dintr-un server de interfațare centralizat (CIS) oferind posibilitatea mai multor utilizatori dispersați geografic care colaborează la un proiect să acceseze mijloace de concepție virtuală, imprimante 3D și mașini CNC folosind infrastructura platformei și rețeaua web, de asemenea având acces la gestionarea resurselor de producție. Interfața cu utilizatorul este compusă din interfețe web, software CAD, precum și aplicații dedicate pentru reglajul mașinilor de prelucrat, a mașinilor 3D, etc.

4.4 Dezvoltarea unei platforme de concepție colaborativă

4.4.1 Rețeaua INPRO

Construcția platformei de concepție colaborativă a fost inițiată prin proiectul CEEEX nr. 243 din 2006, în cadrul căruia a fost creată rețeaua națională de cercetare în domeniul Ingineriei Integrate a Produselor și Proceselor (INPRO), care a reunit 136 membri din 8 universități și un institut național de cercetare (Drăghici, 2007) (Fig. 4.17):

- CO - Universitatea Politehnică Timișoara, UPT
- P1 - Universitatea Politehnică din București, UPB-CNCSP
- P2 - Universitatea Politehnică din București, UPB-PREMINV
- P3 - Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi Iași, UTI
- P4 - Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, ULBS
- P5 - Universitatea din Oradea, UO
- P6 - Universitatea din Bacău, UBC
- P7 - Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, USV
- P8 - Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale, ISIM
- P9 - Universitatea Transilvania din Brașov, UTBV

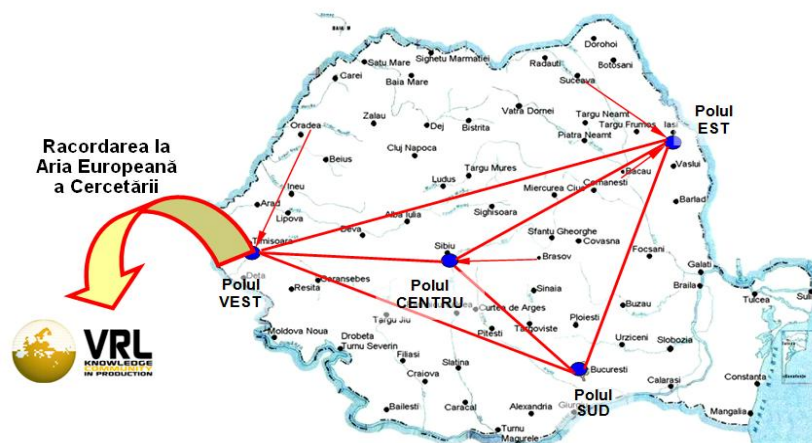


Fig. 4.17 Structura rețelei naționale INPRO

Necesitatea constituirii unei astfel de rețele (Drăghici, 2007) a fost aceea de racordare a cercetării științifice românești la cercetarea științifică europeană, prin "puntea" creată de participarea Universității Politehnica Timișoara (UPT), Centrul de Cercetări în Inginerie Integrată (CCII), în rețeaua de excelență Virtual Research Lab for a Knowledge Community în Production (VRL-KCiP NoE), finanțată prin Programul Cadru 6 (FP6) al Comisiei Europene, contract NMP2-CT-2004-507487, derulat în perioada 2004-2008, devenită ulterior European Manufacturing and Innovation Research Association, a cluster leading excellence (EMIRacle, <http://www.emiracle.eu/>).

S-a creat astfel o structură dinamică și o platformă colaborativă de concepție integrată a produselor, care permite membrilor săi să participe la proiecte colective, cu aplicare industrială (Drăghici, 2004) (Drăghici, 2009). Împărtășirea informațiilor necesită transformarea acestora în cunoștințe. Acestea se întind de la determinarea specificațiilor produsului până la reciclarea materialelor la sfârșitul ciclului de viață, incluzând concepția proceselor și sistemelor de fabricație. Integrarea în rețea a fost baza dezvoltării unui sistem de comunicare între parteneri și formarea unei comunități de cunoștințe.

Rețeaua INPRO a fost creată ca o organizație de cercetare de excelență (virtuală, asimilabilă unei comunități de cunoștințe) reprezentativă la nivel național pentru un nou model de cercetare și pentru un nou sistem de folosire a resurselor, contribuind la dezvoltarea cunoașterii, în conformitate cu strategia națională de dezvoltare a cercetării științifice și strategia de creare și dezvoltare a Ariei Europene de Cercetare.

Infrastructura de colaborare a rețelei INPRO folosește o arhitectură client-server (Fig. 4.18) alcătuită dintr-un cluster de patru servere, pentru: Internet / Intranet (S1), baze de date (S2), PLM, sistem de videoconferințe.

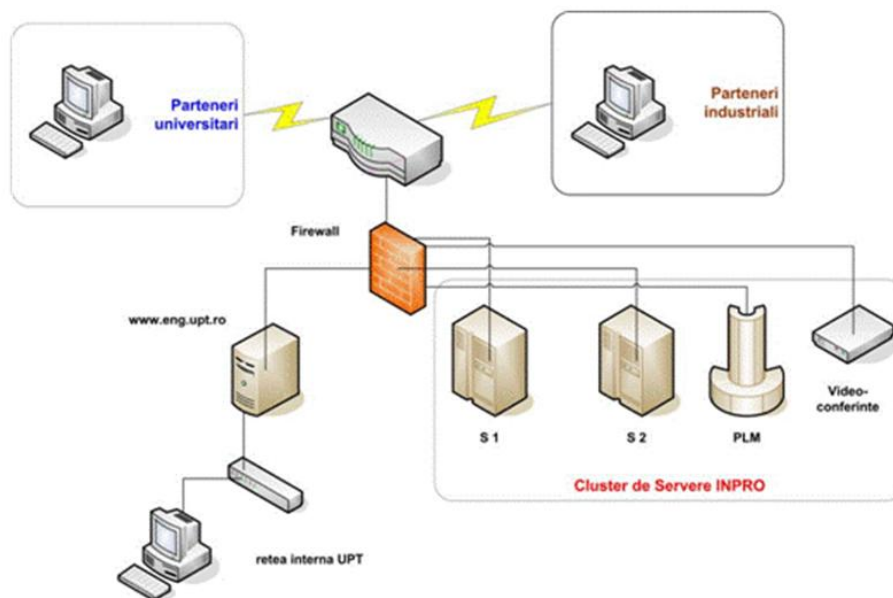


Fig. 4.18 Infrastructura de colaborare a rețelei INPRO

4.4.2 Structura platformei

Platforma de concepție colaborativă a produsului (Drăghici, 2008), dezvoltată în cadrul Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată al Universității Politehnica Timișoara este de tip *Cloud hibrid*, utilizatorii putând accesa toate resursele existente pentru concepția colaborativă a produsului și managementul datelor de proiect, atât prin Intranet, atunci când membrii echipei de proiect sunt în aceeași locație, cât și prin Internet, în cazul în care unele noduri sunt difuzate pe hardware fizic real și unele noduri se execută pe serverul Cloud la care au acces și parteneri din exteriorul locației.

Bazat pe infrastructura de colaborare a rețelei INPRO (Drăghici, 2009), a fost dezvoltată platforma de concepție colaborativă, a cărei structură se poate observa în Fig. 4.19. Platforma cuprinde programe software ce facilitează concepția virtuală folosind soluții pentru managementul ciclului de viață a produsului (PLM), cel mai elocvent model fiind în proiectarea mecanică, unde se utilizează de multe ori un model tridimensional digital comun, din care pot fi obținute rezultatele studiului sau documentația tehnică necesară realizării produsului.

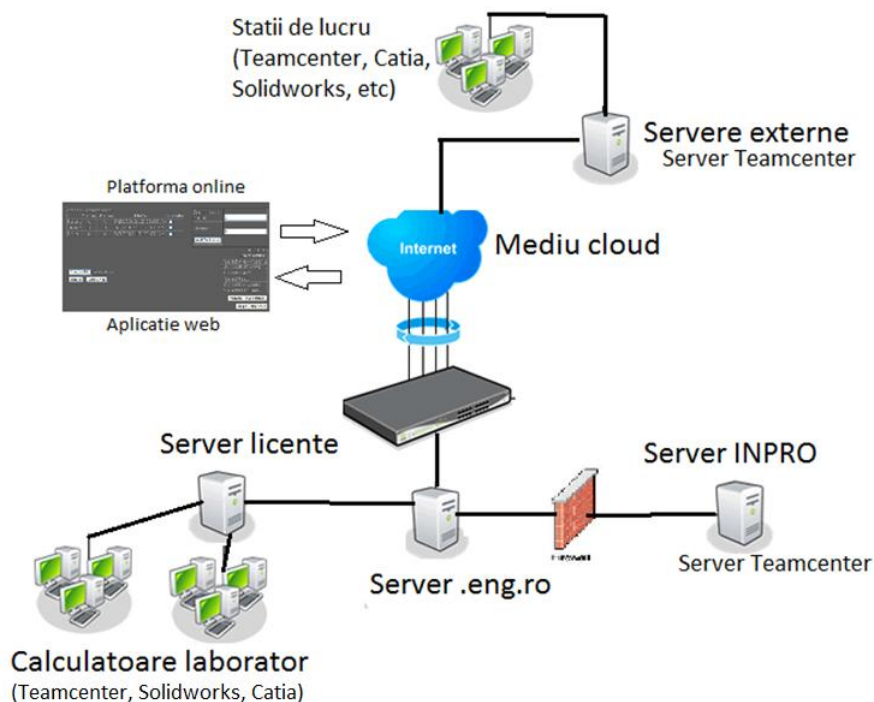


Fig. 4.19 Structura platformei de concepție colaborativă

Platforma facilitează realizarea unei rețele de muncă colaborativă, în care au acces diferite echipe de lucru, din diferite zone geografice. Soluțiile software utilizate sunt operaționale și ajută la managementul întregului proces de concepție, prin conectarea stațiilor de lucru și a serverului de management al datelor de produs (PDM).

4.4.3 Concepția virtuală a produsului

Programele de concepție virtuală a produsului folosite în cadrul platformei PLM pot fi: Creo (PTC), NX (Siemens), Catia și SolidWorks (Dassault Systèmes), etc.

Creo (Fig. 4.20) fiind parte integrantă a Sistemului de Dezvoltare a Produselor (PDS) de la PTC, se completează perfect, în mod colaborativ, cu soluțiile PTC Windchill® pentru managementul ciclului de viață a produsului (PLM).

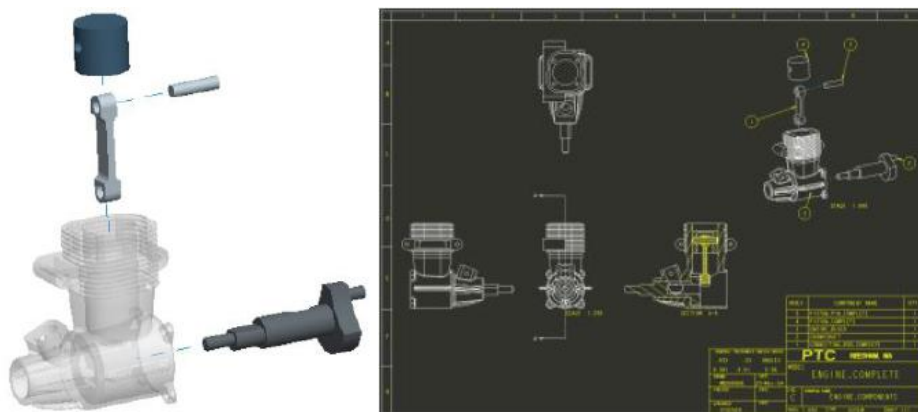


Fig. 4.20 Model creat cu Creo (Parametric Technology Corporation, 2013)

Din punct de vedere al interoperabilității, Creo oferă compatibilitate geometrică de import-export cu ACIS™, Parasolid™, Granite®, translațoare directe pentru CADDs, și Autocad® DWG și translațoare geometrice de import standard: DXF, IGES, STEP, SET, VDA, ECAD, CGM, COSMOS/M, PATRAN® și SUPERTAB™, SLA, JPEG, TIFF, RENDER, VRML.

Chiar dacă PTC oferă posibilitatea de integrare a programului Creo în Windchill, acesta poate fi integrat în cadrul oricărei platforme PDM existente în cadrul unei companii.

NX oferă un set foarte larg de soluții necesare procesului de concepție virtuală pentru produse mecanice complexe. Cu ajutorul NX, eficiența și reducerea costurilor se extind dincolo de procesul de concepție, către toate fazele de dezvoltare ale unui produs. NX integrează într-o manieră foarte dinamică proiectarea asistată de calculator (CAD) cu procesele de planificare, simulare, prelucrare și alte procese de dezvoltare, pentru a putea asigura ca decizia de proiectare să poată fi făcută într-un timp foarte scurt, având foarte multe cunoștințe referitor la detalii și orice alte probleme de prelucrare.

Integrarea proiectării cu NX și a managementului de proces și de date, asigură o continuă aducere la zi și sincronizare a "modelelor digitale" pentru toată echipa care le folosește. Managementul controlează și protejează datele legate de produs oferind un acces și control foarte bun, care poate fi limitat sau restricționat, în funcție de nevoi. Ajută, de asemenea, la gestionarea complexității produsului, cu ajutorul unui sistem automat și sincronizat de gestiune de materiale, care poate, chiar din faza de proiectare, să ofere o configurare cât mai bună a produsului.

O altă aplicație software pentru concepția virtuală este Catia, oferită de Dassault Systèmes, cea mai nouă aplicație fiind Catia V6 (Fig. 4.21).

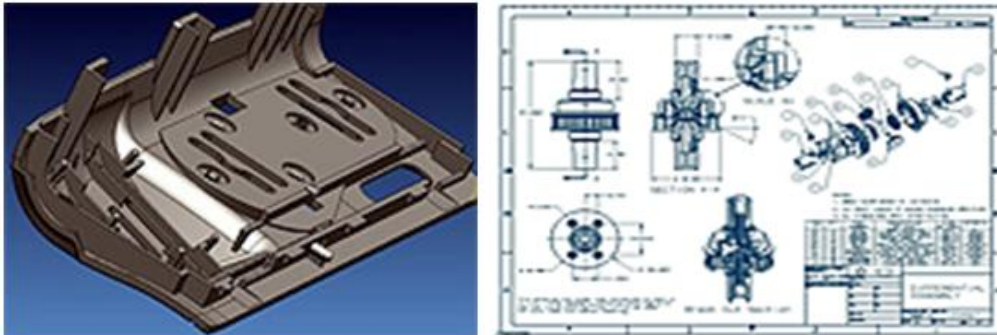


Fig. 4.21 Exemplu de modelare cu Catia

Dassault Systèmes oferă o gamă completă de soluții PLM necesare proceselor de virtual design, virtual manufacturing, virtual prototyping.

Catia ajută în luarea deciziilor corecte pentru a ajunge la un design optim, fără erori, într-o perioadă mai scurtă de timp. Aceasta merge dincolo de tradiționalele mijloace de 3D, oferind o experiență unică de produse digitale, bazate pe platforma 3DEXPERIENCE (Dassault Systèmes, 2013).

Virtual prototyping combinat cu diferite analize de funcționare și simulări permite analizarea produsului direct în mediul său de operare.

În Fig. 4.22 se pot observa principalele module ale aplicației software Catia pentru concepția virtuală a produselor mecanice (piese, ansambluri, scule de injecție), simulări de prelucrare (strunjire, frezare), simulare de vibrații, solicitări, crearea de echipamente și sisteme necesare fabricației, simularea fabricației.

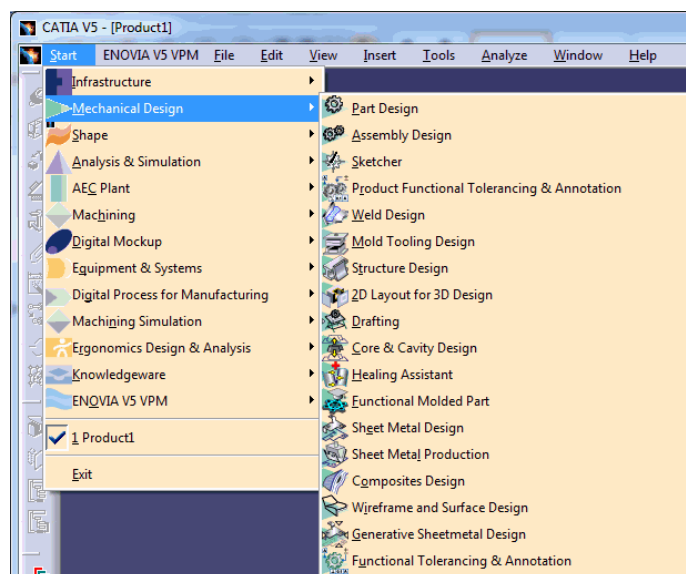


Fig. 4.22 Module ale aplicației software Catia

Solidworks (SolidWorks, 2013) permite un proces de proiectare 3D intuitivă care se orientează mai mult pe inovație, accelerarea procesului de proiectare prin

opțiunea "Built-in intelligence", care oferă o bază de cunoștințe vaste despre procesele de concepție, reducând timpul necesar realizării unui produs.

4.4.4 Managementul datelor de produs

Una din metodele colaborative utilizate pentru reducerea timpului de implementare a modificărilor în timpul dezvoltării proiectelor este aceea de utiliza platforme PDM ce efectuează modificările dorite în timp real. În cadrul platformei PLM pot fi integrate diferite soluții PDM pentru managementul modificărilor și a datelor din cadrul unui proiect.

SharePoint (Fig. 4.23) este o platforma web de management al datelor de proiect, utilizată ca un loc sigur pentru a stoca, organiza, partaja și a accesa informațiile de pe aproape orice dispozitiv. Această platformă poate fi utilizată de către membrii echipelor de proiect din orice locație geografică, dacă au acces la Internet și un browser web.

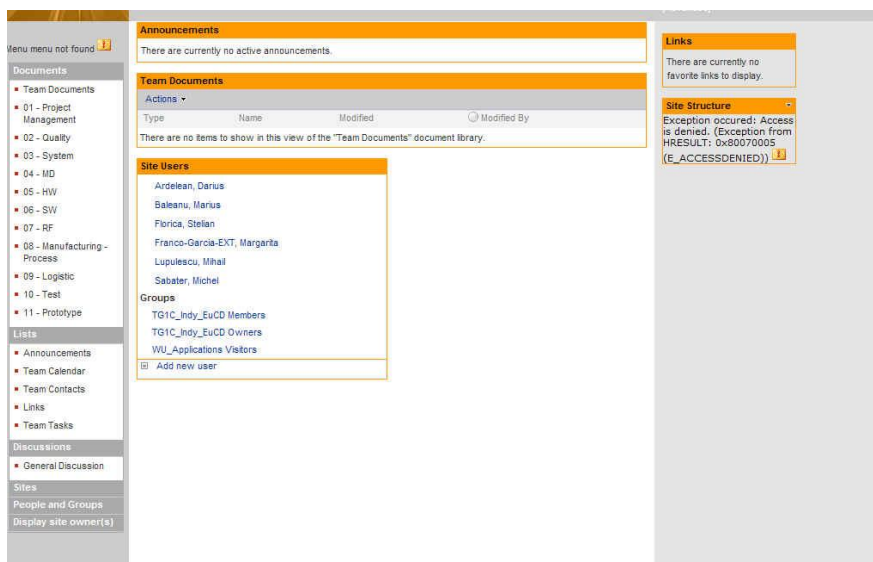


Fig. 4.23 Interfața SharePoint

Datele, informațiile, modelele pot fi stocate pe (Sharepoint, 2013):

- *SharePoint Server local* din cadrul companiei, care poate gestiona conținutul unui fișier de proiect la nivel de întreprindere, iar membrii echipelor de proiect pot căuta, modifica și implementa noi versiuni de documente, fără utilizarea de software adițional de management al datelor;
- *SharePoint Online*, un serviciu în Cloud, care este găzduit de Microsoft pentru companii de toate dimensiunile. Această opțiune oferă posibilitatea de a se abona, pur și simplu, la un plan Office 365 sau la serviciul SharePoint Online individual, în loc să instaleze și să implementeze local SharePoint Server, iar membrii echipelor de proiect

pot crea structuri de proiect, pot partaja documente și informații cu colegii, partenerii și clienții.

Această platformă de management al datelor de proiect, indiferent dacă este utilizată ca platformă independentă sau ca parte din suita de servicii Microsoft, asigură stocarea sigură, unică și integrată a datelor și informațiilor, unde membrii echipelor de concepție colaborativă pot colabora eficient, pot împărtăși cunoștințe și pot găsi resurse organizaționale sau informații.

Informațiile pot fi accesate, modificate și încărcate din nou pe platformă doar prin simpla navigare în fiecare director, fișier, ca în cazul unei pagini web. Documentele, datele stocate pe această platformă nu pot fi modificate simultan de mai mulți membri ai echipelor, acestea fiind blocate la accesarea lor cu ajutorul comenzii „Check-out”. După realizarea modificărilor dorite asupra documentelor, acestea vor fi deblocate pentru ceilalți utilizatori, prin comanda „Check-in”, care oferă adițional posibilitatea de versionare a documentului modificat. Adițional, din meniul dedicat modificării documentelor se pot versiona informațiile pentru o mai bună trasabilitate a acestora (Fig. 4.24).

oils & mehr > Team Documents

remain in a draft state until they have been approved. [Learn about requiring](#)

Require content approval for submitted items?
 Yes No

this document library. [Learn about versions.](#)

Create a version each time you edit a file in this document library?
 No versioning
 Create major versions
 Example: 1, 2, 3, 4
 Create major and minor (draft) versions
 Example: 1.0, 1.1, 1.2, 2.0

Optionally limit the number of versions to retain:
 Keep the following number of major versions:

 Keep drafts for the following number of major versions:

sd. Specify which users should be able to view drafts in this document library.

Who should see draft items in this document library?
 Any user who can read items
 Only users who can edit items
 Only users who can approve items (and the author of the item)

g changes in this document library. [Learn about requiring check out.](#)

Require documents to be checked out before they can be edited?
 Yes No

OK Cancel

Fig. 4.24 Opțiunea de versionare a informațiilor din Sharepoint

Windchill este un produs al Parametric Technology Corporation (PTC) și este un mediu colaborativ creat cu cea mai recentă tehnologie web, fiind conceput pentru a ajuta echipele de proiect aflate în diferite locații geografice de a dezvolta și gestiona mai eficient datele (Parametric Technology Corporation, 2013).

Acesta pune la dispoziția companiilor posibilitatea de a stoca, gestiona informațiile, de a gestiona evoluția acestor informații controlând totodată și accesul la acestea. Windchill PDM software monitorizează schimbările datelor tehnice prin stocarea datelor de bază într-o zonă sigură, în care integritatea acestora poate fi asigurată, iar toate modificările acestor date pot fi monitorizate și înregistrate. Adițional cu livrarea de aplicații de monitorizare a schimbărilor Windchill ajută companiile să gestioneze ciclul de lansare al unui produs precum și configurarea acestuia.

Diferite mijloace de modelare 3D, cum ar fi Creo, Catia, pot interacționa cu Windchill prin locații de stocare diferite: fișierele partajate (de asemenea, cunoscut sub numele de spațiu comun – commonspace), spațiu de lucru direct pe server, spațiu de lucru pe spațiul de stocare al clientului (client - side) (de asemenea, cunoscut sub numele de cache spațiu de lucru), și, de asemenea, memoria sesiunii Creo sau Catia (Fig. 4.25).

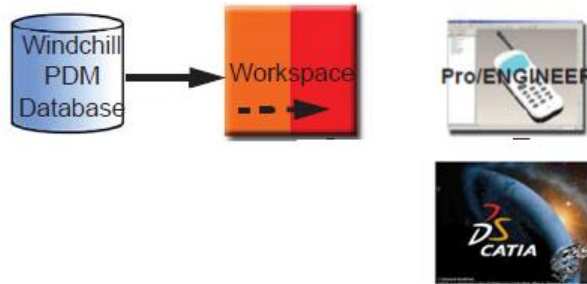


Fig. 4.25 Proces de lucru cu Windchill (adaptat după PTC)

Cel mai mare avantaj al utilizării acestei platforme este acela că fiecare membru al echipei de concepție colaborativă poate căuta, vizualiza și modifica diferite produse. Înainte de importul acestor date în mediul de lucru personal (workspace), utilizatorii pot previzualiza și deschide fișierele pieselor și ansamblurilor (proces care poate dura până la câteva minute în cazul ansamblurilor complicate) din mediul de lucru comun (commonspace) cu ajutorul aplicației de vizualizare încorporată (Fig. 4.26).

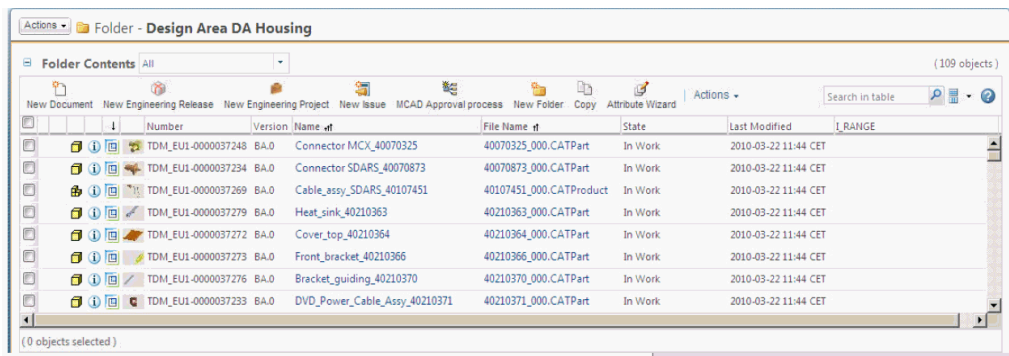


Fig. 4.26 Interfață mediu de lucru comun

SAP PDM este o platformă complexă PLM prin care o companie se poate dezvolta, dar și o sursă de noi avantaje competitive. Aplicațiile SAP pot reprezenta o sursă de noi avantaje competitive și pot juca un rol important în obținerea profitabilității.

SAP PDM se poate utiliza de către diferite departamente, cum ar fi:

- **Financiar** - se pot optimiza activitățile financiare în vederea fluidizării raportării, asigurării conformității cu legislația în vigoare și gestionarea eficientă a resurselor;

- *Resurse umane* – se pot atrage cei mai talentați candidați și există posibilitatea de a administra într-un mod eficient angajații companiei indiferent de locul în care se află;
- *Dezvoltare de produse noi* – se poate susține inovația și livra produsele, serviciile necesare mai rapid, la o calitate mai bună și la prețuri competitive. Există un management integrat pentru gestionarea documentelor tehnice și a modelelor de noi produse;
- *Producție* – se pot corela vânzările cu planificarea producției și aprovizionarea cu materii prime, obținând astfel scăderea stocurilor și reducerea pierderilor din procesul de fabricație;
- *Marketing* – se poate reduce timpul și costurile aferente realizării unei campanii de marketing și se pot corela rezultatele campaniilor cu performanțele financiare;
- *Vânzări* – se pot crește veniturile din vânzări și se poate dezvolta o relație pe termen lung cu clienții companiilor.

Căutarea de documente tehnice stocate în SAP se face cu opțiunea Display Document (Fig. 4.27).

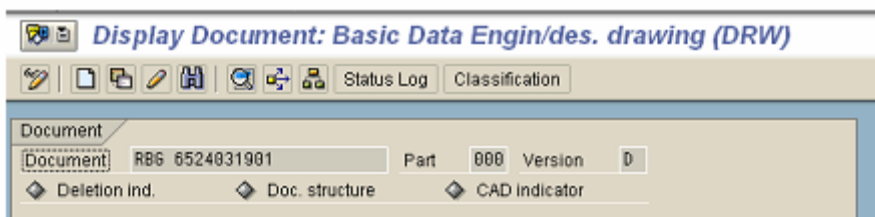


Fig. 4.27 Afișarea documentelor

Cele mai populare documente stocate sunt:

- DRW Drawing (majoritatea sunt generate în sistemele CAD);
- SPE Specificații;
- SPD Material BOM ("paper BOM");
- REV Engineering Change Notification (ECN), document cu care se introduc noi versiuni ale documentelor;
- QDO Documente de calitate, documente cu dimensiunile pieselor (Initial Sample Test Report);
- BOD Bill of Documents (structura arborescentă a documentelor, ierarhizate pe nivele).

Teamcenter este soluția oferită de Siemens, care centralizează ingineria produsului și cunoștințele de proces, fiind una dintre soluțiile ce oferă o gamă completă de management al datelor de proiect, BOM, previzualizarea pieselor sau ansamblurilor. Teamcenter permite companiilor crearea și comunicarea seturilor corecte de cerințe și oferă posibilitatea de a lua deciziile corecte pentru dezvoltarea unui produs. Prin impulsivitatea echipelor individuale și funcționale. Prin accesul la fiecare cerință și proces din spatele întregului ciclu al produsului, Teamcenter asigură livrarea ce are ca scop produsul final.

Teamcenter oferă utilizatorilor o familie de soluții ce oferă posibilitatea vizualizării datelor de produs, atât 2D cât și 3D, chiar dacă aceste date au fost create în alte medii, oferind totodată o platformă pentru colaborarea comunității prin schimb de informații și lucrul în echipă de-a lungul întregului ciclu de dezvoltare a produsului. Prin scurtarea timpului, distanțelor și a barierelor în comunicare,

echipele sunt capabile să lucreze împreună mai eficient și cu un succes mai mare în dezvoltarea de noi produse.

Teamcenter organizează complexitatea produsului și varietatea, oferind posibilitatea companiilor și utilizatorilor de a defini și organiza componentele esențiale ale produselor în timpul concepției, dezvoltării și al întregului proces de producție. De asemenea, oferă posibilitatea ca fiecare utilizator să configureze și să deriveze informațiile conținute în BOM, în funcție de necesitățile relevante ale acestuia. Cuplat cu capacitățile ridicate de a organiza complexitatea și varietatea produselor, fiecare utilizator poate să-și aleagă mai ușor oferta de produse, platforma și opțiunile.

În urma studierii ofertelor principalilor furnizori de soluții PLM (IBM Dassault Systèmes - dealer Cybernetics București, Siemens PLM software - dealer ADA Computers București și PTC - dealer INAS Craiova) în cadrul rețelei INPRO s-a optat ca soluție a platformei PLM multisite aceea furnizată de Siemens PLM software (Fig. 4.28), fiind singura ofertă academică multisite. Soluția are ca software PDM: Teamcenter Engineering Academic Partner Bundle și Teamcenter Community / Multi-Site Academic Partner Bundle.

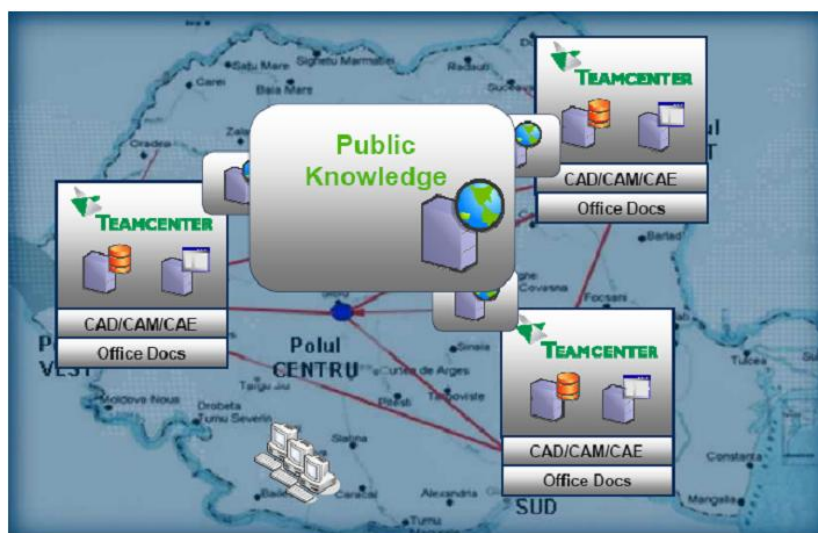


Fig. 4.28 Platforma PLM multisite a rețelei INPRO

4.4.5 Concepția colaborativă sincronă

Este cunoscut faptul că provocările legate de a lansa noi produse competitive și mai ales reducerea timpului de lansare a acestora pe piață, costurile de dezvoltare și riscurile, ar putea fi atinse numai prin metode inovatoare de concepție colaborativă, susținute de tehnologii PLM.

Timpul de implementare a unor schimbări din cadrul proiectelor poate fi redus semnificativ prin utilizarea unor mijloace colaborative de muncă sincronă, pentru ca membrii echipelor să fie concentrați tot timpul la informații și la evidența schimbărilor. Folosind ultimele tehnologii, cum ar fi tabla interactivă (Smartboard) și sistemul de videoconferință, membrii echipelor de proiect pot participa activ la

avansarea proiectului, pot înțelege mai bine schimbările, modificările efectuate pe ansamblurile / subansamblurile produsului, existând totodată posibilitatea exprimării diferitelor puncte de vedere.

În cazul în care echipele de proiect folosesc interacțiunea sincronă, cum ar fi sistemul de videoconferință și tabla interactivă, pentru a explica punctele lor de vedere, membrii echipelor pot oferi noi soluții în direct pentru modificările imediate sau viitoare. Principalul avantaj este că toți membrii se pot vedea unii pe alți, acest lucru ducând la evitarea înțelegerii greșite a soluțiilor și mai ales la expresiilor cauzate de diferența dintre culturi.

Timpul câștigat poate fi utilizat în procesul de reconcepție sau realocat în procesul de inovare. Astfel de mijloace inovative de discutare și implementare a schimbărilor aparțin ingineriei colaborative.

Completarea platformei PLM distribuite cu mijloace pentru concepția colaborativă sincronă are ca scop îmbunătățirea participării membrilor echipelor de proiect (Florica, 2012).

Tabla interactivă SMART Board 660 (Fig. 4.29) este un dispozitiv interactiv și colaborativ ce funcționează prin simpla atingere a suprafeței de lucru. Acest sistem este utilizat pentru a facilita un membru al echipei să ofere prezentări dinamice altor membri din echipa de proiect, potențialilor clienți sau colaboratori. Cu ajutorul software-ului tablei interactive, echipele pot partaja documente, pagini web și clipuri video pe un ecran interactiv care răspunde la atingerea unui deget sau a unui stilou. Software-ul tablei interactive include mijloace și aplicații diverse care ajută echipele să efectueze modificări în timp real, care se pot discuta și implementa în cadrul aceleiași ședințe de proiect. Principalele caracteristici ale tablei interactive sunt: recunoașterea scrisului de mână, mijloace pentru galerie inteligentă de inserare rapidă de imagini și template-uri, tastatură inteligentă, recorder inteligent.

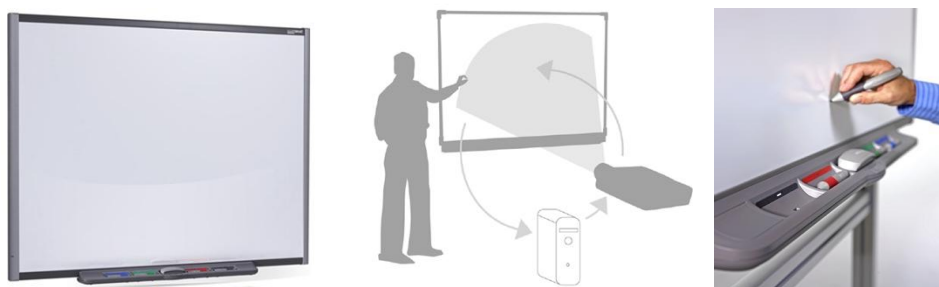


Fig. 4.29 SMART Board 660 (Smart, 2013)

Atingând ecranul interactiv, solicitantul poate folosi caracteristici interactive, poate controla aplicațiile informatice, poate să scrie și să înscrie mai multe aplicații în spațiul de lucru. Conectarea este ușoară și rapidă prin conectarea cablului USB la orice stație de lucru, iar cu ajutorul unui videoproiector, se pot proiecta imagini pe tabla interactivă. Astfel, tabla interactivă devine un mediu dinamic pentru diferite aplicații și se poate aduce un nou nivel de interactivitate.

Toate modificările tehnice pentru unele proiecte - prezentări, desene, documente - vor deveni mai ușor și mai interesant de prezentat datorită posibilității de a adăuga comentarii, mențiuni, care pot fi implementate direct pe documentul ce este deschis. Aceste fișiere / materiale / documente ce pot fi modificate sunt: modele 3D, fișiere Word, Excel, PowerPoint sau orice alt document care este deschis

pe calculatorul de lucru și care este capabil de a lucra cu un videoproiector și totodată cu o tablă inteligentă.

Sistemul de videoconferință Polycom VSX ®™ 7400 (Fig. 4.30), permite comunicarea cu transmitere de date, servind pentru activități de pregătire, cercetare în comun, management.

Sistemul de videoconferințe VSX este un mijloc de colaborare vizuală, cu o calitate video ridicată și sunet clar. Sistemul VSX oferă o interacțiune naturală prin intermediul videoconferinței, fiind cea mai avansată tehnologie de comunicații video.



Fig. 4.30 Sistemul de videoconferință Polycom VSX 7400 (Polycom Inc., 2013)

Atunci când echipele de proiect utilizează sistemul VSX, se pot realiza schimburi de idei și se pot partaja documente / informații cu alți membri ai echipei, oriunde în lume. Utilizând sistemul de videoconferință poate crește productivitatea, modificările cu privire la produsul ce este supus procesului de concepție putând fi implementate într-un timp mai redus. Examinarea modificărilor se realizează imediat și în timp real.

Conectarea multipunct până la 4 parteneri este posibilă prin facilitățile echipamentului Polycom VSX 7400 existent la UPT, coordonatorul rețelei INPRO, iar pentru conectare mai mult de 4 parteneri există acceptul de folosire a serverului rețelei europene VRL-KCiP, existent la Grenoble (Fig. 4.31).

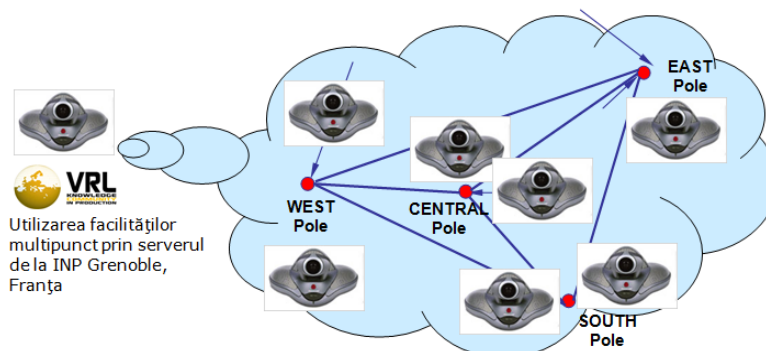


Fig. 4.31 Sistemul de videoconferință în rețeaua INPRO

Pe termen scurt, avantajele financiare ale soluțiilor de videoconferință se remarcă prin reducerea numărului de călătorii, eliminarea cheltuielilor de transport, cazare, diurnă. Pe lângă eliminarea evidentă a anumitor cheltuieli directe, reducerea

numărului de călătorii duce la timp mai mult petrecut la birou și nu pe drum, ceea ce se traduce prin eficiență crescută.

În plus, poate crește frecvența comunicării cu membrii echipelor de proiect dislocate sau cu partenerii de afaceri, rezultând următoarele avantaje:

1. Luarea deciziilor într-un timp mult mai scurt;
2. Îmbunătățirea productivității;
3. Eficientizarea activității desfășurate în cadrul companiei;
4. Creșterea impactului și a mesajului transmis în cadrul discuțiilor;
5. Îmbunătățirea calității vieții angajaților și reducerea nivelului de stres;
6. Creșterea capacității de extindere a companiei;
7. Îmbunătățirea managementului echipelor dispersate.

Așadar, sistemul de videoconferință permite membrilor echipei de proiect să comunice într-un mod extrem de eficient între ei sau cu partenerii, oriunde s-ar afla și oricând este nevoie, fără a renunța la confortul birourilor. Astfel se reduc costurile, se iau decizii mai ușor, se îmbunătățește productivitatea și se îndeplinesc mult mai ușor obiectivele propuse.

4.4.6 Platforma online

Platforma online existentă în cadrul Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată al Universității Politehnica Timișoara este formată dintr-o aplicație web ce înlesnește transferul de fișiere între diferite departamente sau între diferite locații geografice (Florica, 2013).

Aplicația web propusă în această cercetare și detaliată de (Ștef, 2011) face parte din cadrul aplicațiilor web colaborative cu un conținut dinamic, în care utilizatorii au "libertatea" de a alege modul de utilizare a bazei de date stocate pe serverul web în funcție de nevoile lor, pentru a duce la bun sfârșit proiectele în care sunt angrenați. Această aplicație este bazată pe conceptul Web 2.0 (Ștef, 2012), care permite utilizatorilor să interacționeze unii cu alții, fiind colaboratori la conținutul aplicației, spre deosebire de aplicațiile unde drepturile utilizatorilor sunt limitate la vizualizarea pasivă a informațiilor furnizate. Aplicația web pe care o propunem în această cercetare dorește să răspundă cerințelor de implementare a modelului de concepție colaborativă elaborat în capitolul anterior.

Aplicația web este concepută pe o arhitectură client-server, în care clientul poate accesa diferite aplicații software integrate sau singulare, dedicate implementării metodologiei de concepție și care, utilizate în comun, pot acoperi toate etapele procesului de concepție.

Rolul principal al acestei aplicații este acela de a implementa rezultatele obținute în urma realizării modelului ontologic de concepție colaborativă cu ajutorul UML și OPM, evidențiind fazele și activitățile necesare procesului de concepție al produselor.

De menționat că etapele, fazele și procesele enunțate în cadrul modelului ontologic nu sunt necesare numai în procesul de realizare al unei aplicații sau platforme care să urmărească corectitudinea utilizării acestora, ci pot fi utilizați și ca o procedură de lucru fizică ce trebuie respectată de către membrii echipelor de proiect colaborative în cadrul procesului de concepție pentru îndeplinirea scopului comun (acela de finalizarea al unui proiect și de realizare de produse fiabile și competitive).

În elaborarea diagramei de secvențe ce a dus la construcția aplicației s-a încercat reprezentarea, identificarea și integrarea constrângerilor rezultate în urma secvențelor de concepție necesare în dezvoltarea unui produs.

Pentru modelarea corespunzătoare a secvențelor de concepție, scenariul propus identifică și exemplifică colaborarea activităților diferitelor clase (obiecte) ale modelului ontologic, dar și activitățile interne fiecărei clase.

Concepția diagramei de secvențe obținută din modelul ontologic realizat conduce la identificarea etapelor și mesajelor ce se transmit între clase (Fig. 4.32), (Fig. 4.33).

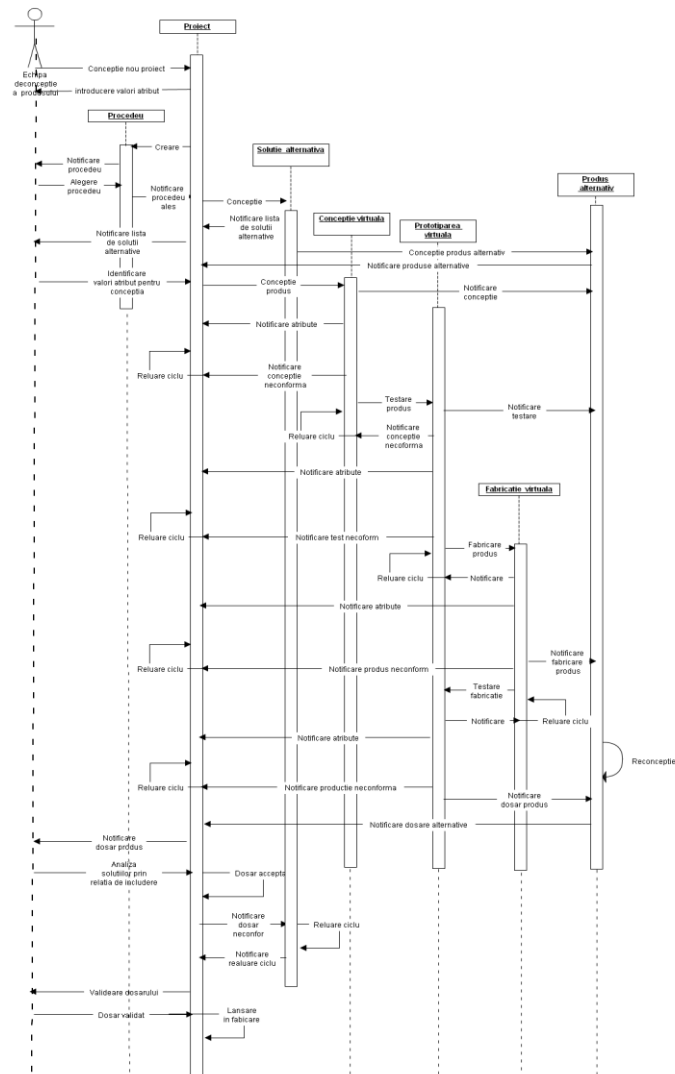


Fig. 4.32 Diagrama de secvențe pentru etapa de concepție virtuală, după (Ștef, 2012)

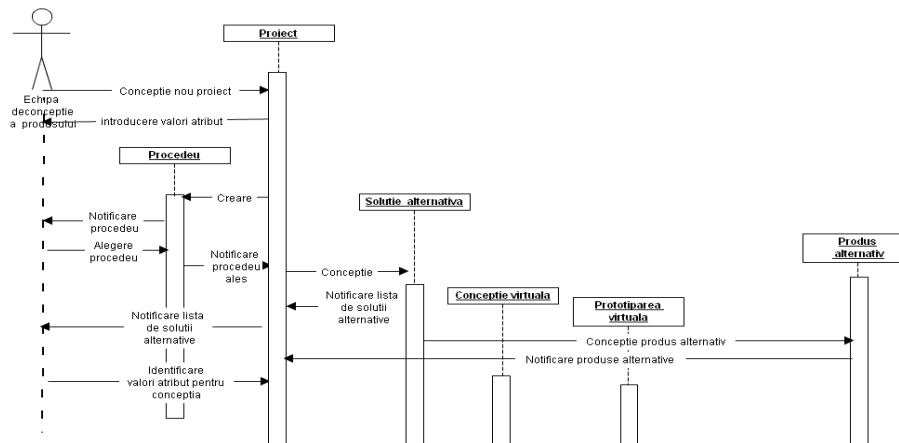


Fig. 4.33 Crearea unui nou proiect și notificarea atributelor, după (Ștef, 2012)

În lucrarea de față se va pune accent pe secvența de concepție virtuală ce se caracterizează prin definirea în detaliu a componentelor produsului, specificând caracteristicile fizice, dimensionale, desene tehnice ale produsului.

Secvența de concepție virtuală trebuie să respecte anumite constrângeri: forma unui produs, dimensiunile acestuia, componentele produsului, materialele utilizate, etc.

Cele mai importante secvențe ce trebuie respectate sunt:

- crearea unui produs nou;
- notificarea (de exemplu, introducerea anumitor date legate de produs) în clasele „Valoare atribut” și „Tip atribut”;
- căutarea în baza de date a proceselor, procedurilor, constrângerilor etc. care au fost procesate pentru produse anterioare;
- inițializarea variantei de concepție (metoda care va fi urmată în concepția produsului);
- introducerea valorilor atributelor (în funcție de cerințele ce reies din caietul de sarcini al produsului);
- analiza soluțiilor reieșite în urma modelării, în cazul în care sunt mai multe forme ce reies din caietul de sarcini;
- crearea dosarului de produs, modelul final al produsului.

Pentru demararea unui proiect sau pentru transmiterea unor informații către parteneri / membrii echipelor ce nu au acces la serverul INPRO se va accesa pagina de start a platformei online, prin autentificare în cadrul aplicației web (Fig. 4.34). În momentul când membrii echipelor de proiect se autentifică, se accesează automat pagina de start, în cadrul căreia sistemul de gestiune va afișa toate proiectele la care utilizatorul autentificat are drepturi de acces.

Un nou proiect poate fi introdus în cadrul platformei prin butonul „Add Conference” (Fig. 4.35). De asemenea, utilizatorul are posibilitatea de a adăuga sau de a șterge date / fișiere de piese, ansambluri, în funcție de nivelul de acces pe care îl are în cadrul proiectului.

În interiorul acestei aplicații este posibilă inițierea unei conferințe cu utilizatorii care sunt online pentru a prezenta și implementa modificări ce se doresc a fi aduse la un proiect comun. Fereastra pentru inițierea conferinței și pentru interogarea membrilor echipelor de proiect este prezentată în Fig. 4.36 (Ștef, 2011).

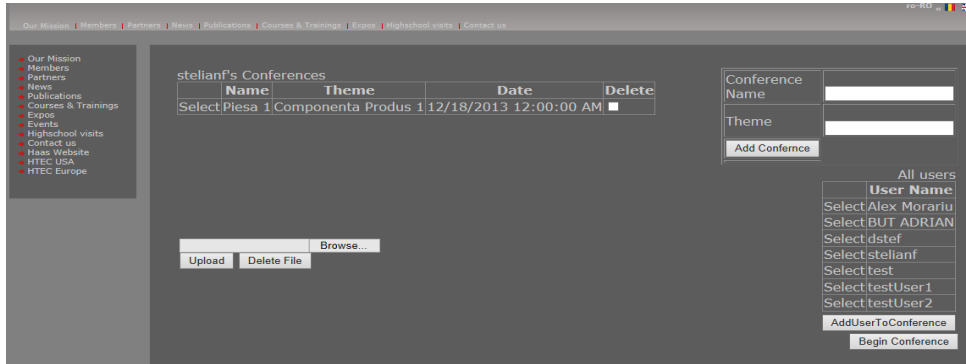


Fig. 4.34 Pagina de start a platformei online

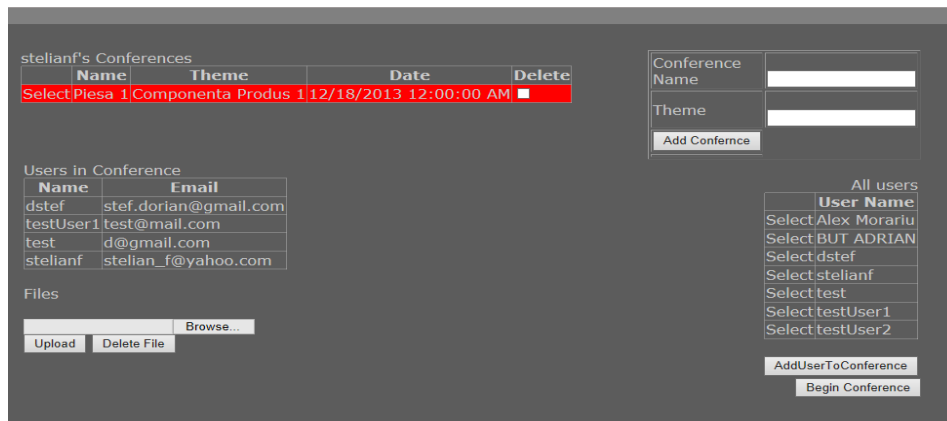


Fig. 4.35 Pagina de creare a unui nou proiect

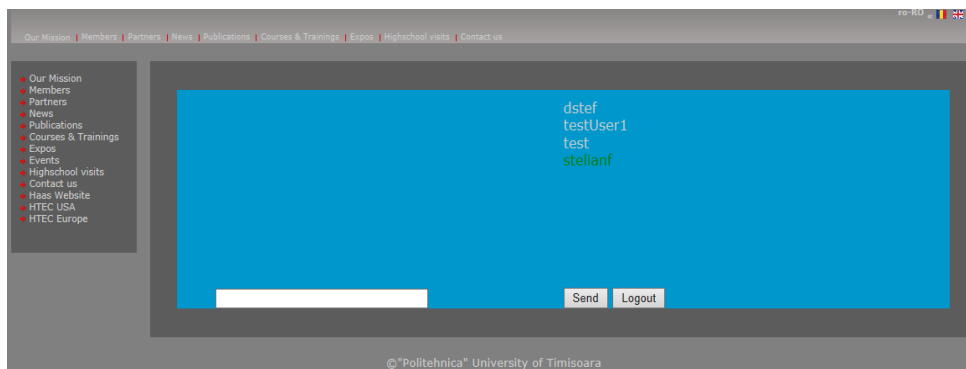


Fig. 4.36 Fereastra de inițiere a unei conferințe

4.4.7 Posibile probleme și soluții

Pentru buna funcționare, atât a platformei colaborative cât și a rețelei prezentate, trebuie soluționate o serie de probleme de interoperabilitate, securitate, conectivitate.

O rețea Teamcenter are nevoie de acces la serverul de date. Pentru a se realiza conexiunea cu serverul de licențe Teamcenter (care este același cu cel pe care se vor stoca datele de proiect), orice aplicație Teamcenter deschisă pe stațiile de lucru aflate în diverse locații geografice va verifica structura de bază a datelor de pe server (licențe, versiune, baza de date – SQL, volume, etc.). În cazul în care serverul nu poate fi accesat, aplicația nu va porni pe stația de lucru.

Recunoașterea calculatoarelor în cadrul rețelei (rutarea în rețele dinamice). Rutarea este procesul de selecție a unui traseu pentru a trimite mesaje de la un expeditor la un receptor. În general, tot Internet-ul și mediile Cloud se bazează pe acest concept, unde diferiți algoritmi de rutare sunt puși în aplicare în fiecare router pentru a asigura acest proces. În prezent, funcțiile Internetului sunt bazate pe Internet Protocol (IP). În mod tradițional, routerele folosesc adresa de IP pentru trimiterea de date la stația potrivită.

În cadrul unei rețele dinamice, nodurile și linkurile (adresele) sunt instabile, ducând astfel la anumite întârzieri până la livrarea informației corecte la adresa corectă. În cazul unei astfel de întârzieri sau întreruperi, platforma Teamcenter în general deconectează stația cu care este conectată sau cu care se încearcă conectarea și conduce la necesitatea restartării întregii conexiuni.

O soluție poate fi aceea de a alocă atât serverului Teamcenter cât și stațiilor de lucru ce se leagă la acesta diferite adrese de IP statice, pentru recunoașterea rapidă a acestora. Uneori nu se utilizează adrese de IP ci nume de domenii, în cazul de față fiind: "denumire server"- "locație".

În general, buna funcționare a platformelor de concepție colaborativă depinde și de calitatea rețelelor virtuale care facilitează controlul unuia sau mai multor computere de la distanță sau a unor servere localizate pe Internet. Crearea unor astfel de rețele virtuale facilitează consolidarea de diverse servicii și dispozitive pe o singură platformă hardware numită comutator (switch) de servicii virtuale. Un avantaj major este acela că personalul de întreținere și administratorii pot instala drivere de dispozitive, efectua teste și pot rezolva problemele de la calculatoarele aflate la distanță, toate acestea realizându-se din aceeași locație. De obicei, o VPN folosește o infrastructură existentă pentru a stabili comunicații sigure între asociați de încredere într-un mod eficient cu costuri reduse (Gleeson, 2000).

Administrarea platformei. Utilizarea de platforme Cloud presupune implicarea a trei tipuri de utilizatori: administratori de rețea sau de Cloud în funcție de tipul platformei, companiile și utilizatorii de aplicații din cadrul companiilor (Mirescu, 2011). Primele două (administratori și companii) se confruntă zilnic cu diferite probleme legate de nivelurile de acces, conturi, etc., uneori aceste probleme fiind repetitive. În acest caz, administratorul gestionează conturile și nivelurile de acces, acest lucru având ca dezavantaj întârzierile pentru soluționarea problemelor datorate factorului uman.

Confidențialitatea informației. Accesul trebuie să fie limitat doar la utilizatorii autorizați (atât pentru actorii interni cât și pentru cei externi). În cazul de față accesul, atât la platforma web cât și la serverul Teamcenter, unde sunt stocate proiectele și informațiile, se realizează numai prin intermediul unui nume de

utilizator și parolă. Accesul prin login / parolă duce ca eficiența acestui mecanism să fie puternic legată de parola aleasă.

Integritatea informației. Conținutul informațiilor transmise trebuie protejate împotriva modificărilor rău intenționate ale informației. Acest lucru se poate realiza prin protejarea fiecărui site local sau a fiecărei rețele prin utilizarea de filtre de trafic (firewall). În cadrul platformei dezvoltate există Firewall atât software (Windows) cât și înainte de intrarea rețelei în serverul eng.upt.ro.

Disponibilitatea sistemului informatic. Disponibilitatea sistemului informatic depinde în mare măsură de calitatea conexiunilor între mediile de lucru, servere, întreruperi. Pentru a evita astfel de probleme este necesară asigurarea unei rețele de 100Mbs și totodată a unor routere / switch-uri capabile să suporte astfel de conexiuni.

Accesarea licențelor din diferite locații geografice. Licența necesară utilizării platformei este alocată de fiecare dată când un utilizator autentificat și recunoscut de către sistem o solicită pentru realizare de activități colaborative. Operațiunile specifice care necesită o licență distribuită de utilizator sunt:

- publicarea și ștergerea unui obiect;
- găsirea platformei de la distanță (find remote);
- import de la distanță (import remote);
- trimiterea unui obiect către un alt site prin intermediul procedurii de release (pentru acceptarea documentelor, a modificărilor, etc.).

Fiecare sesiune Teamcenter are nevoie doar de o licență de utilizare distribuită, nu contează cât de multe operațiuni de colaborare sunt active. De exemplu, dacă un utilizator inițiază un import de la distanță și în timp se așteaptă finalizarea procesului de import, poate publica un obiect, folosind aceeași licență de Teamcenter, atâta timp cât ambele operațiuni sunt efectuate în aceeași sesiune Teamcenter.

În cazul în care există o scurtă întrerupere, datorată erorilor sau defectelor de rețea, se pierde licența de Teamcenter, ducând la necesitatea restartării întregii platforme.

Securizarea informațiilor. În zilele noastre, spionajul industrial a luat amploare, de aceea este necesară protecția documentelor împotriva oricărei încercări de copiere. Utilizarea diverselor metode de securizare a informației asigură un grad ridicat de protecție al documentelor. Una din aceste metode de securizare a informației este steganografierea documentelor tehnice, necesară pentru protejarea intelectuală a informațiilor din cadrul companiilor.

Steganografia este o tehnică utilizată pentru a ascunde mesaje, imagini, semnături, în alte mesaje sau documente. Acest proces este realizabil prin utilizarea diferitelor aplicații (fie gratuite, fie prin achiziționare de licențe) ce facilitează introducerea semnăturilor sau imaginilor în cadrul unui document ce este descompus inițial la nivel de bit.

Pentru steganografierea documentelor, imaginilor și a altor fișiere există o multitudine de programe ce ajută la protejarea intelectuală a acestor documente.

4.5 Concluzii

În urma studiului bibliografic asupra noilor tehnologii de Cloud Computing, a evoluției și caracteristicilor acestora, a diverselor platforme de concepție

colaborativă, s-a observat ca mediul Cloud poate fi utilizat în cadrul companiilor mici și mijlocii (care sunt ținta acestei cercetări) pentru reducerea timpului de concepție a unui produs.

Existența diferitelor tipuri de medii Cloud, care asigură diverse niveluri de acces configurabile de către clienții acestor medii (în general companii), pot face posibilă implementarea unor noi platforme de concepție colaborativă, în funcție de preferințele clienților referitor la poziționarea pe diverse servere sau în diverse locații geografice.

Pentru a facilita procesul de concepție colaborativă, utilizând mediul Cloud, s-a propus implementarea unei platforme configurabile de management al datelor de produs, care realizează legătura dintre diverse locații geografice cu serverul principal de management al informațiilor și datelor de proiect.

S-a creat astfel o structură dinamică și o platformă colaborativă de concepție a produselor, în cadrul căreia pot fi integrate diverse aplicații de modelare, testare și validare virtuală, sincronizate cu serverul de management al datelor de proiect, la care se adaugă diferite tehnologii ce înlesnesc colaborarea între membrii de proiect.

Infrastructura platformei a fost dezvoltată pe o structură creată în cadrul Universității Politehnica Timișoara (proiectul INPRO), la care s-au anexat laboratoare de concepție virtuală și de management al datelor de proiect.

Aplicațiile integrate în cadrul acestei platforme au fost alese în urma studierii ofertelor principalilor furnizori de soluții PLM, în cadrul rețelei INPRO optându-se ca soluție a platformei PLM multisite cea furnizată de către Siemens PLM software. Această soluție dispune de o flexibilitate ridicată, oferind posibilitatea de integrare a diferitelor aplicații necesare procesului de concepție, prin asigurarea interoperabilității dintre aceste aplicații și resursele puse la dispoziție în fiecare locație geografică.

Platforma de concepție colaborativă implementează atât modelul ontologic elaborat cât și sisteme de management al datelor de produs, care facilitează procesul de concepție și colaborarea între echipe de proiect distribuite.

Prin realizarea acestei platforme colaborative, scad simțitor atât problemele de management al schimbărilor, printr-o trasabilitate mai bună a acestora, rezultând reducerea timpului necesar procesului de concepție, de modificare a modelelor virtuale / desenelor tehnice și de implementare a acestor modificări.

Pentru validarea modelului ontologic al procesului de concepție și a platformei de concepție colaborativă dezvoltată, urmează *simularea unui proces de concepție colaborativă și de management al datelor de produs, prin versionarea documentelor și revizia modelelor 3D, ținând cont de etapele și procesele definite anterior.*

5 CONCEPȚIA COLABORATIVĂ A PRODUSULUI ÎN PLATFORME PLM

5.1 Introducere

Obiectivul acestui capitol este de a simula procesul de concepție colaborativă a unui produs mecanic format din mai multe subansambluri. Produsul exemplificat este un ferestruu alternativ.

Operațiile necesare pentru realizarea acestei simulări sunt: crearea, modificarea și implementarea diferitelor date și informații necesare pentru realizarea unui produs în Teamcenter din mediul Catia, prin modificarea reviziilor sau a versiunilor datelor modificate.

În scopul realizării obiectivului este necesară parcurgerea următoarelor etape:

- definirea noțiunilor de date de proiect, versiuni, revizii, necesare în procesul de management al datelor de produs;
- analiza procesului de integrare a diverselor aplicații în cadrul platformei create;
- crearea modelului virtual al unui ansamblu mecanic format din mai multe piese separate și subansambluri;
- analiza procesului de integrare a modelelor virtuale în cadrul platformei, pe serverul de stocare a datelor de proiect;
- inserarea modelelor stocate pe server în mediul curent de lucru, în vederea modificării acestora;
- reintroducerea modelelor modificate (prin creșterea reviziei acestora) și a desenelor tehnice (prin creșterea versiunii) pe serverul destinat stocării datelor, cu ajutorul comenzilor dedicate finalizării modificărilor;
- analiza modului în care aceste modificări sunt acceptate și implementate;
- securizarea datelor de produs, în vederea transmiterii lor către membrii echipelor de proiect aflate în diferite locații geografice.

5.2 Simularea procesului de concepție și managementul datelor

Pentru a simula procesul de concepție și managementul datelor de produs cu ajutorul Teamcenter, va trebui în primă fază explicitate fișierele și termenii folosiți.

În Fig. 5.1 se observă principalele tipuri de fișiere care se pot regăsi în cadrul platformei de concepție colaborativă, acestea fiind structurate în funcție tipul de informație cuprins.

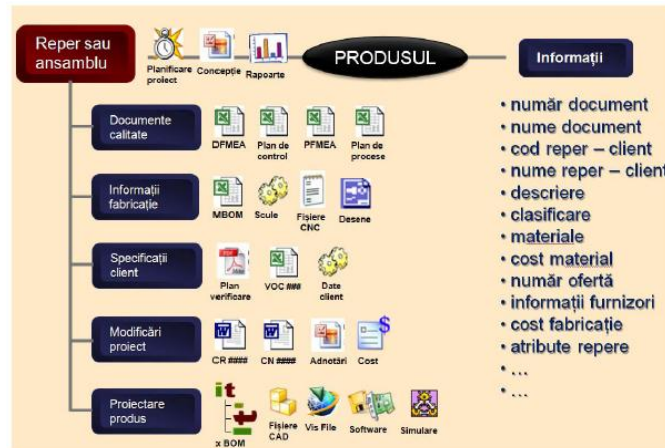


Fig. 5.1 Structura simplificată a datelor (Teamcenter - Ada Computers)

În Teamcenter se identifică diferite ansambluri și subansambluri, cu anumite caracteristici. În general, pentru o mai bună trasabilitate a datelor și informațiilor, s-a decis ca reperele, modelele 3D care sunt stocate, să aibă revizii în cazul în care acestea se modifică, iar modificarea documentelor să fie urmărită cu ajutorul versiunilor. Un exemplu de structură de proiect care conține mai multe tipuri de informații/documente la care managementul schimbărilor este realizat cu ajutorul reviziilor este prezentat în Fig. 5.2.

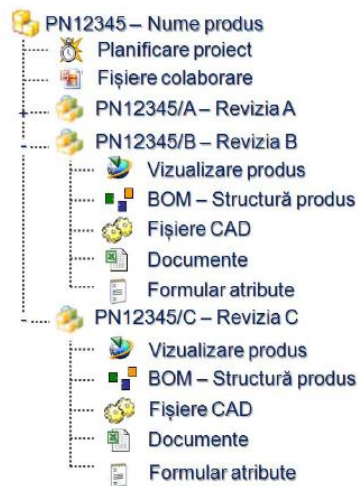


Fig. 5.2 Exemplu de structură de proiect

Înainte de simularea procesului de concepție și managementul datelor, trebuie evidențiate caracteristicile versiunilor și a reviziilor.

Versiuni. Fiecare obiect (reper sau produs) din baza de date trece printr-o serie de modificări până să ajungă la forma finală. În funcție de complexitatea acestora, un proiectant poate să lucreze de la câteva minute la câteva ore sau chiar

zile. De fiecare dată când se salvează fișierul la care se lucrează, în baza de date se creează câte o versiune. Astfel, în funcție de aplicația PDM utilizată, se poate defini un număr de versiuni care rămân salvate. Oricând se poate reveni la o versiune salvată anterior. Aceasta este o deosebire și un mare avantaj față de salvarea datelor pe hard-disk.

Revizii. După finalizarea proiectării unui obiect (reper sau produs), acesta își schimbă starea (statusul) în urma unui proces, din status „in work” (în lucru) în status „released” (lansat). Acest lucru înseamnă că nici o persoană din cadrul companiei nu mai poate face modificări asupra acestui obiect. În cazul în care, din diferite motive, este necesară realizarea unor modificări, obiectul se va salva cu o altă revizie (B, C etc. sau 01, 02 etc.). De menționat aici faptul că aceste modificări asupra obiectului se realizează după ce acesta a fost lansat în producție. Reviziile apar de cele mai multe ori datorită modificărilor care apar în timpul sau după realizarea fabricației. Se întâmplă deseori ca în cazul ansamblurilor complexe să apară erori de fabricație care nu sunt depistate în procesul de verificare a documentației. Aceste erori (cote lipsă pe desene, dimensiuni greșite, materiale greșite) determină, de fiecare dată, transmiterea modificărilor la departamentul de proiectare, pentru a face corecturile. În acest fel apar reviziile.

Integrarea în Teamcenter prin intermediul SolidWorks sau Catia ajută la stocarea fiecărui model într-un set de date proprii și oferă setului de date același nume ca și modelul. Fiecare set de date este stocat în cadrul unui element cu revizie proprie, iar orice modificare adusă modelului va duce la crearea unui nou set de date ce va avea o revizie modificată.

În cazul în care va fi deschisă o sesiune Catia sau Solidworks, se va face legătura automat cu o sesiune de integrare a datelor și informațiilor în Teamcenter, iar utilizatorul va putea accesa meniul principal de integrare.

În momentul în care aplicația Teamcenter a realizat legătura cu serverul Teamcenter de unde își alocă o licență pentru stația de lucru, în mediul de lucru devine activ meniul special pentru integrarea datelor în cadrul platformei Teamcenter (Fig. 5.3).



Fig. 5.3 Meniul de integrare Teamcenter

Pentru a putea implementa modele sau ansambluri în Teamcenter va trebui accesată comanda din meniul de integrare care face legătura cu Teamcenter și, implicit, se va accesa platforma PDM. După realizarea legăturii cu serverul Teamcenter, acesta va cere autentificarea fiecărui membru prin User ID și parolă (Fig. 5.4).

Fiecare membru al echipei de proiect va deține un user (nume utilizator) și o parolă care îi oferă anumite drepturi în Teamcenter. Acesta poate doar să vizualizeze produsele, piesele, documentele tehnice sau poate să aducă și modificări asupra acestora, în funcție de nivelul de acces și de permisivitatea contului. Aceste drepturi sunt oferite de către administratorul de platformă, care monitorizează toate drepturile de acces, sau de către managerul proiectului.

După introducerea datelor de autentificare, Teamcenter va face legătura cu serverul de management al datelor de proiect, iar utilizatorul va avea acces la toate proiectele sau ansamblurile în care este implicat (Fig. 5.5).



Fig. 5.4 Fereastra de autentificare

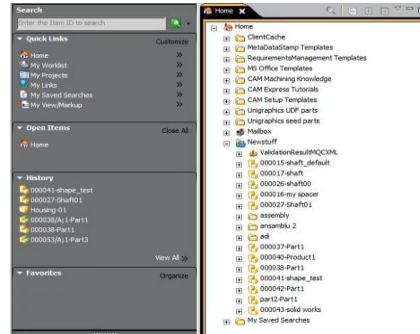


Fig. 5.5 Fereastra cu proiecte

Crearea unui model/produs virtual, utilizând diferite medii și platforma Teamcenter, se realizează în trei moduri.

Un prim mod constă în crearea diferitelor tipuri de fișiere necesare unui produs direct în Teamcenter, prin alegerea comenzii New Item din meniul File. Toate fișierele create în Teamcenter vor putea fi vizualizate simultan și în mediile de lucru (Catia sau SolidWorks).

Astfel, se pot crea desene, documente, modele 3D, ansambluri (Fig. 5.6). Pentru crearea unui obiect este necesar a se introduce numele, tipul obiectului (desen, reper, ansamblu, etc.), descrierea acestuia și proiectul din care face parte.

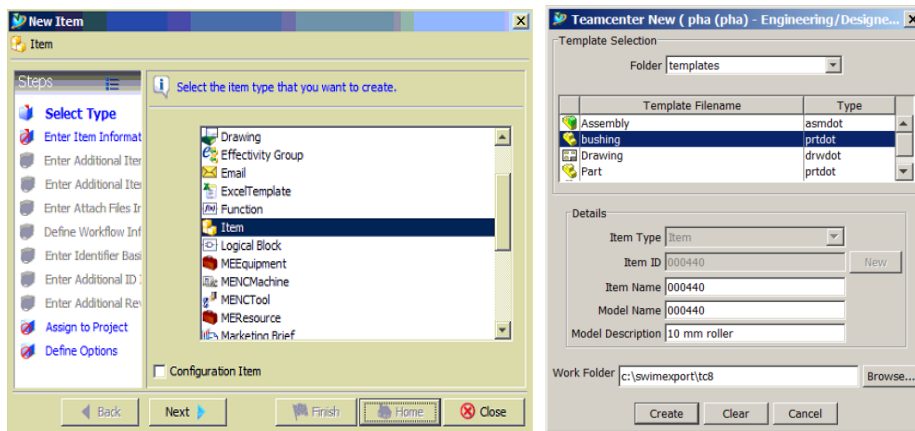


Fig. 5.6 Crearea unui obiect în Teamcenter

După crearea întregii structuri a unui proiect este necesară salvarea acestuia în Teamcenter. În fereastra de salvare sunt incluse toate modelele noi create. În partea de sus se poate observa că revizia modelelor nu poate fi modificată, deoarece sunt recent create și aceasta este întotdeauna alocată automat de sistem (Revision A).

În momentul salvării acestor obiecte, Teamcenter va crea pentru fiecare dintre acestea un element *Dataset* care va include informațiile despre fiecare model, desen sau document în parte, iar cu ajutorul acestuia Teamcenter poate afișa / previzualiza conținutul modelelor, al desenelor, etc.

Al doilea mod de creare și integrare a modelelor în Teamcenter constă în realizarea fiecărei piese în parte în mediul de lucru și integrarea separată a acestora în Teamcenter, urmând ca apoi să se realizeze ierarhizarea fiecărui model/piesă în funcție de dependența acestora (Fig. 5.7).

Integrarea acestor piese/modele individuale în Teamcenter se realizează cu ajutorul meniului "Teamcenter Save Manager". În cazul unei piese noi, Teamcenter atenționează utilizatorul de faptul că această piesă este nouă și este necesară crearea unui cod de identificare și a unei revizii (Fig. 5.8).

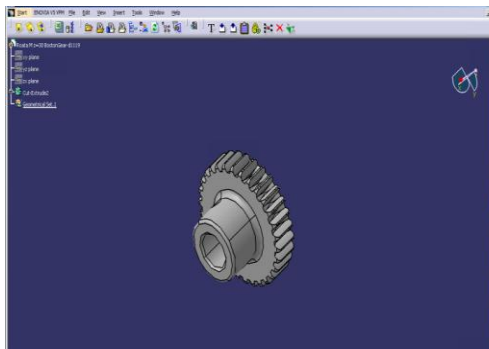


Fig. 5.7 Realizarea unei piese în Catia

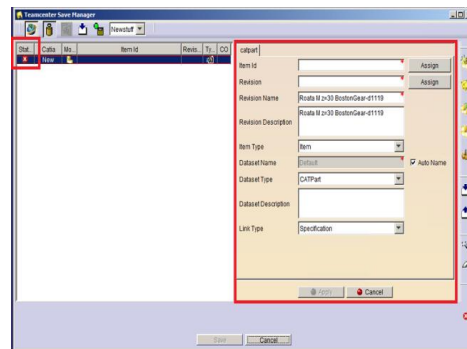


Fig. 5.8 Fereastra Save Manager

După asignarea unui cod de identificare (Item Id) și a unei revizii (de ex. A) (Fig. 5.9), în momentul salvării acestor obiecte, Teamcenter va crea pentru fiecare dintre ele un element *Dataset* care va include informațiile despre fiecare model, desen sau document, cu ajutorul acestuia Teamcenter având posibilitatea de a afișa/previzualiza conținutul modelelor, desenelor, etc.

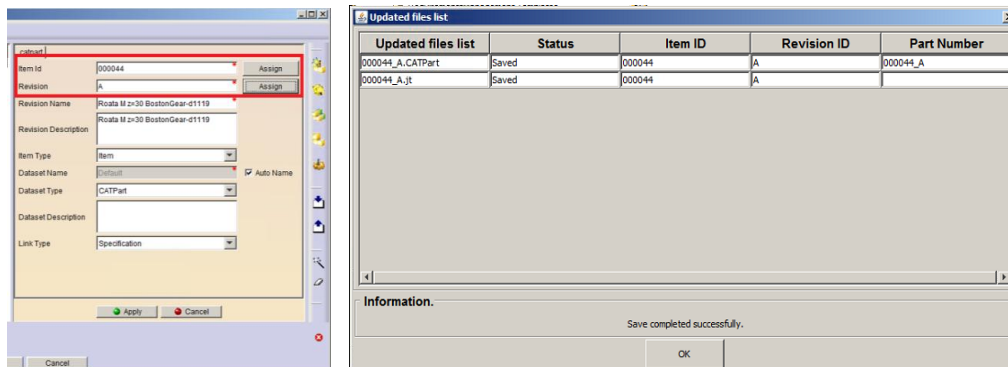


Fig. 5.9 Asignarea unei revizii și confirmarea integrării în Teamcenter

În Fig. 5.10 se poate observa existența piesei în Teamcenter.

A treia variantă de integrare a unui produs în Teamcenter este aceea prin care fiecare piesă este creată și salvată pe un disc local, apoi inserată într-un ansamblu complet sau subansamblu, acestea din urmă fiind integrate în Teamcenter. Acest ansamblu poate fi o parte a unui produs sau chiar produsul final ce se dorește a fi realizat (Fig. 5.11).

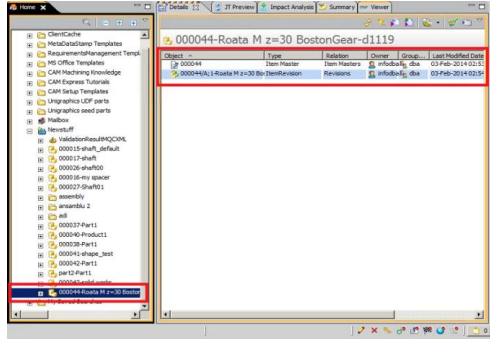


Fig. 5.10 Piesa salvată în Teamcenter

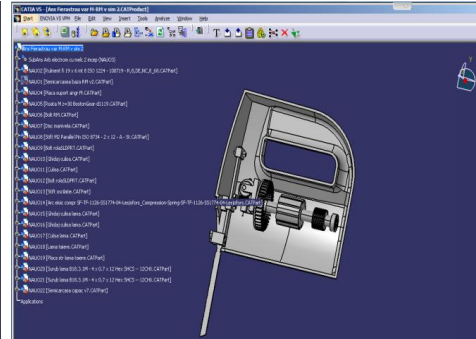


Fig. 5.11 Ansamblu integrat în Teamcenter

Integrarea întregului ansamblu în Teamcenter se realizează cu ajutorul comenzii "Save" din meniul rapid de integrare. Fiind prima salvare a acestui ansamblu în Teamcenter, platforma PDM va asigna revizia "A" la toate piesele ansamblului (Fig. 5.12).

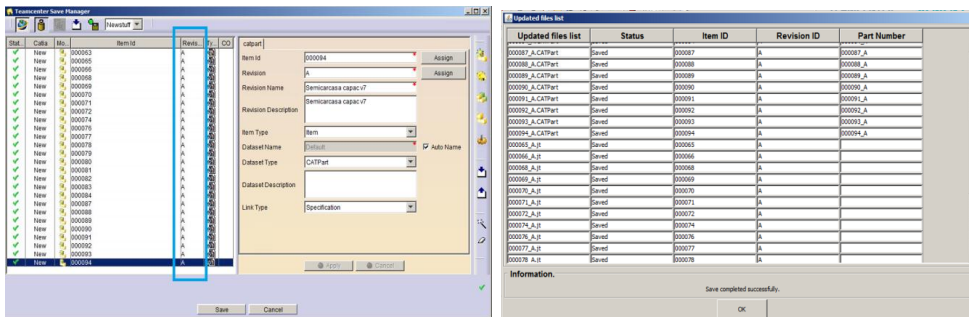


Fig. 5.12 Salvarea ansamblului în Teamcenter și confirmarea integrării acestuia

În Fig. 5.13 se poate observa structura de proiect ce conține toate piesele componente ale produsului care a fost integrat în Teamcenter. După crearea tuturor modelelor/pieselor produsului, este necesară organizarea dependențelor dintre acestea, prin ierarhizarea lor în funcție de ansamblul/subansamblul din care fac parte.

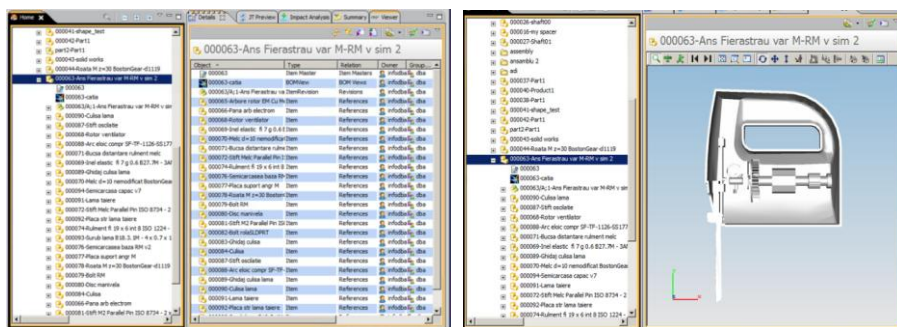


Fig. 5.13 Structura unui ansamblu și previzualizarea acestuia în Teamcenter

După crearea structurii de proiect, fiecare membru al echipei poate alege modelul pe care dorește să-l deschidă pentru **efectuarea de modificări**.

Principalele opțiuni din procesul de integrare a datelor, a modelelor 3D și a desenelor sunt Check-in și Check-out (Fig. 5.14).

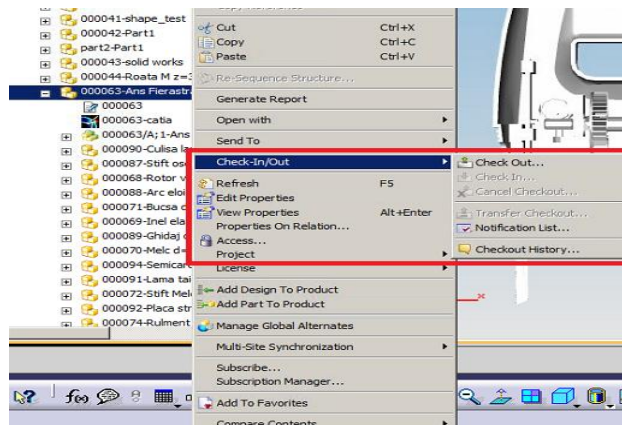


Fig. 5.14 Opțiunea de Check-out pentru deschiderea unui model

În cazul în care opțiunea de Check-out nu poate fi accesată, utilizatorul nu poate modifica nici un model sau desen stocat în cadrul platformei și statusul obiectului rămâne la fel ca la început. Opțiunea Check-in este utilizată pentru integrarea, stocarea modelului în Teamcenter, acest model fiind vizibil în fișierul/structura de proiect.

Alegând un model în Teamcenter, meniul va marca acel model și îl va afișa în cadrul unei ferestre, cu ajutorul unui vizualizator.

Utilizatorul interacționează cu Teamcenter folosind diferite butoane, casete de dialog, liste de selecție. Fiecare opțiune este concepută pentru a afișa modele 3D și pentru a permite utilizatorului să gestioneze aceste date. Modelele 3D sunt afișate într-un tabel care permite utilizatorului să selecteze un singur model, o serie învecinată de modele sau un set aleatoriu de modele.

În Fig. 5.15 sunt selectate o serie de modele dintr-un ansamblu, care se doresc a fi salvate pe serverul de management al datelor de proiect, accesând opțiunea de Salvare, această funcție aplicându-se numai la modelele selectate care sunt activate, restul rămânând neschimbate, afișându-se doar status-ul "open".

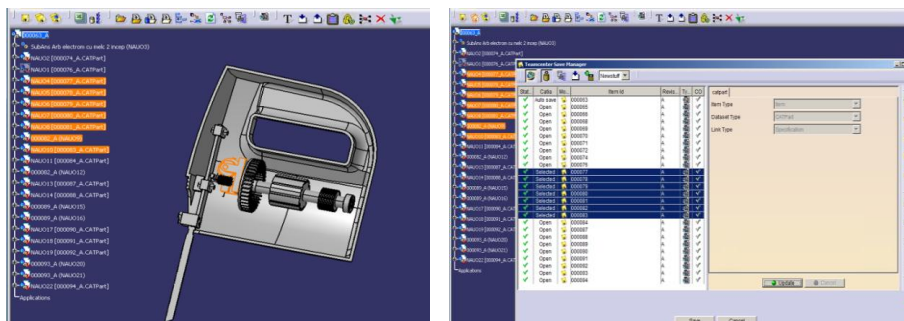


Fig. 5.15 Opțiunea de salvare a unor modele 3D

Atunci când se dorește a se implementa o modificare asupra unei piese, pentru deschiderea acesteia se alege opțiunea Check-out, în mediul de lucru realizându-se în același timp blocarea automată, nefiind posibil astfel ca alt utilizator să deschidă și să modifice aceeași piesă simultan. În urma alegerii opțiunii Check-out va apărea o fereastră care va cere confirmarea acestei acțiuni (Fig. 5.16), în dreptul piesei apărând semnul prin care se indică faptul că fișierul este deschis și blocat de un utilizator în vederea modificării acestuia.

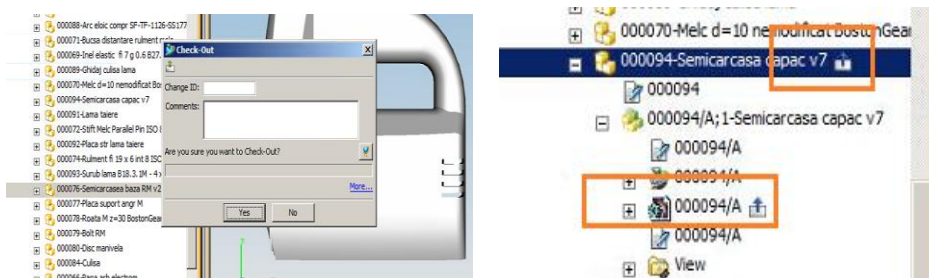


Fig. 5.16 Confirmarea opțiunii Check-out și iconița ce indică blocarea piesei

În urma modificărilor aduse asupra modelului deschis cu opțiunea Check-out, va trebui mărită revizia cu o unitate (de la A la B), pentru o mai bună trasabilitate a schimbărilor (Fig. 5.17).

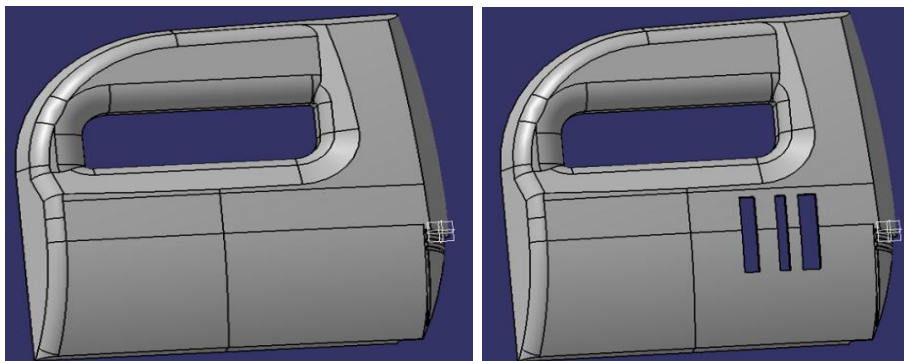


Fig. 5.17 Piesa înainte și după modificare

Incrementarea reviziei cu o unitate se realizează cu ajutorul butonului "Assign" din dreptul câmpului "Revision" din fereastra "Teamcenter Save Management" (Fig. 5.18).

În urma validării comenzii, Teamcenter va afișa confirmarea acțiunii de salvare a piesei modificate, putându-se observa totodată incrementarea reviziei piesei atât în fereastra de confirmare cât și în cadrul structurii de proiect (Fig. 5.19).

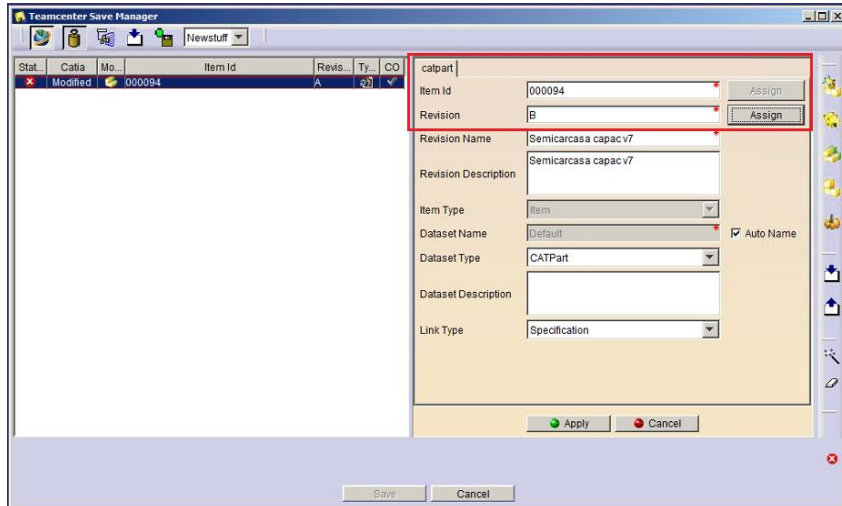


Fig. 5.18 Incrementarea reviziei unei piese modificate

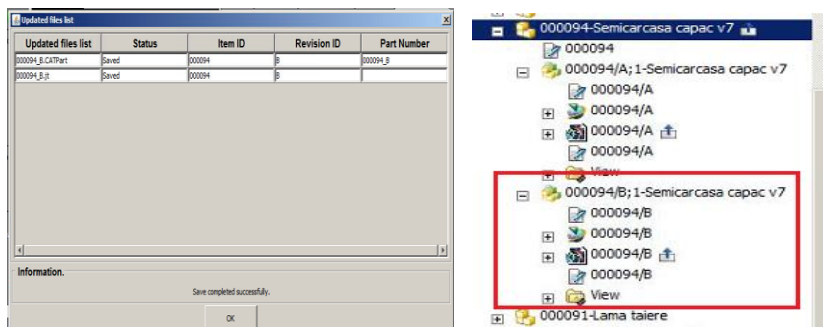


Fig. 5.19 Confirmarea integrării noii revizii și apariția acesteia în structura de proiect

Pentru a finaliza și implementa modificările dorite asupra piesei, este necesar a se implementa oficial și a se debloca această nouă variantă cu ajutorul comenzii Check-in (Fig. 5.20).

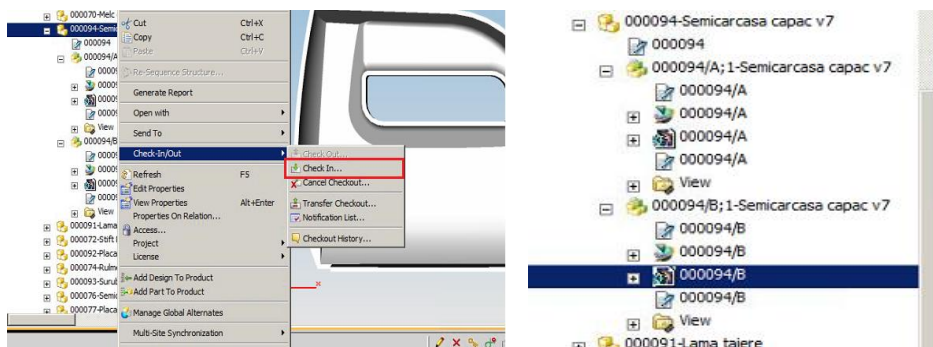


Fig. 5.20 Comanda Check-in și structura de proiect nou creată (Revizia B)

După efectuarea și implementarea în Teamcenter a unor modificări asupra unei piese/model care face parte dintr-un ansamblu, în componența acestuia nu se va implementa noua modificare. În cazul de față, pentru carcasa produsului va fi tot varianta A. Sistemul va atenționa utilizatorul asupra existenței unei noi versiuni a acestui model din cadrul ansamblului deschis (Fig. 5.21).

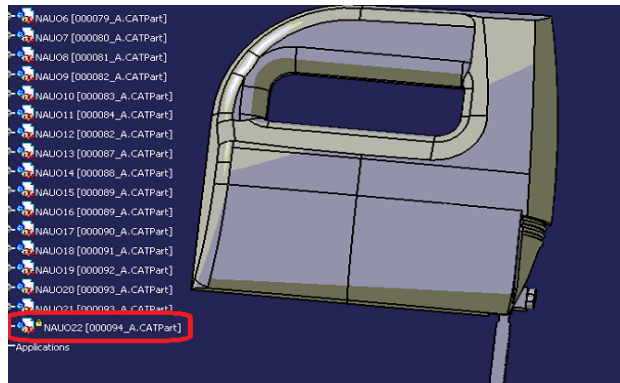


Fig. 5.21 Atenționare asupra existenței unei noi versiuni a modelului

Pentru a implementa noua variantă ce a fost modificată și implementată în Teamcenter, se va deschide ansamblul în mediul de lucru, alegând opțiunea "Load in Catia", selectându-se piesa ce se dorește a se înlocui și alegându-se comanda "Replace" din meniul "Teamcenter" (Fig. 5.22).

După alegerea opțiunii, platforma va deschide interfața Teamcenter de unde se va alege piesa dorită. Inserarea modelului dorit în mediul de lucru se realizează prin selectarea acestuia cu dublu click.

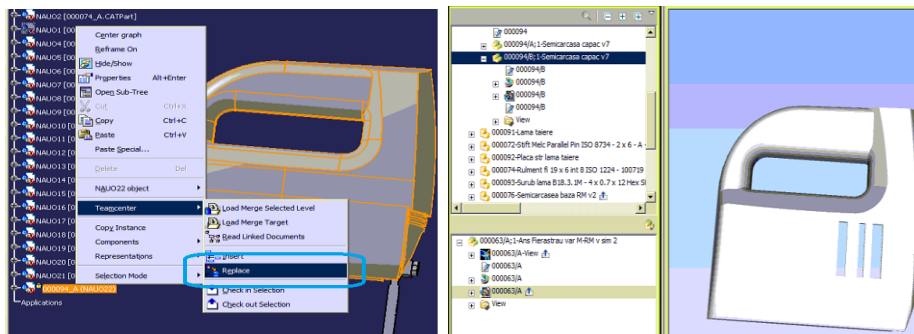


Fig. 5.22 Înlocuirea unei componente cu o revizie nouă și previzualizarea Teamcenter

După alegerea componentei ce va înlocui pe cea cu o revizie mai veche, este necesară confirmarea prin care se acceptă înlocuirea tuturor constrângerilor în raport cu noua piesă (Fig. 5.23).

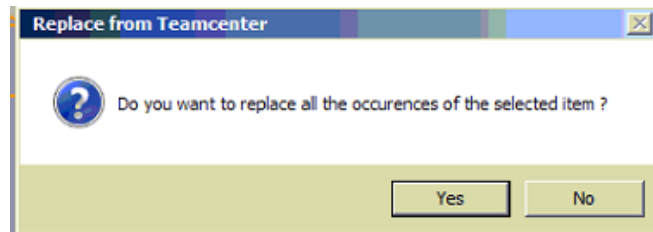


Fig. 5.23 Confirmarea înlocuirii tuturor constrângerilor

După validarea comenzii, se poate observa că modelul a fost înlocuit prin evidențierea reviziei acestei componente din cadrul ansamblului (Fig. 5.24).

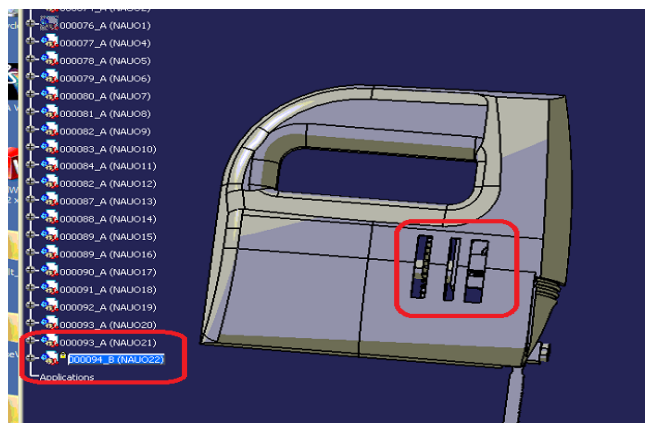


Fig. 5.24 Componenta cu noua revizie ce a fost înlocuită în cadrul ansamblului

În urma acestui proces de implementare a unei noi revizii, întreg ansamblu va suferi o incrementare cu o unitate a reviziei acestuia, deoarece din punct de vedere tehnic, acesta este un nou produs, care conține o piesa optimizată sau un întreg subansamblu optimizat (Fig. 5.25).

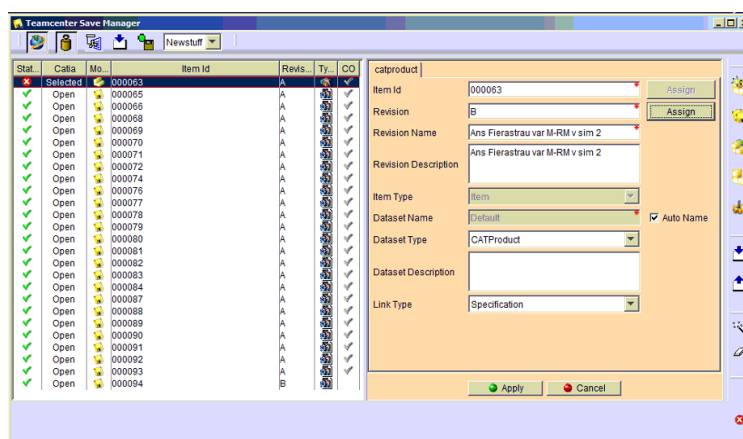


Fig. 5.25 Incrementarea reviziei ansamblului modificat

După validarea comenzii de incrementare a reviziei ansamblului, sistemul va afișa confirmarea acestei opțiuni și implicit va salva întregul ansamblu pe serverul Teamcenter cu o nouă revizie, în cazul prezentului sistem, revizia B (Fig. 5.26).

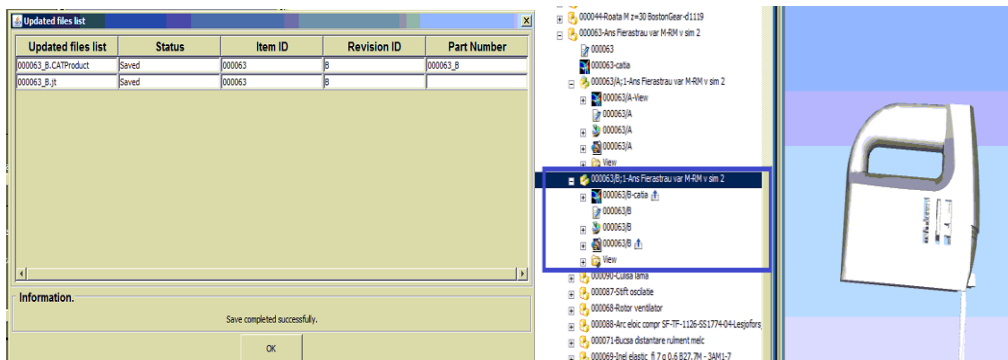


Fig. 5.26 Confirmarea modificării reviziei unui ansamblu și afișarea noii revizii în Teamcenter

Pentru transformarea unui model virtual într-un produs fizic, este nevoie de realizarea și implementarea desenelor tehnice ale acestuia împreună cu documentele departamentelor responsabile de achiziționare, planificare și fabricație a produsului.

Desenele tehnice se realizează cu Catia/SolidWorks, acestea reflectând caracteristicile modelului curent, versiunea desenului fiind aceeași cu revizia modelului deschis în mediul de lucru. În cazul de față, desenul de produs va avea versiunea B (Fig. 5.27).

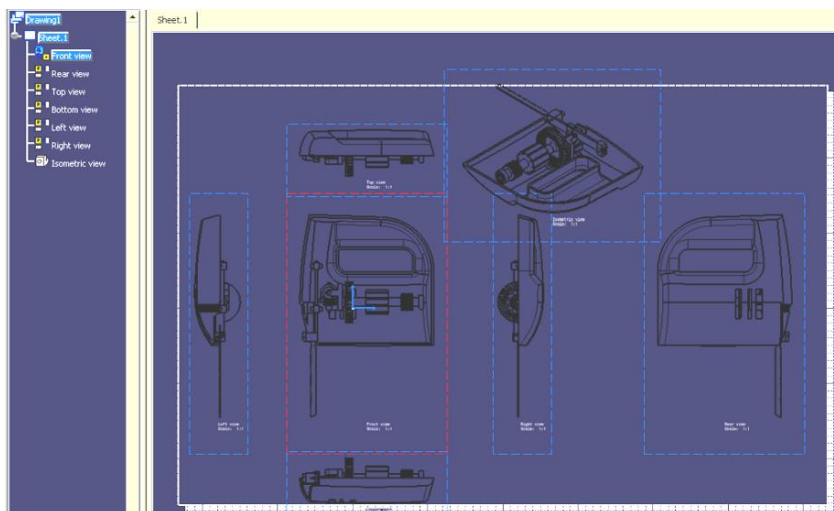


Fig. 5.27 Desenul de produs ce se dorește a fi integrat în Teamcenter

În momentul salvării, sistemul va aloca automat versiunea corespunzătoare reviziei modelului la care s-a realizat desenul tehnic (Fig. 5.28).

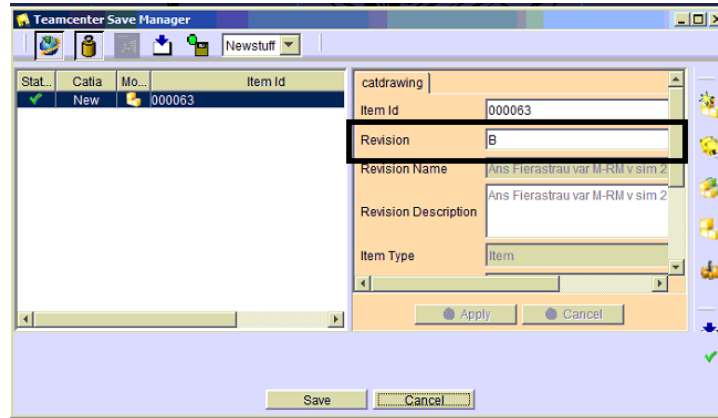


Fig. 5.28 Meniul de salvare și integrare a unui desen în Teamcenter

Ca și în cazul salvării modelelor virtuale, Teamcenter va afișa confirmarea procesului de salvare a desenelor tehnice, urmând să creeze Dataset-urile și datele necesare previzualizării acestui desen pe serverul destinat stocării datelor de produs (Fig. 5.29).

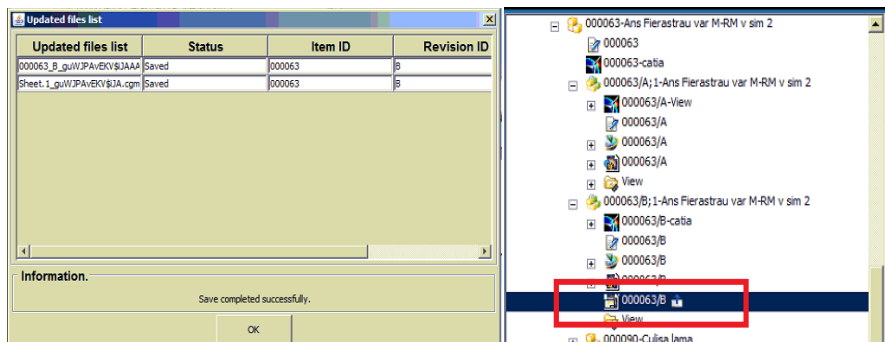


Fig. 5.29 Confirmarea procesului de salvare a desenului și existența acestuia în cadrul ansamblului cu revizia B

Blocarea, modificarea și implementarea modificărilor asupra desenelor tehnice în Teamcenter se realizează urmărind aceiași pași folosiți pentru modificarea modelelor, ansamblurilor și a subansamblurilor.

După verificarea noului produs și aprobarea acestuia de către echipa de proiect, se poate alege comanda Check-in pentru validarea acestuia, existând posibilitatea de a trimite acest ansamblu către diferite departamente, cum ar fi: departamentul de aprobare finală (Release), vizualizatorul întregului ciclu de viață al produsului, departamentul de planificare a fabricației produsului, managerul de proiect, etc. Toate departamentele spre care se pot trimite datele de proiect, alese cu comanda "Send to", se pot observa în Fig. 5.30.

După finalizarea oricărei modificări aduse la fișierele de proiect (desene, modele 3D, specificații, documente justificative), pentru stocarea acestora pe serverul Teamcenter, utilizatorul este obligat să utilizeze opțiunea "Check-in" pentru fiecare element în parte.

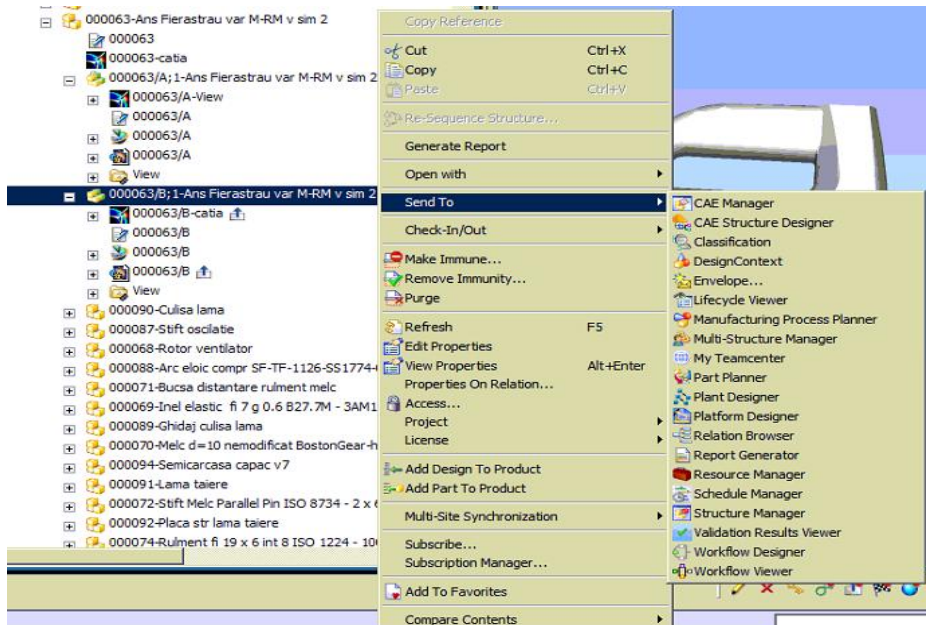


Fig. 5.30 Trimiterea datelor de proiect către diferite departamente / echipe

În cazul în care nu dorește salvarea modificărilor aduse, se va alege opțiunea "Cancel Check-out", pentru a renunța la aceste modificări și pentru a debloca modelele/documentele care au fost blocate împotriva modificării de către alți utilizatori, realizată prin selectarea opțiunii "Check-out". Fereastra alocată opțiunii "Cancel Check-out" este prezentată în Fig. 5.31. Aici sistemul evidențiază toate modelele modificate care încă nu au fost salvate pe server.

		Item-id/Rev-Item Name	Item Type	Revision	Item Name	Da
<input type="checkbox"/>		000004/A	Item	A	000004	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000071/A	Item	A	000071	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000072/A	Item	A	000072	SWAsr
<input type="checkbox"/>		000072/A	Item	A	000072	SWDrv
<input type="checkbox"/>		000073/A	Item	A	000073	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000080/A	Item	A	000080	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000081/A	Item	A	000081	SWDrv
<input type="checkbox"/>		000081/A	Item	A	000081	SWAsr
<input type="checkbox"/>		000082/A	Item	A	000082	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000113/A	Item	A	000113	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000114/A	Item	A	000114	SWDrv
<input type="checkbox"/>		000114/A	Item	A	000114	SWAsr
<input type="checkbox"/>		000115/A	Item	A	000115	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000116/A	Item	A	000116	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000225/A	Item	A	000225	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000225/C	Item	C	000225	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000269/A	Item	A	000269	SWPrt
<input type="checkbox"/>		000289/A-sw_description_empty	Item	A	sw_description_e...	SWAsr

Fig. 5.31 Fereastra de "Cancel Check-out"

5.3 Folosirea mijloacelor de concepție colaborativă sincronă

Toate modificările menționate anterior, adnotațiile și remarcile, pot fi înregistrate și trimise către membrii echipelor de proiect distribuite, pentru a fi analizate și comentate.

În timpul procesului de concepție colaborativă distribuită a unui produs, utilizând aplicații de concepție virtuală (Catia, Creo, SolidWorks, NX) și de management al datelor de produs (Teamcenter), modificările aduse pot fi implementate rapid prin folosirea mijloacelor de concepție colaborativă sincronă (tabla interactivă și sistemul de videoconferință).

Pentru a evidenția importanța utilizării acestor mijloace, se exemplifică modificarea unui arbore din ansamblul mecanic descris anterior, care a fost supus unui proces de „cosmetizare” a suprafețelor.

În timpul sesiunii de videoconferință cu membrii echipei de proiect dislocați geografic, moderatorul are posibilitatea de a extrage modelul de ansamblu din Teamcenter și de a-l deschide cu aplicația Catia V5. Utilizând tabla interactivă SMART Board 660 este posibilă adăugarea în timp real, direct pe modelul 3D, a sugestiilor de îmbunătățire (Fig. 5.32), sugestiile ce au fost făcute în timpul discuției cu participării la sesiunea de videoconferință (Fig. 5.33).

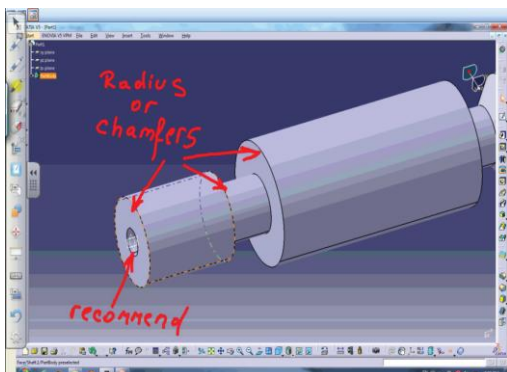


Fig. 5.32 Modificări propuse



Fig. 5.33 Sesiunea de videoconferință

De asemenea, în timpul sesiunii de videoconferință, inginerii pot implementa în timp real modificările propuse și discutate, existând posibilitatea de aprobare a acestora de către întreaga echipă de proiect, reducând astfel timpul necesar aprobării acestor modificări prin intermediul e-mailului. În Fig. 5.34 se pot observa modificările efectuate în timp real asupra modelului virtual.

Echipa de proiect poate propune și implementa modificări și remarci și asupra desenelor tehnice care sunt necesare pentru pregătirea proceselor de fabricație. Toate aceste aplicații și tehnologii, ce fac parte din platforma de concepție colaborativă, sunt utilizate pentru a facilita implementarea modificărilor și transmiterea lor în timp real către toți membrii echipelor de proiect distribuite. Remarcile, modificările și ideile de îmbunătățire a desenelor tehnice se pot realiza

atât în mediile originale în care au fost create (SolidWoks, Catia, etc.) (Fig. 5.35) (Florica, 2012), cât și în alte tipuri de fișiere, cum ar fi Word, PDF.

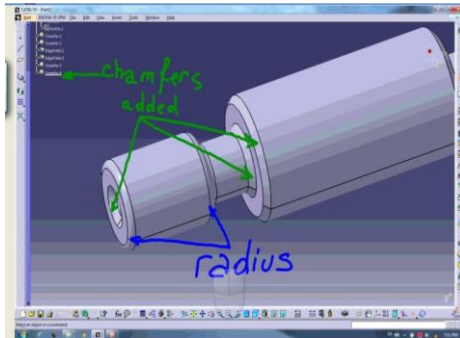


Fig. 5.34 Modificări efectuate

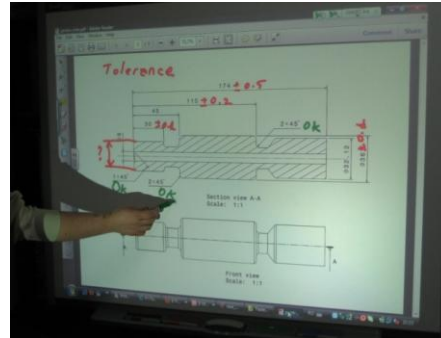


Fig. 5.35 Aplicarea ideilor pe tabla interactivă

În urma aplicării ideilor de îmbunătățire pe tabla interactivă, cu ajutorul unor markere speciale, a rezultat documentul din Fig. 5.36.

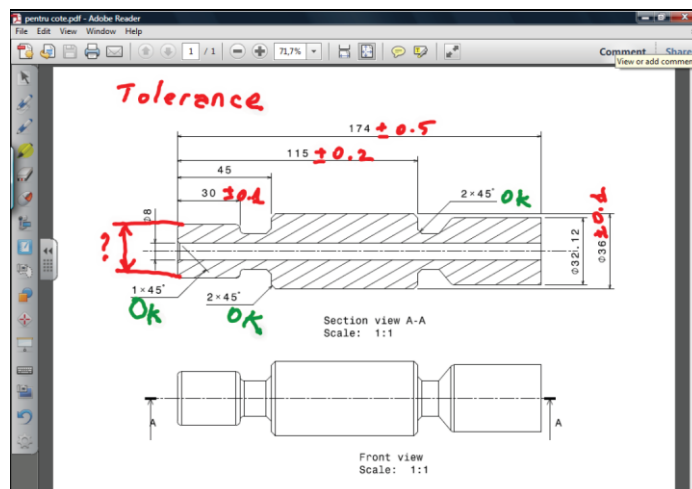


Fig. 5.36 Remarcile efectuate în timp real pe desenul 2D

5.4 Folosirea platformei online

Pentru trimiterea și partajarea datelor de către membrii echipelor care nu au acces la serverul Teamcenter, se utilizează platforma online (Fig. 5.37) creată în scopul de a facilita procesul de concepție colaborativă, diferitele aplicații software fiind integrate în cadrul platformei PLM și partajate cu ajutorul mediului web.

Toate datele și informațiile transmise prin această platformă sunt stocate pe serverul propriu, fără a exista posibilitatea de pierdere sau distrugere. Când un utilizator este autentificat, acesta poate accesa pagina de început, unde poate vizualiza documentele și informațiile alocate (Ștef, 2011).

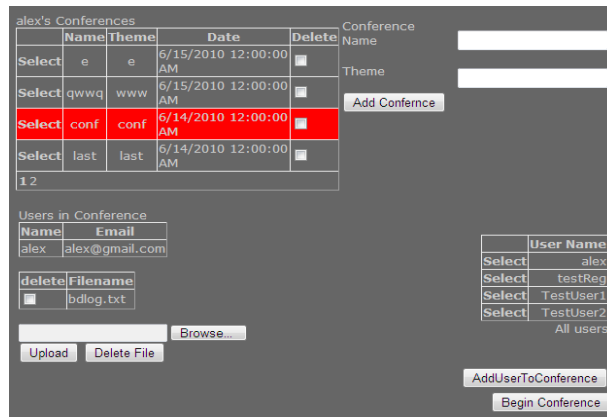


Fig. 5.37 Platforma online

5.5 Securizarea datelor de proiect

În general, informațiile transmise către diferiți membri ai echipelor de proiect sunt secrete, neexistând posibilitatea accesării lor de către altcineva (o companie concurentă).

Pentru o siguranță mai mare, există posibilitatea de a introduce numele sau sigla propriei companii în desenele tehnice, fără ca aceasta să fie vizibilă.

Steganografia este utilă atunci când se cere semnarea digitală a unor documente de către membrii echipei de proiect aflați în alte locații decât cele unde au fost create. De exemplu, în spatele unui desen de execuție al unei piese (Fig. 5.38) create în platforma PLM va trebui introdusă sigla Universității Politehnica Timișoara (Fig. 5.39).

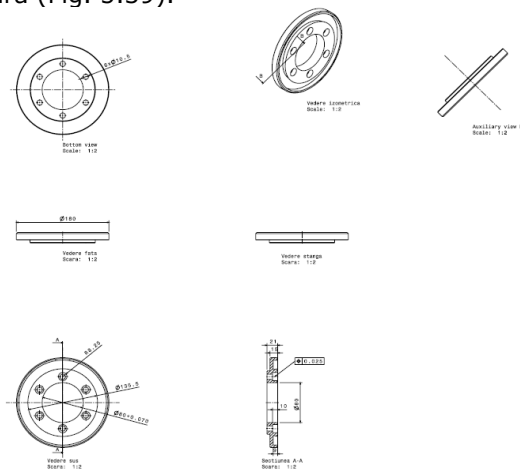


Fig. 5.38 Desen de execuție a unei piese



Fig. 5.39 Sigla UPT

Acest lucru este posibil cu ajutorul unor programe software, unul dintre acestea fiind Steganography 2.8 (Fig. 5.40).

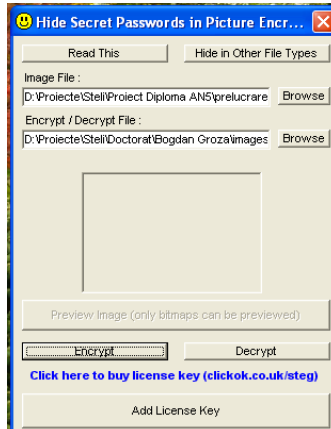


Fig. 5.40 Interfața aplicației Steganography 2.8

Avantaje folosirii aplicației Steganography 2.8:

- este ușor de utilizat, introducând imaginea ce se dorește a fi ascunsă în desenul tehnic prin selectarea desenului ce se dorește a fi protejat și apoi comanda de Criptare;
- dimensiunea programului este destul de redusă și nu necesită resurse de sistem importante.

Dezavantaj: criptarea se face doar pentru fișiere .bmp sau .jpg.

Pentru steganografierea documentelor din cadrul platformei de concepție colaborativă s-a utilizat Invisible Secrets 2.1 (Fig. 5.41).

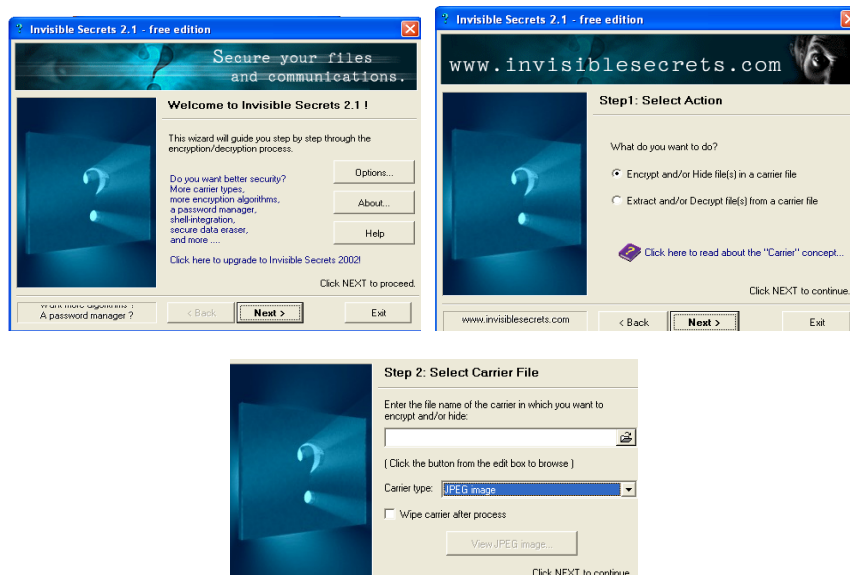


Fig. 5.41 Opțiunile folosite pentru criptare

Documentul rezultat după criptare și după inserarea siglei (Fig. 5.42) nu diferă de cel inițial, mai ales că este monocrom, iar nuanțele de gri sunt insesizabile

pentru persoanele neexperimentate în criptografie sau steganografie. Totodată, există posibilitatea de a ascunde orice document, cu orice extensie, în fișierul de bază. Fără o parolă cunoscută, posibilitatea de decriptare este imposibilă, semnătura membrilor echipei de proiect sau sigla rămânând ascunsă în documentul de bază.

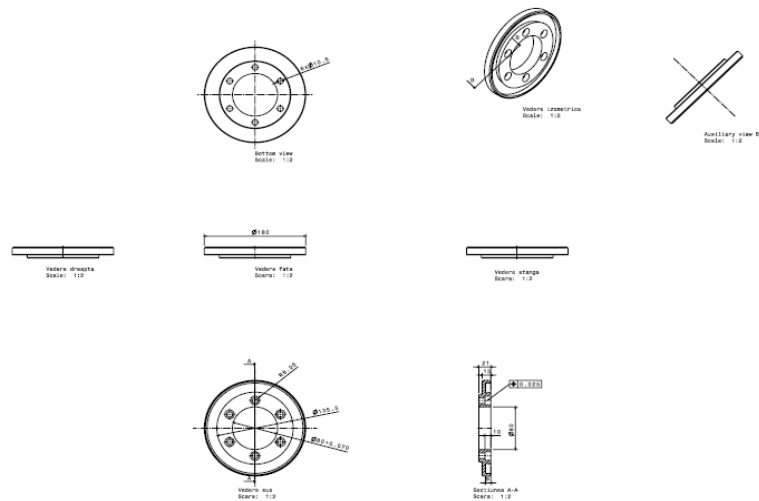


Fig. 5.42 Desenul rezultat în urma criptării

Pentru o siguranță mai mare se pot adăuga fișiere false, generate aleatoriu, care determină o decriptare mai dificilă (Fig. 5.43).

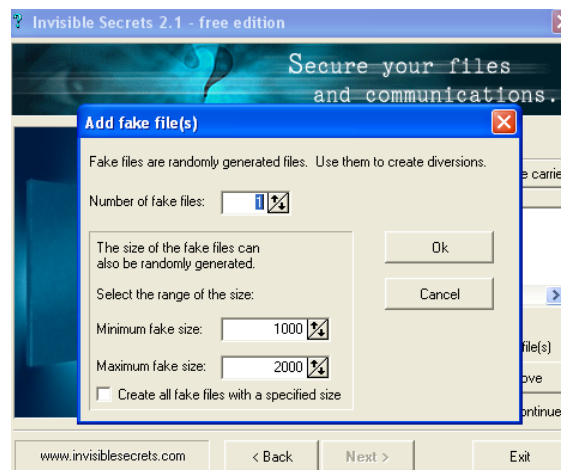


Fig. 5.43 Adăugare fișiere false

5.6 Concluzii

Pentru atingerea obiectivului propus în acest capitol, au fost abordate aspectele de versiune și revizie, simularea procesului de concepție și management al datelor, cu parcurgerea pașilor necesari pentru crearea, modificarea și implementarea datelor de proiect în platforme PLM, folosirea mijloacelor de concepție colaborativă sincronă, a platformei online și securizarea datelor de proiect.

Simularea procesului de concepție colaborativă în cadrul platformelor PLM distribuite a evidențiat avantajele utilizării mijloacelor virtuale de dezvoltare a produsului, reducerea timpului alocat procesului de concepție și de implementare a modificărilor ducând la o creștere a productivității.

6 CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE, PERSPECTIVE

6.1 Concluzii finale

Obiectivul general al cercetărilor întreprinse în cadrul tezei de doctorat l-a constituit *rezolvarea problemelor de concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM*.

Pentru îndeplinirea obiectivului propus, au fost parcurse următoarele etape:

- efectuarea unei sinteze a cercetărilor în domeniul concepției colaborative a produsului;
- elaborarea modelului ontologic al procesului de concepție a produsului;
- dezvoltarea unui mediu de concepție colaborativă a produsului;
- validarea cercetărilor prin simularea procesului de concepție colaborativă a produsului în platforme PLM, folosind mijloace de concepție colaborativă sincronă și platformă online.

Pe baza studiului bibliografic s-au constatat următoarele: în domeniul Ingineriei Industriale, concepția produsului este abordată integrat, evitându-se consecințele erorilor de concepție asupra fabricației și performanțelor produsului realizat, reducându-se termenele de lansare pe piață, precum și costurile de producție; concepția este o activitate colaborativă, distribuită în spațiu și în timp, între diferiți actori, fiecare posedând propriile cunoștințe și experiență în domeniul său de activitate, dar trebuind să le împărtășească cu ceilalți, cu cât mai mare reactivitate; sistemele actuale de concepție și fabricație virtuală sunt bazate pe integrarea cunoștințelor și managementul ciclului de viață al produsului (*Product Lifecycle Management, PLM*), constituind platforme colaborative distribuite ce folosesc mijloacele Internetului.

Elaborarea modelului ontologic al procesului de concepție a necesitat o abordare holistică. Cu ajutorul IDEF0 (*Integration Definition Function*) a fost realizat un prim model, având la bază modelul de concepție sistematică propus de Pahl și Beitz și algoritmul ICOV (*Identify, Characterize, Optimize, Validate*) folosit în *Design for Six Sigma*. Modelul conține diagramele IDEF0 rezultate din descompunerea activităților necesare concepției unui produs. Un al doilea model a fost elaborat cu ajutorul diagramelor de proces din OPM (*Object Process Methodology*), care conduce către o înțelegere mai ușoară a activităților, proceselor și constrângerilor concepției colaborative. Modelarea acestor procese și activități în OPM a fost corelată cu modelul de concepție sistematică și diagramele IDEF0. Al treilea model a fost realizat cu ajutorul UML (*Unified Modeling Language*). Modelarea folosind diagramele UML a condus la o arhitectură de integrare a datelor legate de concepția colaborativă a unui produs în cadrul platformelor PLM. Se consideră însă că utilizarea modelului UML pentru realizarea unei platforme este mai dificilă, datorită multitudinii de atribute, relații și, mai ales, datorită sensului unidirecțional al modelului ontologic.

Avantajul major al modelului OPM este că asignează simboluri grafice speciale la un set de relații, ca și UML, dar pentru un set mai larg de relații.

Dezvoltarea mediului de concepție colaborativă a produsului s-a bazat pe soluții PLM și mijloace de colaborare și comunicare sincronă, care folosesc cele mai recente tehnologii web. Pentru aceasta s-au studiat: conceptul Cloud, evoluția și caracteristicile sale tehnice, calitative și economice, arhitectura sistemului pe straturi ca servicii, tipuri de medii Cloud, tehnologia de virtualizare în mediul Cloud și diferite platforme existente. Platforma dezvoltată este de tip Cloud hibrid, utilizatorii putând accesa toate resursele existente pentru concepția colaborativă a produsului și managementul datelor de proiect, atât prin Intranet, atunci când membrii echipei sunt în aceeași locație, cât și prin Internet, în cazul în care aceștia sunt delocalizați, unele noduri fiind difuzate pe hardware fizic real și unele noduri executându-se pe serverul Cloud la care au acces și parteneri din exteriorul locației. Platforma cuprinde programe software ce facilitează concepția virtuală și managementul datelor de produs, folosind soluții PLM. Platforma PLM a fost completată cu mijloace pentru concepția colaborativă sincronă: tablă interactivă SMART Board și sistem de videoconferință Polycom. Pentru buna funcționare a platformei de concepție colaborativă a produsului au fost soluționate o serie de probleme de interoperabilitate, securitate și conectivitate.

Validarea cercetărilor teoretice și aplicative s-a făcut prin simularea procesului de concepție colaborativă a produsului în platforme PLM, folosind mijloacele de concepție colaborativă sincronă și platforma online. Pentru aceasta a fost necesară: definirea tipurilor de fișiere, a noțiunilor de versiune și revizie în procesul de management al datelor de produs; analiza procesului de integrare a diverselor aplicații în cadrul platformei PLM; crearea modelului virtual al unui ansamblu mecanic format din mai multe piese separate și subansambluri; analiza procesului de integrare a modelelor virtuale în cadrul platformei, pe serverul de stocare a datelor de proiect; inserarea modelelor stocate pe server în mediul curent de lucru, în vederea modificării acestora; reintroducerea modelelor modificate (prin creșterea reviziei acestora) și a desenelor tehnice (prin creșterea versiunii) pe serverul destinat stocării datelor, cu ajutorul comenzilor dedicate finalizării modificărilor; analiza modului în care aceste modificări sunt acceptate și implementate; securizarea datelor de produs, în vederea transmiterii lor către membrii echipelor de proiect aflate în diferite locații geografice. Simularea procesului de concepție colaborativă în cadrul platformelor PLM distribuite a evidențiat avantajele utilizării mijloacelor virtuale de dezvoltare a produsului, reducerea timpului alocat procesului de concepție și de implementare a modificărilor ducând la o creștere a productivității.

Așadar, cercetările au fost concentrate în special asupra problemelor din cadrul procesului de concepție a produsului, de utilizare a mijloacelor de concepție colaborativă, în vederea reducerii timpului alocat managementului datelor de produs și de implementare a unor modificări.

Cercetările s-au concretizat prin *elaborarea unui model ontologic al procesului de concepție și dezvoltarea unui mediu de concepție colaborativă a produselor*, la care au acces membrii echipelor de proiect, distribuiți în diferite zone geografice.

Se consideră astfel că: *obiectivul general al cercetărilor, de rezolvare a problemelor de concepție colaborativă, integrare a datelor și informațiilor de proiectare în cadrul platformelor PLM, a fost îndeplinit.*

6.2 Contribuții personale

Principalele contribuții aduse în domeniul de cunoaștere al concepției colaborative a produsului în platforme PLM distribuite pot fi grupate astfel:

1. În domeniul cercetărilor bibliografice:
 - Analiza stadiului actual al cercetărilor privind unele aspecte, considerate relevante în cazul proceselor și activităților de concepție, concepție colaborativă, managementul ciclului de viață al produsului și managementul datelor de produs;
 - Definirea conceptului de ontologie, în vederea elaborării unui model ontologic al procesului de concepție a produsului;
 - Sinteza cunoștințelor referitoare la Cloud Computing (definire, evoluție, caracteristici, tipuri de Cloud), în vederea dezvoltării unui mediu de concepție colaborativă a produsului.
2. În domeniul cercetărilor teoretice:
 - Elaborarea unui model ontologic al procesului de concepție a produsului, bazat pe un algoritm ce conține fazele din cadrul procesului de concepție și interdependența dintre acestea;
 - Realizarea algoritmului necesar procesului de concepție, bazat pe modelul de concepție sistematică și modelul de concepție pentru Six Sigma, ce evidențiază recursivitatea anumitor faze necesare pentru finalizarea tuturor etapelor din procesul de concepție;
 - Modelarea procesului de concepție folosind diferite metode și limbaje grafice: IDEF0, OPM, UML.
3. În domeniul cercetărilor aplicative:
 - Analiza diferitelor aplicații ce compun platformele PLM;
 - Analiza platformelor de concepție colaborativă a produsului;
 - Analiza tehnologiilor de comunicare existente în cadrul platformelor colaborative și care facilitează schimbul de informații, reducând timpul alocat dezvoltării produsului;
 - Alegerea aplicațiilor necesare creerii unei platforme de concepție colaborativă, pentru procesele de concepție virtuală și de management al datelor de produs, realizarea conexiunilor și soluționarea problemelor de comunicare dintre aplicațiile integrate și serverul de management al datelor de produs;
 - Validarea platformei de concepție colaborativă prin realizarea unei simulări a procesului de concepție a unui produs mecanic și realizarea unor modificări ce vor fi implementate în cadrul procesului de concepție, toate acestea conducând la integrarea datelor și stocarea acestora pe serverul de lucru atât a versiunilor vechi, cât și a unor noi versiuni de produs.

6.3 Perspective

Cercetările efectuate în cadrul tezei de doctorat creează perspective pentru dezvoltarea unui model ontologic extins, care să includă toate etapele ciclului de viață al produsului, facilitând astfel dezvoltarea platformei PLM prin implementarea

de noi aplicații dedicate concepției, fabricației și simulării virtuale a produsului, necesare pentru simularea întregului său ciclu de viață, cu reproducerea condițiilor reale la care produsul este supus.

Platforma creată în cadrul Centrului de Cercetări în Inginerie Integrată de la Universitatea Politehnică Timișoara poate oferi perspectiva realizării de proiecte colaborative prin intermediul unei rețele extinse ce asigură legătura cu diverse universități din țară sau din afara granițelor.

Pe viitor există posibilitatea ca această nouă platformă să poată fi implementată direct în mediul Cloud, unde aplicațiile de management al datelor de produs fiind stocate integral pe servere dedicate Cloud, ducând astfel la o flexibilitate ridicată a resurselor alocate, nemaifiind necesară instalarea aplicațiilor pe fiecare stație de lucru în parte, ci existând posibilitatea de accesare și utilizare a acestora direct din mediul Cloud.

BIBLIOGRAFIE

1. Aldea, C., (2013), *Contribuții la managementul echipelor virtuale de proiect*. Teză de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara.
2. Amann, K., (2002), *Product lifecycle management: empowering the future of business*, CIM Data, Inc..
3. Andreadis, G., Drossos, A., (2013), *A Cloud based framework for automated CAD Design.*, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, ModTech Publishing Home, Vol. nr. 2/2013 15-20.
4. Aubry, S., (2007), *Annotations et gestion des connaissances en environnement virtuel collaboratif*. Thèse de l'Université de Technologie Compiègne.
5. Austin, S., (2001), *Mapping the conceptual design activity of interdisciplinary teams*, *Design Studies*, Vol. 22, pag. 211-232.
6. Auzelle, J.-P., (2009), *Proposition d'un cadre de modélisation multi-échelles d'un système d'information en entreprise centré sur le produit*. Thèse de l'Université Henri Poincaré Nancy I, France.
7. Bachimont, B., (2004), *Arts et sciences du numérique: Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*, *Mémoire d'habilitation à diriger des recherches*. Université de Technologie Compiègne.
8. Banciu, F., (2011), *Dezvoltarea unui model de concepție inovantă, colaborativă a produselor*. Teză de doctorat, Universitatea "Politehnica" din Timișoara.
9. Banciu, F., Drăghici, G., Mazilescu, C., (2009), *Methodology and Platform for Integrated Product Design*, *Proceedings of the 20th International DAAM Symposium*. Viena: DAAM International.
10. Bernard, S., (2004), *Spécification d'un environnement d'ingénierie collaborative multisite*. École nationale supérieure d'arts et métiers, Centre d'Aix-en-Provence, France.
11. Bluntzer, J.-B., (2009), *Intégration des savoir-faire métier produit-procès pour une amélioration de la productivité en développement de produits de style*. Editor Sciences Pour l'Ingénieur et Microtechniques. Université de Technologie de Belfort - Montbéliard, Université de Franche Comté, France.
12. Bocquet, J.-C., (1998), *Ingénierie simultanée, conception intégrée, Conception de produits mécaniques: méthodes, modèles et outils*, sous la direction de M. Tollenaere, Hermès.
13. Bohm, M., Leimeister, S., Riedl, C., Krcmar, H., (2010), *Cloud computing - outsourcing 2.0 or a new business model for it provisioning*. F. Keuper, C. Oecking, and A. Degenhardt, editors, Application Management. Gabler.
14. Borst, W. N., (1997), *Construction of Engineering Ontologies*. PhD Thesis, University of Twente, Enschede.
15. Bouikni, N., (2005), *Ingénierie Simultanée et Gestion du Cycle de Vie du Produit: Modèle de Validation des Evolutions des Caractéristiques du Produit*. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke.

16. Bouikni, N., Rivest, L., Desrochers, A., (2008), A Multiple Views Management System for Concurrent Engineering and PLM., *Concurrent Engineering: Research and Applications*: 61-72.
17. Bowland, N.W., Gao, J.X., Sharma, R., (2003), A PDM and CAD integrated assembly modelling environment for manufacturing planning, *Journal of Materials Processing Technology* 138: 82-88.
18. Brissaud, D., Garro, O., (1996), An Approach to Concurrent Engineering using Distributed Design Methodology., *Concurrent Engineering: Research and Application*: 303-311.
19. Bussler, C., (2003), *B2B Integration: Concepts and Architecture*. Springer.
20. Buyya, R., Pathan, A.M.K., (2006), *A taxonomy and survey of content delivery networks*. Technical report. GRIDS Laboratory, University of Melbourne, Australia.
21. Cafaro, M., Aloisio, G., (2010), *Grids, Clouds and Virtualization*. Springer-Verlag New York, Inc., 1st edition.
22. Chartier, J., (2007), *Développement de pratiques collaboratives à distance en ingénierie de produit*. Grenoble, Thèse Ecole Doctorale OISP, Organisation Industrielle et Systèmes de Production.
23. Chungoora, N. ş.a., (2013), A model-driven ontology approach for manufacturing system interoperability and knowledge sharing., *Computers in Industry* 64, Elsevier: 392-401.
24. CIMdata, (2003), *PDM to PLM - Growth of An Industry*, White Paper, March. CIMdata.
25. CIMdata, (2009), *PLM Market Growth in 2008 'A Mid-Year Look in 2009-Weathering the Storm*. White Paper, August.
26. CIMdata_Incorporated, (1997), *Product data management - The definition, An Introduction to Concepts Benefits, and Terminology*, Fourth Edition
27. CIMdata_Incorporated, (2001), *Product Data Management and Computer-Aided Software Engineering*.
28. Clark, K. B., Wheelwright, S. C., (1993), *Managing new product and process development: text and cases*, *Maxwell Macmillan International*: 233-289.
29. Clark, K.B., Fujimoto T., (1991), *Product development performance. Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Boston, Massachusetts: Harvard Business Scholl Press.
30. Clautrier, M., (1991), *Difficultés de nouvelles approches de conception dans le spatial*. Grenoble: Séminaire GSIP, Méthodes et outils pour la conduite de projet
31. Courbon, J-C., Tajan, S., (1997), *Groupware et Intranet : application avec Notes et DOMINO*. Masson.
32. Culversouse, P.F., (1995), *Constraining designers and their CAD tools*.
33. Demoly, F., (2010), *Conception intégrée et gestion d'informations techniques: application l'ingénierie du produit et de sa séquence d'assemblage*. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard - UTBM. Ecole doctorale Sciences Pour l'Ingénieur et Microtechniques - SPIM.
34. Deneux, D., (2002), *Méthodes et modèles pour la conception concurrente*. Editor Université de Valenciennes. Habilitation à Diriger des Recherches.
35. Deniaud, S., (2002), *PICCO: Travaux experimentaux, Conferința internațională de Inginerie Integrată C2I 2002*. Timișoara, România.
36. Dieter, G.E., (2000), *Engineering design - A materials and processing*. 3rd Edition, Mc Graw-Hill International Editions.

37. Dori, D., (2002), *Object-Process Methodology: A Holistic Systems Paradigm*. Springer.
38. Dori, D., Shpitalni, M., (2013), *Mapping Knowledge about Product Lifecycle Engineering for Ontology Construction via Object-Process Methodology*, Laboratory for CAD and LCE, Faculty of Mechanical Engineering Technion - Israel Institute of Technology 320
39. Drăghici, A., (2013), *Mijloace software de cartografiere a cunoștințelor și modelare grafică a proceselor de cunoaștere, notițe de curs*. UPT Timișoara.
40. Drăghici, G., (1999), *Ingineria integrată a produselor*. Editura Eurobit Timișoara.
41. Drăghici, G., Banciu, F., (2004), Development of a Conceptual Design Platform for Products, *Proceedings of the 1st International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering*. Brașov-Sinaia: Editura Universității Transilvania, pag. 55-56.
42. Drăghici, G., Banciu, F., Belgiu, G., Grozav, I., (2008), Conceptual Design in Collaborative Multisite Product Lifecycle Management Platform, Editor L. Szabolcs N. Vasiliu. *Conference Excellence Research – a way to innovation*, Brașov, Editura Tehnică 243/1-6.
43. Drăghici, G., Brîndașu, P. D., Șerb, S., Savii, G. G., Drăghici, A., (2007), The Industrial Needs and INPRO Research Network's Competencies in the Field of PLM, *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, Editura Politehnica Timișoara, Volume 5, nr. 2/2007.
44. Drăghici, G., Brîndașu, P.D., Savii, G.G., Drăghici, A., (2007), The Need for PLM Education to Satisfy Industrial Requirements, *Proceedings of the 4th Balkan Region Conference on Engineering Education*: 49-54.
45. Drăghici, G., Drăghici, A., (2009), Collaborative Multisite PLM Platform, *Proceedings of the CENTERIS 2009. Conference on Enterprise Information Systems*. Ofir, Portugalia, pag. 651-662.
46. Drăghici, G., Savii, G., Drăghici, A., (2009), Collaborative Product Development in PLM Multisite Platform, *Advances in Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems, Proceedings of the 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems*, Brasov, WSEAS Press, pag. 327-332.
47. Drăghici, G., Drăghici, A., (2007), Romanian Research Network for Integrated Product and Process Engineering, *The Future of Product Development., Proceedings of the 17th CIRP Design Conference*. Springer Berlin Heidelberg New York.
48. Drăghici, G., Savii, G., Drăghici, A., (2007), Platform for Collaborative Product and Processes Development. *Annals of DAAAM for 2007 & Proceedings of the 18th International DAAAM Symposium*, Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International.
49. Drăghici, G., Savii, G., Draghici, A., (2007), Building a Platform for Collaborative Product and Processes Development. *Conference Excellence Research as a Way to ERA*. Editura Tehnică, Electronic Proceedings.
50. Duigou, L., (2010), *Cadre de modelisation pour les systemes plm en entreprise etendue application aux pme mecaniciennes*. Ecole Centrale de Nantes.
51. Durruvu, S., et al., (1989), Knowledge based systems applications in engineering design: research at MIT, *AI Magazine* 10, nr. 3: 79 - 96.

52. Eynard, B., Gallet, T., Nowak, P., Roucoules, L., (2004), UML based specifications of PDM product structure and workflow, *Computers in Industry*, 301-316.
53. FIPS PUBS, (Federal Information Processing Standards Publications), (1993), Integration Definition For Function Modeling (Idef0). *Processing Standards Publication*, 183.
54. Fleming, Q.W., Koppelman, J.M., (1998), *Project Teams: The Role of the Project Office – Cost Engineering*.
55. Florica, S.-C., Draghici, G. (2012), Integrated Product Development in Multisite PLM Platform, *Proceedings of the 7th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, Escola Superior de Gestão e Tecnologia*. Instituto Politécnico de Santarém, Portugal, pag. 234-244.
56. Florica, S.-C., Drăghici, G., (2013), Integrated Product Development using different Collaborative Tools in a PLM Multisite Platform. *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, Vol. 371, pag. 867-871.
57. Florica, S.C., Ștef, D., Draghici, G., Aldea, C.C., (2012), About PLM and Platforms for Integrated Design and Manufacturing Process, *Proceedings of the 16th International Conference ModTech 2012*. Sinaia, pag. 385-388.
58. Ford, T., Colombi, J., Graham, S. and Jacques, D., (2007), The Interoperability Score., *Proceeding of the 5th Conference on Systems Engineering Research*.
59. Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., Lu, S., (2008), *Cloud computing and grid computing 360-degree compared*. Proceedings of Grid Computing Environments Workshop.
60. Frayret, J. D'Amours, S., Montreui, B., (2001), A network framework to operate agile manufacturing systems., *International Journal of Production Economics*, pag. 239-259.
61. Ghilic, B.M., Stoica, M., (2003), Echipa virtuală – forma de muncă colaborativă în economia de rețea. *Revista Informatica Economică*, nr. 3(27)/2003.
62. Gleeson, B., Lin, A., Heinanen, Armitage, J., G., Malis, A., (2000), A Framework for IP based Virtual Private Networks, *IETF Request for Comments*, RFC 2764.
63. Gomes, S., (2008), *Ingénierie à base de connaissances pour une conception, productive, optimisée, collaborative et innovante du système Projet-Produit-Process-Usage*. Mémoire de synthèse en vue d'obtenir l'HDR.
64. Gomes, S., Bluntzer, J.B., Bassir, D.H., Mahdjoub, M., (2006), Functional design through a PLM system for automatic creation of optimized 3D models., *Congrès ASMDO (Association for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization)*.
65. Gomes, S., Varret, A., Bluntzer, J.B. & Sagot, J.C., (2009), Functional design and optimization of parametric CAD models in a knowledge-based PLM environment. *International Journal of Product Development*, Vol. 9, pag. 60–77.
66. Gruber, T.R., (1993), Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing., *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, N. Guarino and R. Poli, Eds.
67. Helms, R.W., (2002), *Product Data Management as enabler for Concurrent Engineering*. Eindhoven University of Technology.

68. Houssein, E.C., (2013), *Managing Consistency for Big Data Applications on Clouds: Tradeoffs and Self-Adaptiveness*. Thèse, l'Université européenne de Bretagne.
69. iDesigner, (2011), <http://www.integrated-designer.eu/>, accesat 11 10 2012.
70. IEEE, (1990), <http://www.ieee.org/index.html>.
71. iGrafx FlowCharter, (2013): <http://www.igrafx.com/products/process-modeling-analysis/flowcharter>, accesat 08 05 2013.
72. Ishii, K., Eubanks, C.F., Marks, M., (1993), Evaluation Methodology for Post-manufacturing Issues in Life-cycle Design, *Concurrent Engineering: Research and Applications*, pag. 61-68.
73. Jacobs, H.H., (2002), Integrated curriculum design, J. Y. Klein (Ed.) *J. Pediatr.*
74. Jarrar, M., Meersman, R., (2008), *Ontology Engineering - The DOGMA Approach*. Advances in Web Semantics, Springer.
75. Kahn, K.B., (2005), *The PDMA Handbook of New Product Development. 2nd Edition*. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.
76. Kraus, W.A., (1980), *Collaboration in organizations: alternatives to hierarchy*. Human Sciences Press.
77. Kropsu-Vehkaperä, H., Haapasalo, H., Harkonen, J. & Silvola, R., (2009), Product data management practices in high tech companies, *Industrial Management & Data Systems*, pag. 758-774.
78. Kusiak, A., (1993), *Concurrent Engineering: Automation, Tools, and Techniques*. New York, John Wiley & Sons.
79. Lee, J. ş.a., (2007), Design of product ontology architecture for collaborative enterprises., *Expert Systems with Applications*. Elsevier Ltd. 2300-2309.
80. Lee, K., (1999), *Principles of CAD/CAM/CAE systems*.
81. LenHam, T., Nhan, T. L.E., (2013), *Model-Driven Software Engineering for Virtual Machine Images Provisioning in Cloud Computing*. Institut National de Recherche en Informatique et Automatique Centre Rennes Bretagne Atlantique.
82. Liu, D.T., Xu, X.W., (2001), A review of web-based product data management systems., *Computers in Industry*, 251-262.
83. Lobonțiu, M., Petrovan, A., (2010), Product development ontology. Information, integration, concepts., *Proceedings of the 6th International Conference on Management of Technological Changes*, Sept. 3rd-5th. Alexandroupolis, Greece, 689-692.
84. Lu S., Elmaraghy W., Schuh G., Wilhelm R., (2007), A Scientific Foundation of Collaborative Engineering, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 56 No. 2, pag. 605-634.
85. Magal-Royo, (2013), T. *Ingeniería e investigación*,. Vol. 33(3).
86. ManuCloud Project, (2013), [http://www.manuCloud-project.eu/index.php?id=169&tx_ttnews\[tt_news\]=22&cHash=eee4e527d8702000e7446e84ba5594a09](http://www.manuCloud-project.eu/index.php?id=169&tx_ttnews[tt_news]=22&cHash=eee4e527d8702000e7446e84ba5594a09) (accesat 01 25, 2014).
87. Maurino, M., (1995), *La gestion des données techniques, technologies du concurrent engineering*. Collection Organisation industrielle, Masson.
88. McGuinness, D. L. ş.a., (2000), An Environment for Merging and Testing Large Ontologies., Editor F. Giunchiglia and B. Selman A. G. Cohn. *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000)*. San Francisco, CA, Morgan Kaufmann.

89. Mell, P., Grance, T., (2010), *The NIST Definition of Cloud Computing (Draft)*. National Institute of Standards and Technology.
90. NIST Standards, (2011), *The NIST definition of Cloud computing*. NIST special publication, 800:145.
91. Merlo, C., (2009), *Systèmes d'information supports aux acteurs, en conduite de la conception*. Ecole doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur, L'Université Bordeaux 1.
92. MEXICO GSCOP, (2013), http://www.g-scop.grenoble-inp.fr/ressources/mexico-moyens-experimentaux-pour-l-ingenierie-collaborative--432775.kjsp?RH=GSCOP_FR-RESSOURCES, accesat 01 20, 2014.
93. Miller, E., (1998), What is PDM. *Mechanical Engineering Magazine*. The American Society of Mechanical Engineers.
94. Ming, X.G., Yan, J.Q., Lu, W.F., Ma, D.Z., (2005), Technology Solutions for Collaborative Product Lifecycle Management – Status Review and Future Trend., *Concurrent Engineering*,. Pag. 311-319.
95. Mirescu, I., (2011), Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Informatică., *Revista Română de Informatică și Automatică*.
96. Morel, G., Panetto, H., Mayer, F., Auzelle, J.P., (2007), System of enterprise-Systems integration issues :an engineering perspective. Invited plenary paper., *IFAC Cost Effective Automation in Networked Product Development and Manufacturing, October 2 – 5*. Monterrey, Mexico: IFAC Papersonline.
97. Natalya, F., N., Deborah, L., (2001), *McGuinness Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880.
98. Neches, R., ș.a., (1991), Enabling technology for knowledge sharing, *AI Magazine*, pag. 16-36.
99. NXT. NXT Control, (2013), <http://www.nxtcontrol.com/en/company/manuCloud.html>, accesat 01 21, 2014.
100. O'Marah, K., (2002), Product Lifecycle Management: What's Real Now., *AMR Resech*.
101. Oriță, A., (2012), *Méthodologie de conception intégrée des produits en contexte PLM*. Teză de doctorat, Editura Politehnica, Timișoara.
102. Ostergaard, K., Summers, J.D., (2003), A taxonomic classification of collaborative design process, *Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design*, Stockholm, Pag. 617-618.
103. OWL- Semantic Web Standards - World Wide Web Consortium, (2013), <http://www.w3.org/OWL/>, accesat 06 15, 2013.
104. Pahl, G., Beitz, W., (1996), *Engineering Design: A Systematic Approach*. Editor Ken Wallace. New York: Springer-Verlag.
105. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H., (2007), *Engineering Design: a Systematic Approach*, Third Edition. London, UK, Springer-Verlag.
106. Parametric Technology Corporation, (2013), <http://www.ptc.com>, accesat 01 07, 2013.
107. Paviot, T., (2010), *Méthodologie de résolution des problèmes d'interopérabilité dans le domaine du ProductLifecycle Management*, *École Doctorale Sciences pour l'Ingénieur*. École Centrale Paris.
108. Paviot, T., Cheutet, V., Lamouri, S., (2009), Federate design and logistic through Product Lifecycle Support standard. *International Conference on Product Lifecycle Management*. Bath, UK.

109. Plummer, D.M.S., Cearley, D.W., (2008), *Cloud computing confusion leads to opportunity*. Technical report. Gartner Research.
110. Polycom Inc. (2013), <http://www.polycom.co.uk/> (accesat 03 20, 2013).
111. Psyché, V., Mendes, O., Bourdeau, J., (2003), Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formations à distance. *Revue sticef.org*. Vol. 10.
112. Rezayat, M., (2000), Knowledge-based Product Development Using XML and KCs., *Computer-Aided Design*: pag. 299–309.
113. Rose, B., Gzara, L., Lombard, M., (2003), *Towards a formalization of collaboration entities to manage conflicts appearing in cooperative design*, Research Center for Automatic Control of Nancy I.
114. Saaksvuori, A., Immonen, A., (2005), *Product Lifecycle Management*. 2nd Ed. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag.
115. Sadeghi, M., (2008), *Gestion dynamique des règles métiers dans les systèmes d'information dédiés à la conception collaborative*. Thèse de l'Institut Polytechnique de Grenoble.
116. Schaefer, D., Lane, J., (2012), *Distributed Collaborative Design And Manufacture In The Cloud - Motivation, Infrastructure, And Education*, American Society for Engineering Education, AC 2012-3017.
117. Schlenoff, C., Gruninger, M., (1999), The Essence of Process Specification Language., *Transactions of the Society for Computer Simulation International*. 204-216.
118. Schrage, R. (1990), *Untersuchungen zur Eignung von Thryonomys swinderianus (Grasnager) als landwirtschaftliches Nutztier*.
119. Sharepoint, Microsoft, (2013), <http://office.microsoft.com/ro-ro/sharepoint-foundation-help/ce-este-sharepoint-HA010378184.aspx>.
120. Siemens PLM, (2013), www.ugsplm.com.
121. Tecnomatix, (2010), http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/ (accesat Mai 10, 2013).
122. Smart, (2013), <http://smarttech.com> (accesat 01 16, 2013).
123. Smartdraw, (2013), *Software Design Tutorials*. <http://www.smartdraw.com/resources/tutorials/uml-class-diagrams> (accesat august 16, 2013).
124. Sohlenius, G., (1992), Concurrent Engineering., *Annals of the CIRP Annals*. 645-655.
125. SolidWorks, (2013). <http://www.3dcadvegra.com/de-ce-solidworks/productivitate>.
126. Stark, J., (2004), *Product Lifecycle Management: Paradigm for 21st century Product Realisation*. Springer.
127. Ștef, D., (2012), Dezvoltarea produsului în contextul fabricii digitale, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara
128. Ștef, D., Drăghici, G., Florica, S., (2012), Design Process Modelling. *Proceedings of the 5th International Symposium on Industrial Engineering SIE 2012, June 14-15, Belgrade*. Pag. 47-52.
129. Ștef, D., Florica, S., Drăghici, G., (2011), Platform for Integrated Product Design and Manufacturing., *Proceedings of the 5th International Conference on Manufacturing Science and Education - MSE 2011*. Sibiu, pag. 153-156.
130. Sudarsan, R., Fenves, S.J., Sriram, R.D., Wang, F. (2005), A product information modeling framework for product lifecycle management. *Computer-Aided-Design*, pag. 1399-1411.

131. Tehari, A., (1999), *Analyse Morphologique de modèles pour décrire un produit par des caractéristiques en fonction du point de vue*. Thèse de l'Université Claude Bernard, Lyon.
132. Teng, F., (2011), *Management Des Donnees Et Ordonnancement Des Taches Sur Architectures Distribuees*. Ecole Centrale Paris.
133. Terssac, G., Friedberg, E., (1996), *Coopération et Conception*. Toulouse, Octarès.
134. Terzi, S., (2005), *Elements of Product Lifecycle Management: Definitions, Open Issues and Reference Models*. University Henry Poincaré Nancy I and Politecnico di Milano.
135. Terzi, S., Panetto, H., Morel, G., Garetti, M., (2007), A holonic meta-model for product lifecycle management. *Inderscience, International Journal of Product Lifecycle Management, Inderscience*: pag. 253-289.
136. The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System, (2013). <http://protege.stanford.edu/> (accesat 06 15, 2013).
137. Tichkiewitch, S., (1994), De la CFAO à la conception intégrée., *International Journal of CAD/CAM and Computer Graphics* 9, nr. 5: pag. 609-621.
138. Tran, K.-T., (2013), *Efficient Complex Service Deployment in Cloud Infrastructure*. l'Universite d'Evry Val d'Essonne.
139. Tursi, A., (2009), *Approche basée sur les ontologies pour l'interopérabilité centrée sur le produit des systèmes d'entreprise de production*. Thèse de l'Université Henri Poincaré Nancy I, France.
140. Ulrich, K.T., Eppinger, S.D., (2000), *Product Design and Development*. Second edition, McGraw Hill International Editions.
141. Uschold, M. F., Jasper, R. J., (1999), A framework for understanding and classifying ontology applications., *Proceedings of the IJCAI99 workshops on ontologies and problem-solving methods*. Stockholm.
142. Vernadat, F. B., (1996), *Enterprise modelling and integration: Principles and applications*.
143. Visual Paradigm for UML, (2013), <http://www.visual-paradigm.com/product/vpuml/> (accesat 07 14, 2013).
144. Weber C., Werner H. Deubel T. (2002), A different view on product data management/product life-cycle management and its future potentials. *Journal of Engineering Design* 14 (4) 447-464.
145. Winner, R.I., Pennell, J.P., Bertrand, H.E., Slusarczuck, M.M.G., (1988), *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition — The Discipline of Product Management*, IDA Report R-338. VA: Institute for Defence Analyses, Alexandria.
146. Yan. L., (2008), New Research Advances in Product Lifecycle Management. *Special issue: Concurrent Engineering: Research and Applications*.
147. Yang, K., El-Haik, B., (2003), *Design for Six Sigma. A Roadmap for Product Development*. McGraw-Hill.
148. Yoshinobu, K. ș.a., (2004), Deployment of an ontological framework of functional design knowledge. *Advanced Engineering Informatics*. Elsevier, pag. 115 – 127.
149. Zdravković, M., Trajanović, M, (2009), Integrated Product Ontologies for Inter- Organizational Networks Milan, *ComSIS, December*.