

DEZVOLTAREA PRODUSULUI ÎN CONTEXTUL FABRICII DIGITALE

Ing. Ioan Dorian Ștef

REZUMAT

Prin cercetările întreprinse în această lucrare s-a dorit a se da răspuns unuia dintre domeniile problematice ale fabricii digitale - procesul de concepție/dezvoltare a produsului.

Problematika și obiectivele cercetării, demersul adoptat și structura tezei sunt prezentate în Introducerea generală. Rezultă oportunitatea și importanța cercetării, al cărui obiectiv general este elaborarea unui model metodologic care să constituie o structură implementabilă în cadrul procesului de concepție, în contextul fabricii digitale.

Pentru îndeplinirea acestui obiectiv, cercetările au fost efectuate în etape succesive: analiza și sintetiza stadiului actual al cercetărilor în domeniul fabricii digitale; elaborarea unei metodologii de concepție a produselor, în contextul fabricii digitale; integrarea de metode și mijloace pentru dezvoltarea unei platforme integrate de concepție și fabricație digitală; validarea metodologiei în cadrul platformei integrate de concepție și fabricație digitală.

Analiza și sintetiza stadiul actual al cercetărilor în domeniul fabricii digitale sunt tratate în capitolul al doilea. Folosind un tip de raționament divergent, se prezintă conceptul de fabrică digitală (definiții, viziuni, arhitectură) și procesele fabricii digitale (concepția/dezvoltarea produsului, planificarea producției și controlul operativ).

Pornind de la analiza definițiilor din literatura de specialitate, termenul de fabrică digitală propus în lucrare este definit astfel: *Fabrica digitală reprezintă totalitatea activităților necesare concepției, simulării și fabricației virtuale, desfășurate pentru a optimiza un produs, înaintea lansării acestuia în cadrul sistemului de fabricație reală.*

Viziunile cercetătorilor asupra fabricii digitale sunt axate pe două direcții diferite: pe prima direcție sunt cei care consideră fabrica digitală ca fiind o rețea de aplicații software de virtualizare cu o rază mică de aplicare, producția fiind inima activității unei întreprinderi; pe cealaltă direcție sunt cei care consideră fabrica digitală ca fiind o rețea cuprinzătoare din care fac parte furnizori, distribuitori, clienți etc.

Abordarea fabricii digitale vizează utilizarea de date comune pentru toate aplicațiile de la diferite niveluri, pentru a permite colaborarea cu modele virtuale, în scopuri și la detalii diferite. Prin urmare, se consideră că arhitectura deschisă este o caracteristică importantă a conceptului fabricii digitale (fig. 1).

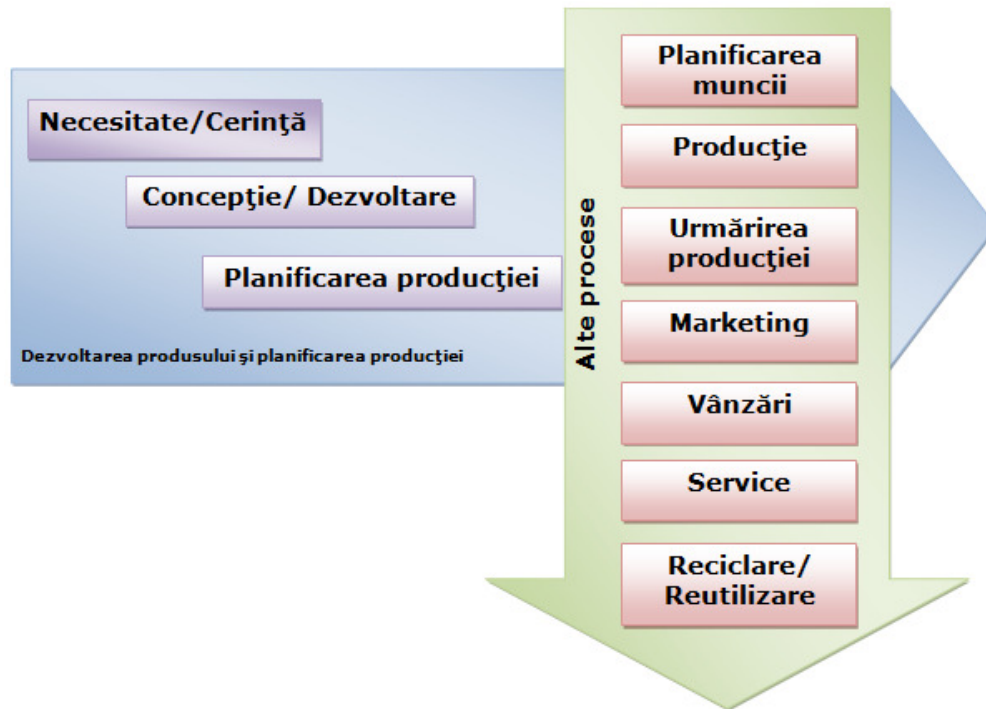


Fig. 1 Procesele fabricii digitale, după (Kuehn, 2006)

Etapa de concepție/dezvoltare a produsului cuprinde fazele în care sunt elaborate toate documentele cu privire la produs (modelul CAD, prototipul funcțional - *Digital Mock-Up*) și producție (lista pieselor, documente pentru fabricație). Se prezintă sintetic modelarea geometrică, modelarea ergonomică și testarea produsului prin prototipare virtuală. Metodele de concepție colaborativă folosite sunt specifice dezvoltării produsului în mediu virtual.

Etapa de planificare a producției cuprinde diferite aspecte, cum ar fi: planul general de amplasare, planificarea fluxului de fabricație, procesul de planificare a producției, fabricația pe utilaje și sisteme comandate numeric, simularea planului, a liniei și a procesului de fabricație, simularea celulelor robotizate, simularea resurselor umane, ergonomia mediului, balansul dinamic al liniei de producție și baza de date a resurselor.

Abordarea fabricii digitale utilizând simularea planificării producției și a controlului operativ extinde proiectarea planurilor și optimizarea. Obiectivele atinse sunt următoarele: îmbunătățirea colaborării între planificarea producției și execuție; îmbunătățirea procesului de control și reducerea problemelor de calitate; ajustarea programelor și proceselor de producție în timp real; livrarea *just in time* a comenzilor clienților; îmbunătățirea calității și reducerea costurilor din cauza erorilor; reducerea stocurilor și a costurilor cu rebuturile; îmbunătățirea vizibilității proceselor de producție pentru planificarea lanțului de aprovizionare.

În urma analizei și sintezei stadiului actual al cercetărilor în domeniul fabricii digitale, pentru atingerea obiectivului general al tezei, de dezvoltare a unui nou model metodologic de concepție a unui produs în contextul fabricii digitale, se propune descompunerea procesului de concepție/dezvoltare a produsului în trei categorii interconectate, și anume: concepția virtuală, prototiparea virtuală și fabricația virtuală.

Capitolul al treilea prezintă, sub o formă de raționament de tip divergent apoi convergent, metodologia de concepție a produsului în contextul fabricii digitale. Obiectivele urmărite în cadrul acestui capitol sunt: analiza ciclului de viață al unui produs și abordările sale, din punctul de vedere al fabricii digitale; analiza modelelor de produs, din punct de

vedere al integrării ciclului de viață; analiza modelelor de concepție care pot constitui o bază de pornire pentru elaborarea modelului metodologic de concepție și fabricație digitală.

Pentru atingerea obiectivelor, ca punct de pornire îl reprezintă concepția produsului, care este abordată în contextul ingineriei simultane, integrate, a managementului ciclului de viață al produsului (PLM). Este pus în evidență demersul de inginerie simultană / integrată și colaborativă, care contribuie la reducerea termenelor de concepție ale produsului, ale procesului său de fabricație și ale mijloacelor de realizare, acționând asupra duratei activității acestora cât și asupra punerii lor în paralel.

Prin raționamentul de tip convergent, propus în demersul de cercetare, următorul pas în îndeplinirea obiectivelor este reprezentat de analiza modelelor de concepție cunoscute din literatura de specialitate, grupate în: modele bazate pe noțiunea de fază (Pahl și Beitz, French, Roozenburg, March, Ulrich și Eppinger, Ullman, Pugh), modele bazate pe noțiunea de activitate (EVAD, Purcell, Girod), modele bazate pe noțiunea de domeniu (modele raționale, modelul valoric și modelul axiomatic). Scopul acestui capitol a fost de a analiza modelele existente în vederea reținerii unor aspecte importante sau a unor modele de interes pentru dezvoltarea unui nou model de concepție și a unei metodologii care să constituie o structură implementabilă în cadrul procesului de concepție.

S-a considerat că integrarea informațiilor referitoare la produs și proces, transferul informațiilor legate de concepția produsului de la un sistem la altul, nu poate fi realizată fără compatibilitatea sau inter-conectivitatea datelor, fiind necesară concepția unui model de produs integrat, care să poată fi utilizat în diferite activități, pe durata întregului ciclu de concepție, și care să aibă abilitatea de a partaja, transfera, informații legate de produs, într-un mediu integrat. Procesul de modelare necesită folosirea anumitor standarde (STEP, PLCS, PDML) și limbaje de modelare (IDEF, PSL, XPDL, BPML, UML, EPC, OPM).

Prezentarea sub o formă divergentă, apoi convergentă a problemei concepției produsului, pornind de la ciclul său de viață, modelele de produs și modelele de concepție, terminând cu procesele de modelare, conduce la ideea unui nou model metodologic.

În urma analizei, s-a reținut că pentru modelarea procesului de concepție se va folosi limbajul IDEF0, iar pentru identificarea și modelarea procesului de concepție se vor utiliza diagramele de clase UML.

Modelarea procesului de concepție a produsului în fabrica digitală este abordată în cel de-al patrulea capitolul.

Elaborarea unui model metodologic de concepție a produselor în contextul fabricii digitale s-a axat pe următoarele idei: arhitectura deschisă; viziunea asupra fabricii digitale; conceptul fabricii digitale; procesele fabricii digitale; modelele de concepție a produsului.

Demersul pe cercetare abordat pentru a concepe o arhitectură cât mai viabilă a metodologiei de dezvoltare a unui produs în cadrul fabricii digitale pornește de la modelarea ciclului de viață al produsului. Pentru acesta, ciclul de viață se consideră ca fiind un ansamblu de activități. Pentru descompunerea ciclului de viață al produsului s-a folosit programul iGrafx 2011, care conține modulul IDEF0 (*Integration Definition Function*), elaborându-se în primă fază modelul structural. Bazat pe modelul de concepție sistematică, al lui Pahl și Beitz, se detaliază activitățile de concepție constructivă (*embodiment design*) și concepție detaliată (*detail design*), care cuprind concepția virtuală și prototiparea virtuală a produsului, respectiv fabricația virtuală și prototiparea virtuală a fabricației.

În urma modelării procesului de concepție, utilizând diagramele de descompunere ale ciclului de viață, prin identificarea activităților necesare concepției unui produs și a

constrângerilor ce apar în cadrul ciclului fabricii digitale, aceste rezultate sunt utilizate la concepția diagramei de clase, folosind limbajul de modelare unificat (*Unified Modelling Language* - UML), pentru a identifica modul de integrare a activităților de concepție în contextul fabricii digitale.

Pentru a atinge unul dintre obiectivele acestei cercetări, reprezentat de integrarea cât mai devreme în dezvoltarea produsului a proceselor de concepție, testare și fabricație, și a constrângerilor care apar pe durata ciclului de concepție a unui produs în contextul fabricii digitale, a fost creat un model de interfață de concepție bazat pe modelul fabricii digitale. Pentru asamblarea soluției modelului de interfață a dezvoltării produsului în contextul fabricii digitale s-a creat o relaționare între cele trei componente: concepția, prototiparea și fabricația produsului. Apoi, pentru ca metodologia să fie utilizabilă în cadrul modelului de dezvoltare a produsului în contextul fabricii digitale, au fost integrate constrângerile ce apar în definirea produsului și a proceselor legate de concepție, testare și fabricație.

În cadrul modelării UML a ciclului de concepție s-au introdus două modele: modelul de interfață, care include clase ce reprezintă modelul de produs și modelul de date, care cuprinde, în esență, clasa „Proces” și legăturile legate cu aceasta.

Capitolul cinci are ca obiectiv validarea modelului metodologic elaborat în capitolul 4, prin platforma integrată de concepție și fabricație digitală a produsului.

Pentru dezvoltarea informatică a platformei integrate de concepție și fabricație digitală a produsului s-a folosit modelul ingineriei colaborative, din dorința ca aplicația web concepută să constituie un mediu în care membrii echipelor de concepție să poată comunica și să aibă tot timpul acces la cele mai noi versiuni ale proiectului în care sunt implicați.

Tehnologia informatică folosită în dezvoltarea platformei este Microsoft .NET Framework, care include o bibliotecă de soluții codificate pentru probleme de programare comune și o mașină virtuală care gestionează executarea de programe scrise special pentru .NET Framework, acceptând mai multe limbaje de programare, într-o manieră care permite interoperabilitatea acestora.

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 în contextul fabricii digitale și care, utilizate în comun, pot acoperi toate etapele ciclului de concepție. Sunt prezentate specificațiile aplicației: diagrama bazei de date proiectate, structura serviciilor folosite și interfața cu utilizatorul. Pentru implementarea în arhitectura aplicației s-au folosit următoarele mijloace: Microsoft silverlight 4.0; WCF service (specific .NET); biblioteci de vectori specifici fiecărei aplicații software implementate. În continuare este descrisă aplicația, care folosește o arhitectură Model View Controller, proiectarea bazei de date făcându-se relativ ușor, urmărind o serie de pași standard, specifici limbajului ASP.NET și al Entity Framework, profitând de facilitățile mediului de programare Visual Studio 2008.

Modelarea secvențelor de concepție utilizând diagramele de secvențe UML are ca scop validarea modelului metodologic elaborat, prin recunoașterea și integrarea în baza de date a cât mai multor constrângeri care apar pe durata ciclului de concepție, utilizând platforma informatică. Etapele parcurse după demararea unui nou proiect și notificarea atributelor sunt: crearea modelului primar; testarea modelului conceput, din punct de vedere ergonomic, folosind tehnici numerice și la impactul asupra mediului; modelarea planului general de amplasare; modelarea procesului de fabricație virtuală, care cuprinde planificarea secvențelor de fabricație, planificarea și programarea resurselor de fabricație, proiectarea și

planificarea asamblării; testarea modelului de fabricație - procesul celulelor de fabricație, procesul din punct de vedere ergonomic, reconfigurarea sistemelor de fabricație.

În final are loc validarea dosarului de produs, pentru lansarea în fabricație reală.

Prin cercetările întreprinse în această lucrare, concluziile generale, contribuțiile și perspectivele prezentate în capitolul șase, s-a dorit a se da răspuns unuia dintre domeniile problematice ale fabricii digitale - procesul de concepție/dezvoltare a produsului. Astfel, concepția produsului trebuie abordată în corelare cu întregul ciclu de viață al produsului, conform principiilor ingineriei integrate, colaborative și a managementului ciclului de viață al produsului (*Product Lifecycle Management PLM*).

Obiectivul final în demersul de cercetare a fost validarea modelului metodologic, pentru care a fost realizată o platformă informatică de concepție și fabricație digitală a produsului, fiind identificate și modelate secvențele de concepție a unui produs utilizând diagramele de secvențe UML.

Principalele contribuții personale rezultate în urma finalizării cercetărilor sunt:

- sistematizarea globală și unitară a cunoștințelor pe două direcții –conceptul de fabrică digitală și procesele fabricii digitale;
- definirea termenului de fabrică digitală;
- analiza și sinteza literaturii de specialitate în ceea ce privește metodologia de concepție a produsului în contextul fabricii digitale;
- descompunerea ciclului de concepție în activitățile de concepție virtuală, prototipare virtuală și fabricare virtuală;
- modelarea procesului de concepție a produsului în fabrica digitală, folosind limbajul IDEFO, elaborându-se modelul structural;
- modelarea procesului de concepție a produsului în fabrica digitală, folosind limbajul UML, elaborându-se modelul metodologic;
- dezvoltarea aplicației software care stă la baza platformei integrate de concepție și fabricație digitală a produsului.

Contribuțiile aduse sunt în principal de natură teoretică și metodologică. Modelarea procesului fabricii digitale și crearea unui instrument metodologic – prin dezvoltarea unei arhitecturi de concepție digitală – reprezintă elementul de noutate.

Cercetările prezentate au fost valorificate prin activități de diseminare, respectiv publicare, ca prim autor sau în colaborare, a unor unii număr de 13 lucrări științifice, în volumele unor conferințe internaționale de prestigiu, o lucrare fiind indexată ISI și două lucrări indexate în BDI.