

MODELAREA PRODUSULUI ÎN INGINERIA INTEGRATĂ

G. Drăghici

Universitatea Politehnica din Timișoara

INTRODUCERE

În ingineria integrată, modelarea produsului constă în descrierea unui obiect nu numai din punct de vedere geometric, ci și în funcție de anumite caracteristici: funcționale, de fabricație, mentenanță, reciclare etc. Obiectivul urmărit este de a integra în faza de concepție toate informațiile referitoare la ciclul de viață al produsului.

Un model de produs conține [7]: *informații funcționale* (soluțiile tehnice ale funcțiilor de serviciu ale produsului); *informații geometrice* (manipulate în modelele de solide); *informații tehnologice* (operațiile de prelucrare, toleranțele de fabricație); *informații de material* (natura, proprietățile fizico-mecanice); *informații administrative* (referință, furnizori, stoc).

În articol se prezintă evoluția modelelor de produs în ingineria integrată.

1. MODELAREA PRIN DOMENII

Modelarea prin domenii abordează concepția unui sistem mecanic pornind de la o descriere abstractă spre una concretă.

Un sistem mecanic poate fi reprezentat prin patru domenii [1]: (1) *process domain*, care descrie transformările fizice care au loc în sistem; (2) *function domain*, care exprimă rezultatele așteptate ale sistemului; (3) *organ domain*, care reprezintă entitățile care răspund la rezultatele așteptate ale sistemului; (4) *parts domain*, care precizează elementele de realizare (componente sau piese) ale organelor sistemului.

Domeniile întrețin relații cauzale, permițând trecerea de la unul la altul, în interiorul modelului. Produsul este definit cu ajutorul unei reprezentări genetice, cromozomul traducând rezultatele concepției. Această reprezentare se bazează pe elementele celor patru domenii (*process*, *functions*, *organs* sau *parts*).

Activitatea de concepție se efectuează cu ajutorul a trei operații de bază, modificând compoziția cromozomului și influențând asupra elementelor domeniilor: *detaching*, *synthesis* și *weaving*. Operația *detaching* permite separarea unui element de concepție a modelului de produs,

ajustarea lui în scopul satisfacerii unei nevoi specifice. Operația *synthesis* asigură crearea unui nou element de concepție pornind de la compunerea sau descompunerea elementelor existente. Operația *weaving* traduce inserarea în modelul de produs a unui nou element, creând relațiile necesare cu mediul său.

2. MODELAREA FUNCTION-BEHAVIOR-STATE

Modelarea *Function–Behavior–State* (FBS) propune o reprezentare funcțională a obiectului în termen de entități, atribute ale acestor entități și relații între entități [9].

Entitatea *function* reprezintă expresia intențiilor de concepție. Entitatea *behavior* (reprezentarea legilor fizice) se definește ca secvența schimbărilor entității *state* a unui obiect. Obiectul este văzut după trei niveluri de abstractizare.

Pentru evaluarea modelului au fost definite patru tipuri de relații între entități. Relația *decomposed into* arată transformarea unei entități în subentități. Relația *condition by* exprimă nevoia exhaustivă a unei entități *function* B de a preciza entitatea *function* A. Această relație trebuie suportată de o relație cauzală la nivelul entităților *behavior* asociate entităților *function*. Relația *enhanced by* pune în evidență complementul de informație pe care îl aduce o entitate *function* B la *modifier* A legată de entitatea *function* A. Relația *described as* explicitează detaliile date prin *modifier* în mod din ce în ce mai concret.

Modelul FEP (*Functional Evolution Process*) este o evoluție a modelului FBS. Acest model reprezintă operarea entităților *function* în procesul de concepție. Descrierea funcțională a obiectului este afinată și detaliată în mod graduat. Procesul se descompune în etape declinabile în trei activități: *functional description*, *functional actualization* și *functional evaluation*. Activitatea *functional description* revede, modifică și îmbunătățește modelul la fiecare etapă nouă a procesului. Activitatea *functional actualization* corespunde traducerii în termen de entități *behavior* a entităților

function modificate pe parcursul descrierii. Activitatea *functional evaluation* asigură controlul conformității între descrierile entităților *function* și *behavior*.

3. MODELAREA GRAF-PRODUS

Concepția unui produs poate fi mai eficientă dacă datele sunt structurate. Pornind de la această constatare a fost propus un model de produs structural și funcțional capabil să integreze definirea funcțiilor, crearea arhitecturii, alegerile tehnologice etc. [8]. Aspectul structural definește limita (frontiera) sistemului și organizarea componentelor sale în spațiu. Aspectul funcțional reprezintă identificarea proceselor care intervin în cadrul sistemului: schimburi, transferuri, fluxuri etc.

Modelarea produsului constă în definirea elementelor structurale (entități, relații, frontiere, componente și constrângeri), la care sunt adăugate informații sau noțiuni capabile să reprezinte comportamentele produsului. Entitățile sunt atomi de modelare (nedecompozabili). Relațiile traduc interacțiunea între două sau mai multe entități. Frontiera este un subsansamblu de entități care intervin în interacțiunile pe care un produs le întreține cu mediul său. O componentă este un ansamblu de entități alăturate prin relații, care posedă o frontieră și parametri de definire. O constrângere reprezintă dependențele între parametri de definire a entităților, relațiilor și componentelor.

Demersul de concepție funcțională, pornind de la caietul de sarcini funcțional, constă în căutarea într-o bază de componente pe cele care sunt susceptibile să constituie o soluție tehnologică care să satisfacă funcțiile. Acest demers se bazează pe anumite principii: independență, decompozabilitate, neredondanță, coerență. Procesul este segmentat prin stări de concepție care corespund ansamblului de informații prezente în modelul de produs înainte de a interveni o nouă decizie. Fiecare decizie poate fi asimilată cu o tranziție între două stări de concepție. La modelul de produs se asociază un graf “stare-tranziție”, care poartă istoricul deciziilor care au fost luate pentru concepția produsului.

4. MODELAREA PRIN FUNCȚII ȘI ENTITĂȚI

Modelul creat permite legarea descrierii funcționale de reprezentarea geometrică a

produsului. El se bazează pe conceptele de funcții, entități tehnologice și entități frontiere [4], [5].

4.1. Formalismul modelului de produs

Funcția ușurează transcrierea rezultatelor caietului de sarcini funcțional (graful de interacțiuni, diagrama FAST etc.) și desfășurarea unei concepții orientată spre satisfacerea obiectivelor. Funcția se exprimă printr-un verb și, dacă e necesar, un complement. Aceasta se reprezintă grafic printr-un dreptunghi, pentru a păstra formalismul folosit în analiza funcțională. Ea se definește printr-un ansamblu de parametri și este limitată printr-un ansamblu de constrângeri numite “meserii”. Funcția permite specificarea entității tehnologice prin identificarea entităților frontiere.

Entitatea tehnologică (ET) asigură legătura cu componentele modelelor geometrice și / sau fizice manipulate curent de conceptori, permițând concretizarea materială a produsului. Entitatea tehnologică se poate defini ca un obiect conceptual, coerent din punct de vedere tehnologic și semantic față de funcție. Formalismul grafic folosit este o elipsă, fiind caracterizat prin numele său, un ansamblu de parametri și entitățile sale frontiere.

Entitatea frontieră (EF) este interfața sau punctul de atașare dintre o funcție și o entitate tehnologică. Ea este considerată ca o subentitate tehnologică, deci va avea ca formalism grafic tot o elipsă. Parametrii săi reprezintă un subsansamblu al parametrilor entității tehnologice la care este atașată. Ea aparține unei singure entități tehnologice și este legată cel puțin cu încă o entitate frontieră, trecând printr-o funcție.

Formalismul grafic al modelului de produs astfel definit este reprezentat în figura 1.

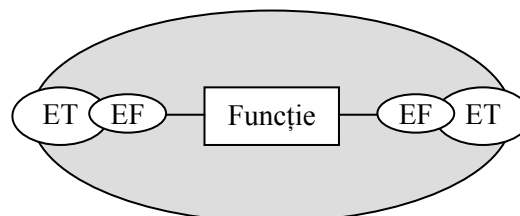


Figura 1. Reprezentarea grafică a modelului de produs

4.2. Exploatarea modelului de produs

Pentru a asigura exploatarea modelului se aplică următoarele principii (reguli): descompunerea, agregarea, nivelurile de abstractizare și conformitatea. Aceste principii

permit structurarea rezultatelor în acord cu dinamica procesului de concepție, urmărind desfășurarea progresivă a acestuia.

Pe baza caietului de sarcini funcțional, pornind de la funcțiile de serviciu, graful de interacțiuni (APTE) și diagrama FAST de ordonare a funcțiilor, conceptorul definește entitățile tehnologice care concretizează arhitectura produsului susceptibil să răspundă obiectivelor fixate în expresia necesității. Caracterizarea entităților tehnologice făcându-se prin afinări succesive a entităților lor de frontieră și a parametrilor lor, este posibil să se deducă primitive geometrice care pot fi reprezentate în modelul CAD.

4.3. Aplicație: dispozitiv de găurire multiplă

Dispozitivul de găurire multiplă transformă o mașină de găurit universală într-o mașină de găurit specială pentru producția în serie mijlocie.

Într-o primă etapă, folosind metoda APTE, se determină funcțiile dispozitivului ca interacțiuni între componentele sale și mediul înconjurător. Graful de interacțiuni se prezintă în figura 2.

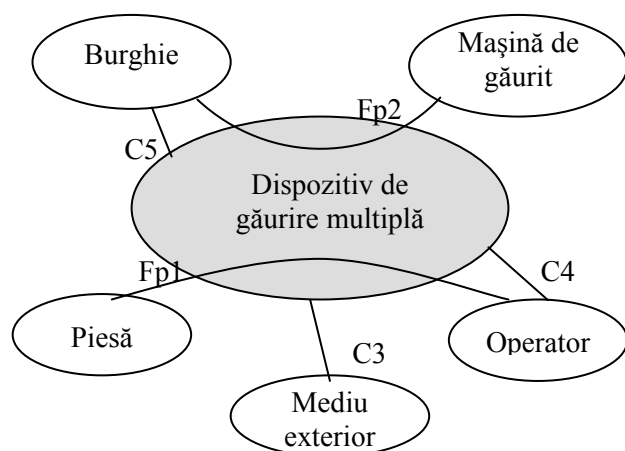


Figura 2. Graful interacțiunilor (APTE).

Fp1 – găurirea simultană; *Fp2* – acționarea burghiilor; *C3* – rezistența la mediul exterior; *C4* – protejarea operatorului; *C5* – prinderea burghiilor

Pentru a descrie principiile soluțiilor constructive se folosește modelul de produs prezentat în figura 1. Pornind de la funcția principală, acționarea burghiilor - AB, se specifică entitățile tehnologice ale funcției: interfață mașină - IF și interfață burghiu - IB. Modelul de produs în starea 0 este prezentat în figura 3.

Conceptul propus se detaliază în starea 1 a modelului, reprezentată în figura 4.

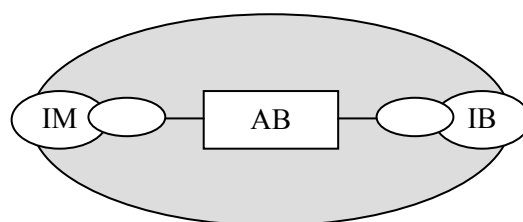


Figura 3. Modelul de produs în starea 0

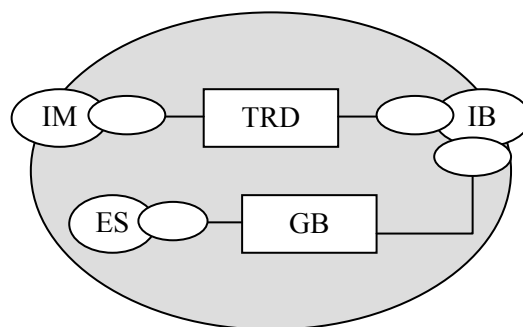


Figura 4. Modelul de produs în starea 1

Pentru funcția de acționare a burghiilor se propune soluția de folosire a unei transmisii cu roți dințate TRD. Pentru interfața burghiu se propune ghidarea burghiului – GB, folosind un element de structură – ES. În etapele ulterioare se continuă detalierea modelului, inclusiv a entităților de frontieră.

5. MODELAREA MULTIVEDERI

Unul dintre cele mai complete modele de produs propuse până în prezent este modelul multivederi, care integrează ciclul de viață al produsului în faza de concepție, prin integrarea ansamblului de profesii care intervin [10], [11], [12]. El se bazează pe metodologia de inginerie integrată, permițând intervenția simultană a tuturor participanților în faza de concepție a produsului.

5.1. Metodologia de concepție integrată

Concepția unui produs începe de la caietul de sarcini care descrie funcționalitățile dorite. Într-o primă etapă, de concepție inițială, se definește graful funcțional-structural. Cea de-a doua fază corespunde concepției detaliate, care face obiectul unei veritabile faze de integrare a diferitelor profesii ce concurează la definirea produsului. Cunoștințele diferitelor profesii ale conceptorilor sunt modelate

prin entități, reguli de fabricație sau module tehnologice [13].

5.2. Formalismul modelului de produs

Modelul de produs definește structurarea și asocierea elementelor (componentelor) într-un sistem, precizând interfețele (legăturile) elementelor cu exteriorul. Asocierea elementelor este realizată de-a lungul legăturilor prin uniuni (relații).

Formalismul modelului de produs este prezentat în figura 5.

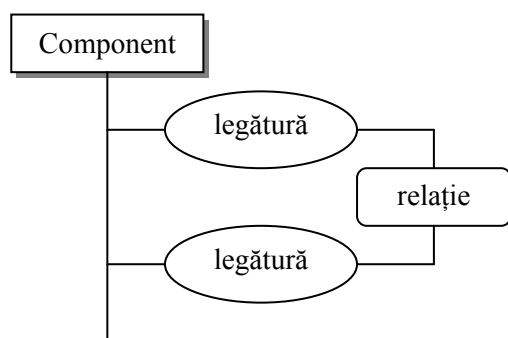


Figura 5. Formalismul modelului de produs

Componentul reprezintă un ansamblu material identificabil, putând fi o parte a unei piese (dantura unei roți dințate), o piesă unică (roata dințată) sau un grup de piese (cutia de viteze). El va fi schematizat printr-un dreptunghi care conține denumirea.

Legătura este o caracteristică a unui component, care permite o privire exterioară asupra componentului (cercul de divizare al danturii, alezajul roții dințate, arborele de intrare al cutiei de viteze). Legătura va fi schematizată printr-un oval care conține denumirea.

Relația exprimă o uniune între două sau mai multe legături. Ea este reprezentată printr-un dreptunghi rotunjit care conține denumirea.

5.3. Modelul de date

Modelul de date este completat prin operatori de descompunere, operatori de substituție, și prin reprezentarea multivederi.

Descompunerea unui component permite obținerea diferitelor niveluri de abstractizare.

Substituția permite înlocuirea, la același nivel de abstractizare, a unei relații printr-un ansamblu de componente, legături și relații, în scopul specificării relației înlocuite.

Reprezentarea multivederi permite diferite descompuneri ale unui component din puncte de

vedere diferite. În figura 6 se exemplifică reprezentarea unei roți dințate din punct de vedere geometric și al prelucrării.

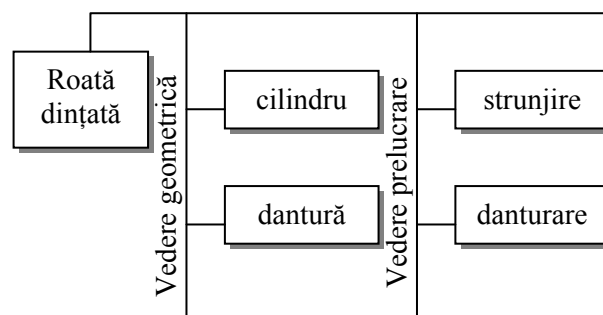


Figura 6. Reprezentare multivederi

5.4. Modelul de produs multivederi

Modelul de produs multivederi reprezintă produsul văzut din punctul de vedere specific al fiecărui specialist participant la concepție (fig. 7). Perpendicular pe axa vederilor sunt reprezentate succesiv diferitele modele ale produsului, privite din punct de vedere funcțional, structural, al prelucrării, al asamblării, al mentenanței, al reciclării etc.

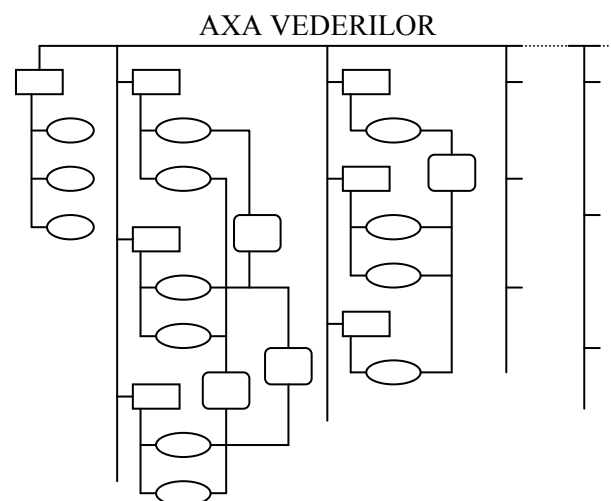


Figura 7. Modelul de produs multivederi

5.5. Modelul de concepție integrată

Modelul de concepție integrată se bazează pe modelul de produs prezentat. El permite accesul diferiților participanți la concepție, fiecare conectat prin stația lui de lucru, la baza de date produs. Construcția modelului de produs, folosind formalismul modelului de date, se face prin decizia

fiecărui participant de a adăuga componente, legături sau relații la modelul existent.

Modelorul permite fiecărui participant la concepție să utilizeze biblioteca de entități proprie specialității sale. Noțiunea de vedere permite separarea descrierilor unui component în raport cu interesele diferite. În mod normal, ansamblul modelului de produs nu este distribuit fiecărui participant, doar informațiile generale. Restul informațiilor, specifice unui participant de o anumită specialitate, sunt accesibile pe baza unei autorizări speciale. O selectare a vederilor direct accesibile este făcută în funcție de specialitatea participantului la concepție. Trebuie deci administrate mai multe vederi ale produsului. Informațiile fiecăreia dintre ele trebuie să fie stocate și să poată fi accesibile. Nucleul acestui sistem de concepție este format de baza de date asupra produsului. Orice participant, de o anumită profesie, trebuie să poată avea acces la această bază de date. Sistemul de concepție integrată este realizat într-o arhitectură client-server (fig. 8).

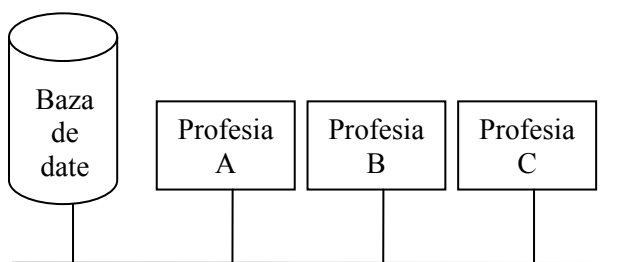


Figura 8. Sistemul de concepție integrată

6. CONCLUZII

Sinteza prezentată a scos în evidență evoluția cercetărilor care vizează dezvoltarea unor modele de produs capabile să înglobeze cunoștințele legate de activitățile ciclului său de viață. Obiectivul este stocarea informațiilor referitoare la obiect într-o structură centralizată de înalt nivel, îmbogățită și exploatată de către toți participanții care intervin în procesul de concepție a produsului.

Astfel, ingineria integrată tinde să aducă spre amonte cunoștințele profesiilor care intervin în aval de concepție și implică participarea efectivă, de la primele faze, a specialiștilor de diferite profesii. În acest mod se pune în prezent problema dezvoltării de noi produse, abordarea integrată asigurând scurtarea termenelor de concepție și lansare a produselor, creșterea calității acestora, reducerea costurilor de producție.

Bibliografie

1. **Andreasen, M. M.** *The theory of domains, Conference on Understanding Fonction and Fonction to Form Evolution, Cambridge University, UK, 1991.*
2. **Drăghici, G.** *Inginerie integrată - modele, metode și mijloace. Editura Politehnica, Timișoara, 2002.*
3. **Drăghici, G.** *Modelarea cunoștințelor în ingineria integrată a produsului. Acta Universitatis Cibiniensis Vol.XXXVI, Seria Tehnică, Sibiu, pag.1...6, 1999.*
4. **Eynard, B.** *Modélisation du produit et des activités de conception – Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d'ingénierie. Thèse de l'Université Bordeaux I, France, 1999.*
5. **Eynard, B., Girard Ph., Chen, D.** *Un modèle produit support à la conduite de processus de conception. 2^{ème} Congrès Franco-Quebecois de Genie Industriel, Albi, France, CD-ROM, 1997.*
6. **Eynard, B., Girard Ph.** *Le modèle de produit : outil didactique en conception mécanique. Proceedings of The 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering IDMMME 2000, Mascle Ch., Fortin C., Pegna J. (Ed.), CD-ROM, Presses Internationales Polytechnique, Montréal, 2000.*
7. **Gardan Y.,** *La CFAO, Hermès, Paris, 1992.*
8. **Mony, C.** *Un modèle d'intégration des fonctions conception-fabrication dans l'ingénierie du produit. Thèse de l'Ecole Centrale de Paris, 1992.*
9. **Shimomura, Y., Takeda, H., Yoshioka, M., Umeda, Y., Tomiyama, T.** *Representation of design object based on the functional evolution process model. Design Engineering Technical Conferences, ASME'95. Vol.2, Boston, USA, pag.351...360, 1995.*
10. **Tichkiewitch, S.** *Méthodologie et outils pour l'intégration dans la conception. În Conception et fabrication de produits mécaniques, Drăghici G. și Brissaud D. (coord), Editura Eurobit, Timișoara, pag. 7...42, 1999.*
11. **Tichkiewitch S., Chapa E., Belloy Ph.** *Un modèle multi-vues pour la conception intégrée, Congrès International de Génie Industriel, Montréal, pag.1989...1998, 1995*
12. **Tichkiewitch S., Garro O.** *Conception intégrée. În Les Cahiers des Enseignements Francophones en Roumanie, Bucarest, pag.1...19, 1996*
13. **Tollenaere, M.** *Conception de produits mécaniques - méthodes, modèles et outils. Editions Hermès, Paris, 1998.*