

Rezumat teza

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 implementate 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.

Etapă 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.

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).

Cercetările s-au concentrat 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.

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.

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, a urmat *realizarea platformei colaborative* înglobează și realizează 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 sunt 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 sunt 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.

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 atribute, 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.

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 attribute, 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.