

O ARHITECTURĂ DE REFERINȚĂ PENTRU SISTEME DE MODELARE BAZATE PE TRĂSĂTURI

ec. Claudia Ionescu
mat. Gabriela Dăncescu

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat: În acest articol este prezentată o arhitectură de referință pentru sistemele de modelare bazate pe trăsături, proiectarea bazată pe trăsături, sistemul de management și de definiție a trăsăturilor, sistemul de verificare de cunoștințe, strategiile de mapare, implementarea FSMT.

Cuvinte cheie: sisteme de modelare, CAD/CAM, trăsături, modelare, strategii de mapare, sweep, solide.

Articolul își propune să prezinte un mediu ingineresc numit FSMT (Feature Solid Modelling Tool). În vederea micșorării costului, a reducerii timpului de fabricație, a asigurării unei calități ridicate a produsului, încă din faza de proiectare, cercetarea este orientată pe proiectarea bazată pe trăsături, care poate asocia cerințele de fabricație cu datele de proiectare. Față de metodele obișnuite care asociază informațiile de fabricație modelelor geometrice existente, în FSMT este adăugată deci și definiția trăsăturilor. Geometria este asociată întotdeauna cu cunoașterea manipulării ei. Cunoștințele sunt reprezentate de teoria și de metodologia proiectării și a fabricației, precum și de o strategie a integrării CAD/CAM. Sweep-ul generalizat a fost dezvoltat ca o metodă de unificare pentru definirea diferitelor trăsături.

Modelele CSG și B-rep sunt ușor accesibile, și au garantate consistența și integritatea.

1. Proiectarea bazată pe trăsături

Conceptul de proiectare bazată pe trăsături se schimbă o dată cu mediul de fabricație și cu caracteristicile produsului. Ideea acestui tip de proiectare provine din modalitățile de fabricație și din caracteristicile produsului (de exemplu: standardul produsului, seria produsului, similitudinea între componente). Pentru proiectarea bazată pe trăsături există trei strategii majore.

Prima se numește "proiectare concurentă"; în această fază proiectarea și planificarea procesului sunt întreținute în paralel. Aceasta

determină creșterea posibilităților de a obține rezultatele rapide în faza de proiectare. În proiectarea concurentă, proiectanții lucrează în "modul de fabricație": ei consideră geometria în termenii operațiilor de fabricație, cum ar fi proiectarea și asamblarea.

În proiectare se pornește de la piesa brută și se specifică secvențele operațiilor de descompunere, cum ar fi operațiile de obținere a cavităților, a deschiderilor și a nișelor. În timpul procesului de proiectare poate fi generat și planul inițial de procesare pentru o parte componentă a piesei. Acestui plan i se furnizează detalii de la inginerii de producție sau de la un sistem expert. Caracteristicile acestei metodologii sunt următoarele:

- proiectarea este realizată în modul de fabricație
- primitivele folosite în proiectare sunt trăsături definite în funcție de procesul de prelucrare.

Cea de-a doua strategie se referă la metoda de "proiectare pentru asamblare". În acest caz se folosește metodologia de proiectare a costului toleranței, care optimizează proiectarea prin tehnologia de analiză a toleranței. Avantajele oferite de tehnologia de grup (GT) se folosesc pentru furnizarea direcțiilor de proiectare a componentelor individuale astfel încât, într-un produs să poată fi realizată cea mai bună asamblare. Astfel, se reduce numărul de componente, de instrumente de prelucrare și de tăiere și numărul de dispozitive de fixare. Cele mai importante elemente ale acestei abordări sunt:

- folosirea primitivelor cu trăsături atașate lor; suprafețele de prelucrare sunt legate de cerințele de fabricație;
- folosirea GT pentru realizarea proiectării, a planificării procesului, a prelucrării și a asamblării;
- folosirea tehnicii de analiză a toleranței de cost pentru a evalua secvențele de asamblare, planificarea procesului și costul proiectării;
- numărul de componente și de dispozitive folosite este minim.

A treia strategie este denumită în mod uzual "proiectare parametrică". Această abordare raționalizează procesul de proiectare prin proiectarea familiilor de produse cu similarități în proiectare, ca și în planificarea procesului, în locul proiectării mai multor produse individuale. Geometria și prelucrarea unei familii de părți depinde de o mulțime de parametri de control bine definită.

2. Cerințe funcționale ale modelatorului bazat pe trăsături

Multe dintre modelatoarele solidelor nu permit folosirea trăsăturilor, deși câteva sisteme comerciale de tip CAD oferă utilizatorului avantajul grupării primitivelor geometrice de bază în trăsături. Gruparea primitivelor nu poate fi numită trăsătură atâta timp cât, în definiția trăsăturii, informațiile de fabricație sunt reduse și sunt restricționate doar la proiectarea geometriei. Metoda de extragere a informațiilor despre trăsături din datele geometrice este limitată.

Pentru un modelator ideal bazat pe trăsături sunt esențiale două mecanisme. Primul este un mecanism care permite proiectantului să definească trăsăturile orientate pe aplicație (de exemplu, o parte care, analizată prin metoda elementului finit, necesită trăsături potrivite generării automate). Al doilea mecanism furnizează o transformare de la definiția trăsăturii direct la aplicație, adică definiția trăsăturii poate fi utilizată într-o analiză inginerescă și de fabricație.

Un modelator bazat pe trăsături are următoarele caracteristici:

- reprezentarea integrată a datelor
- capacitatea de a defini nu numai trăsături generice, dar și trăsături orientate pe aplicație
- realizarea verificării geometriei și a atributelor
- un mecanism pentru transformarea trăsăturilor
- un procesor solid de operații booleene pentru evaluarea frontierelor
- un sistem de management cu interfață - utilizator care confirmă înțelegerea proiectării produsului.

3. Arhitectura sistemului

În cazul ideal, FSMT trebuie să includă o definiție a trăsăturii, un sistem de management, un procesor pentru operațiile booleene, un modul pentru controlul geometriei și al consistenței atributelor, baza de cunoștințe, baza de date și o interfață cu utilizatorul.

a) Sistemul de management și definirea trăsăturilor

În general, înțelesul trăsăturii variază în funcție de aplicație. Definiția trăsăturii cuprinde trei părți:

- parametrii geometrici
- atributele trăsăturilor și relațiile între trăsături
- dependența dintre definirea aplicațiilor și cunoașterea caracteristicilor, ca și dintre regulile de verificare a consistenței și regulile topologice.

Folosind acest sistem, utilizatorul își poate stabili propria bibliotecă de trăsături.

b) Procesorul operațiilor booleene

Este utilizat pentru a determina reuniunea, diferența și intersecția, precum și calculul atributelor concavitate/convexitate pentru muchiile de intersecție ale modelului B-rep.

c) Sistemul de verificare al consistenței

Verificarea consistenței reprezintă o caracteristică specială a sistemului. Există două tipuri de inconsistență. Prima este o contradicție între conceptul de trăsătură și cel de înțelegere a geometriei. Astfel, o gaură în material poate fi generată prin extragerea unui cilindru din piesa brută; în cazul în care se folosesc parametri inadecvați sau piesa brută este plasată într-o poziție greșită, în locul unei găuri în material, se poate obține un șanț sau o scobitură.

A doua contradicție este aceea dintre atributele trăsăturii; astfel, în producție, cerințele de precizie trebuie să fie compatibile cu specificațiile.

d) Baza de cunoștințe

Cunoștințele folosite de sistem sunt împărțite în două categorii:

- cunoștințe asociate cu trăsături particulare (de exemplu, regulile topologice)
- cunoștințe comune mai multor trăsături

e) Sistemul de management al interfeței cu utilizatorul

Este un instrument de proiectare al interfeței om-mașină. Când modelatorul solid prin trăsături este pus în aplicație, se construiește în primul rând biblioteca de trăsături din punctul de vedere al mediului de producție și de fabricație. În același timp, datele relevante și cunoștințele sunt culese și stocate în baza de date, respectiv în baza de cunoștințe. Apoi, interfața utilizator, dedicată bibliotecii de trăsături este proiectată de sistemul de management al interfeței cu utilizatorul. Toate acestea asigură un mediu ingineresc de cunoștințe pentru proiectarea bazată pe trăsături.

f) Definiția trăsăturilor în FSMT

În sistemul FSMT, o trăsătură este definită ca o formă parametrică elementară. Se folosesc descrieri geometrice, atribute și metode orientate pe aplicații pentru proiectare și fabricație. Definițiile pot fi scrise în formatul BNF în următorul mod:

$\langle \text{Trăsături} \rangle ::= \langle \text{Geometrie} \rangle \langle \text{Atribute} \rangle$
 $\langle \text{Metode de mapare} \rangle$

$\langle \text{Geometrie} \rangle ::= \langle \text{Nume-formă} \rangle \langle \text{Model CSG} \rangle$
 $\langle \text{Model B-rep} \rangle$

$\langle \text{Atribute} \rangle ::= \langle \text{Material} \rangle \langle \text{Precizie} \rangle$

$\langle \text{Metodă de mapare} \rangle ::= \langle \text{Rețea FEM} \rangle$
 $\langle \text{CAPP/NCP} \rangle$

$\langle \text{CAPP/NCP} \rangle ::= \langle \text{Plan subproces} \rangle$
 $\langle \text{Procedură NC} \rangle$

$\langle \text{Plan subproces} \rangle ::= \langle \text{Tip-mașină} \rangle$
 $\langle \text{Operații} \rangle$

g) Descriere geometrică

Geometria trăsăturilor 3D este definită prin măsurarea unei suprafețe 2D de-a lungul unei traiectorii care este geometric variabilă.

În primul rând, forma geometrică este obținută interactiv, apoi sunt determinate dimensiunile și constrângerile geometrice iar, în final, este specificat pattern-ul *sweep*.

h) Descrierea atributelor

Odată definită o trăsătură, fiecare suprafață poate fi identificată în mod unic prin numele trăsăturii, prin traiectoria și prin linia generatoare. Acest triplu se numește index CSG.

Când modelul CSG este evaluat, fiecare suprafață din modelul B-rep are o etichetă cu indexul CSG, de la care poate fi trasată suprafața originală CSG. Ca rezultat, modelele B-rep pot fi manipulate și atribute, cum ar fi toleranța și rugozitatea și pot fi atașate unor suprafețe individuale prin modelul CSG sau modelul B-rep.

i) Strategii de mapare

Se consideră două aplicații majore: analiza inginerescă și analiza fabricației.

Dacă se aplică analiza elementului finit, rețeaua 3D poate fi generată paralel cu trăsătura. Inițial, rețeaua 2D este generată pe suprafața 2D a trăsăturii, iar apoi, elementele 3D se obțin prin măsurarea rețelei 2D. La intersecția trăsăturilor, rețelele cu frontiere adiacente sunt ajustate prin schema inclusă în definiția trăsăturilor de potrivire a rețelelor prin frontiere.

În definirea trăsăturilor, se acordă o atenție deosebită și proiectării funcționale și productivității sale, dându-se astfel proiectantului posibilitatea de a crea un nou proiect.

Dimensiunile principale și strategia proiectării variabile sunt extinse în modelul 3D. Informațiile primare, referitoare la modelul B-rep, sunt extrase din modelul CSG; geometria și atributele modelului CSG sunt parametrizate, nemaifiind nevoie de șabloane de recunoaștere a trăsăturilor.

j) Biblioteca de trăsături

Trăsăturile sunt dependente de aplicație. Se preferă folosirea trăsăturilor extrase din produse reale, și nu a trăsăturilor teoretice. Tehnologia de grup oferă modalități puternice pentru determinarea unor familii de părți componente și a relațiilor dintre ele.

În FSMT, componentele se clasifică în cinci categorii: arbori, discuri, suprafețe curbe, cutii și console, conform principiilor funcționale și similarităților geometrice. Trăsăturile comune fiecărei familii sunt extrase și clasificate conform cu principiile similarității produselor de fabricație. Relațiile între familiile de părți și grupul de mașini pot fi determinate printr-o analiză de producție.

4. Implementarea FSMT

4.1 Metoda generalizată de definire a suprafețelor

În majoritatea sistemelor de modelare existente, pentru definirea unei forme specifice, este folosit doar un set finit de primitive predefinite (de exemplu, sweep paralel).

Odată definită, suprafața este fixată și nu este introdusă în proiectarea variațională. Utilizatorului îi este ușor să-și creeze primitive proprii.

În FMST, metoda de sweep generalizat a fost îmbunătățită astfel încât se pot defini și alte tipuri de trăsături parametrice. Suprafețele se definesc în termenii limbajului de definire a suprafețelor.

Cea mai simplă metodă de obținere a trăsăturilor este de a descompune suprafața în două schițe interactive 2D, și de a marca, atât dimensiunile, cât și restricțiile specifice. După aceasta, sistemul convertește automat schița într-o definiție SDL. Metoda de sweep generalizat este împărțită după cum este prezentat în continuare.

4.2 Solid generat prin sweep-palalel

Un solid generat prin sweep-paralel este definit printr-un contur 2D care mătură o traiectorie 3D. Primitivele folosite în modelatoarele convenționale și solidele generalizate pot fi descrise cu această metodă.

4.3 Solid generat prin sweep-rotational

Un solid rotațional de măturare este definit de un contur 2D care se rotește în jurul unei axe. Primitive cum ar fi cilindri, conuri și sfere utilizate în modelările convenționale pot fi considerate un subset al solidelor de formă rotațională.

4.4 Solide în formă de cutie

Un solid în formă de cutie poate fi definit prin măturarea unei traiectorii planare închise cu un contur 2D. Metoda este simplă și ușor de realizat.

4.5 Solide cu suprafețe curbe

Un solid cu suprafețe curbe poate fi creat prin interpolarea unor secțiuni transversale. Metodele de interpolare depind de condițiile de continuitate, impuse de cerințele ingineresti. În general, metoda este utilizată pentru a defini shell-uri cu suprafețe curbe.

4.6 Solide variabile

Definiția unui solid variabil este similară celei unui solid cu suprafețe curbe. Astfel, pot fi definite poliedre, prisme, grinzi și pânze cu secțiuni variabile.

S-a dovedit că metoda de măturare generalizată furnizează cel puțin următoarele avantaje:

- Corelează definiția suprafeței cu operațiile mașinii. Fiecare șablon de măturare corespunde unor operații ale

mașinii. De exemplu, măsurarea rotațională corespunde sfredelirii sau găuririi, iar măsurarea paralelă corespunde polizării. Pentru o suprafață curbă, suprafețele secțiunilor transversale sunt definite la început, aplicându-se apoi interpolarea pentru a crea suprafețele șablon.

- Leagă modelul CSG de modelul B-rep. Este binecunoscut faptul că modelul CSG reprezintă o descriere conceptuală. Modelul B-rep descrie în detaliu frontierele și informațiile topologice. Ambele metode trebuie să fie legate, iar accesul prin reprezentarea prin frontiere la modelul CSG trebuie să fie disponibil într-un mediu de modelare ideal.

4.7 Informații despre atribute

Toleranța și rugozitatea sunt două aspecte importante ale fabricației și ale controlului. Toleranța geometrică reprezintă toleranța de dimensiune, de formă și de poziție. Specificațiile toleranței de formă și ale toleranței de poziție sunt uneori însoțite de condiția de maximum de material, de condiția de cel mai puțin material, de condiția de independență față de caracteristica de dimensiuni etc. Toleranța de formă include netezimea, întinderea, curbura, cilindricitatea, conturul unei linii și conturul unei suprafețe. Toleranța de poziție este asociată cu paralelismul, perpendicularitatea, unghiularitatea, concentricitatea, simetria, poziția reală, abaterea circulară și totală. Toleranțele de formă și poziție sunt folosite pentru determinarea modului de poziționare și de fixare.

Rugozitatea suprafeței și duritatea materialului sunt importante în procesul de proiectare. Considerentele importante pentru definirea rugozității suprafeței includ:

- metoda de modelare (prin tăiere sau nu)
- parametri și valorile lor pentru suprafața (abaterea mediei aritmetice a conturului, înălțimea maximă a conturului etc.
- diferiți factori de control (lungimea mostrei, lungimea de evaluare, răspândirea medie a neregularităților conturului, situarea suprafeței și operațiile mașinii: polizare, strunjire, perforare etc.

- materialul și tratamentul la cald.

Dimensiunile caracterizează relațiile spațiale între două trăsături geometrice. Pentru a descrie o trăsătură, sunt necesare, în general, două tipuri de dimensiuni:

- dimensiunea de formă (lungime, lățime, înălțime și rază)
- dimensiunea de poziție (centru, linie de centrare, origine, axă).

În timp ce o dimensiune de formă aparține, în general, unui singur element de suprafață al unei trăsături, o dimensiune de poziție poate să se raporteze la două sau la mai multe elemente de suprafață.

Definiția atributelor poate fi exprimată în funcție de formatul BNF după cum urmează:

```

<Dimensiune> ::= <Cod tip><Suprafață-1>
                <Suprafață-2>
                <Dimensiune><Tip>
fixare>       <Toleranță>

<Suprafață-i> ::= <CSG-index><B-rep index>

<Toleranță formă> ::= <Cod tip><Toleranță>
                    <Diferite articole>

<Toleranță poziție> ::= <Cod tip><Toleranță>
                       <Sistem date>
                       <Diferite articole>

<Sistem date> ::= <Cod tip><Articole date>

<Articole date> ::= <Suprafață-i>|<Axa-i>|
                  <Punct-k>

<Diferite articole> ::= <MMC><LMC><RFC>

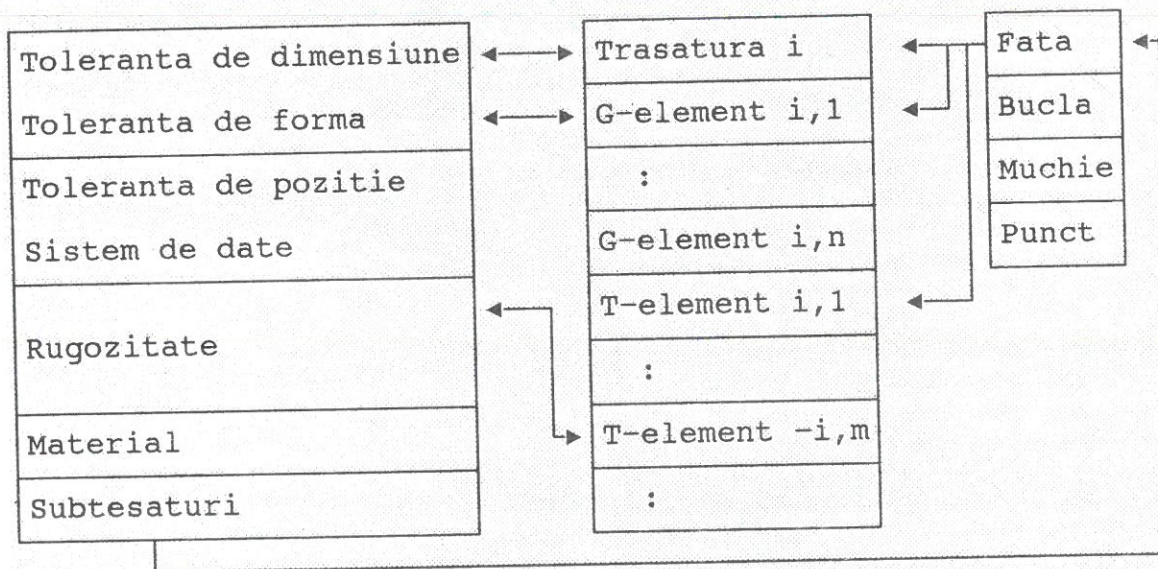
<Rugozitate> ::= <Metodă modelare>
                <Parametri><Diverse>

```

<Material>::=<Nume material><Tip>
 <Parametri><Tratament cald>
 <Duritate><Altele>

Atributele se raportează la modelul CSG prin indexul CSG și, în continuare, la modelul B-rep prin indexul B-rep.

Această relație este rezumată în schema de mai jos.



Această structură de date este modificabilă și aplicabilă definator strategiei de proiectare. Când familia de produse este bine organizată, este aplicată strategia de "proiectare parametrică". Parametrii geometriei și atributele pot fi introduse prin intermediul modelului CSG și pot fi modificate cu ajutorul modelului B-rep. În alte cazuri pot fi aplicate strategiile "proiectare concurrentă" și "proiectare pentru asamblare". Geometria unei piese este proiectată mai întâi folosind modelul CSG. Atributele sunt apoi atașate interactiv geometriei prin intermediul modelului B-rep.

Fiecare trăsătură este asociată cu un plan de prelucrare. Din punctul de vedere al fabricației, anumite forme sunt subordonate altora și de aceea ele sunt tratate ca subtrăsături. De exemplu, șuruburile și mânerele au întotdeauna o suprafață cilindrică și sunt considerate a fi subtrăsături ale suprafeței cilindrice. Utilizatorul este liber să

definească trăsături structurate ierarhic pentru a stăpâni procesele de fabricație complicate.

4.8 Caracteristica de corespondență

Problemele de corespondență dintre definițiile trăsăturilor și aplicații au fost rezolvate aproape cu succes în FSMT. Aceasta furnizează două tipuri majore de corespondență.

4.9 Corespondența în planificarea de proces și programarea NC

Mecanismul de corespondență produce

următoarele corelații:

- funcție - geometrie
- geometrie - plan de subproces
- plan de subproces - procedură NC
- plan de proces - unelte mașină

Prin analiza GT, aceste corelații pot fi coordonate și asociate cu definițiile trăsăturii. Un plan de subproces este o unitate de bază în planul de proces. Fiecare plan de subproces este compus din câteva proceduri NC. Mai întâi, uneltele mașinii și uneltele de tăiere cerute de planul de proces sunt selectate în mod automat sau interactiv, conform cu corelația între mașini și setul de unelte în cazul fiecărei trăsături. După selectarea metodelor de localizare și de fixare, planul de proces al unei piese este obținut prin concatenarea planelor de subproces ale trăsăturilor sale constructive. Procedurile NC ale întregii piese sunt

determinate din procedurile NC asociate cu fiecare plan de subproces. Parametrii operației, cum ar fi toleranța mașinii, viteza burghiului și rata de alimentare, sunt refăcuți din baza de date. În final, după optimizarea secvenței de operații prin intervenția umană, operațiile de tăiere pot fi simulate și fișierul locație de tăiere (CL) poate fi generat concurrent astfel încât planul de proces să poată fi evaluat înainte să fie supus nivelului de vânzare.

Trăsăturile majore din care este compusă piesa sunt bordul de sens, bordul de bază, buzunar, creștătură, gaură de fixare, gaură de susținere, bosaj și țesătură (textură).

Procedurile NC sunt cele de polizare a suprafeței, polizare a buzunarului, polizare a conturului, găurire, sfredelire/ascuțire, tăiere creștătură etc. Pentru articolul "bord de sus", planul de subproces este definit în format BNF după cum urmează:

```
<Bord de sus | plan subproces> := <Centru
    mașină BZ20>
    <Set cuțite><Parametri>
    <Operații>
```

unde:

```
<Operații> := <Polizare finisare rugozitate/
    Polizare suprafață>
    <Polizare semifinisare/
    Polizare suprafață>
```

4.10 Verificarea consistenței

În continuare, sunt abordate ideile principale privind verificarea topologică în FSMT.

4.11 Clasificarea muchiilor

Convexitatea muchiilor trăsăturilor depinde de elementele traiectoriei și de linia generatoare. După generarea unei trăsături prin măturare, fiecare muchie a trăsăturii are un semafor concav/convex.

4.12 Clasificarea buclilor

O buclă concavă este alcătuită din muchii concave. În mod similar, o buclă alcătuită doar din

muchii convexe este cunoscută ca o buclă convexă. Restul sunt bucle mixte.

4.13 Setul buclilor vecine

Dacă două bucle L_i și L_j au o muchie comună, atunci ele se numesc bucle vecine. Dacă fiecare pereche de bucle consecutive din mulțimea $L = \{L_i | i=1,2,\dots,n\}$ sunt bucle vecine și dacă exista m muchii comune, cu $m = n$, atunci L se numește o mulțime continuă de bucle vecine (CNLS). Dacă $m < n$, atunci L este o mulțime de bucle vecine (NLS).

Fie L_i o buclă, astfel încât $L_i = \{E_k | k = 1,2,\dots,n\}$,

unde E este o muchie și fie L un NLS astfel încât

$L = \{L_j | j = 1,2,\dots,m < n\}$. Dacă fiecare L_j este o buclă vecină a lui L_i , atunci L și L_i sunt dependente una de alta. Dacă fiecare E_k este concavă, se spune că buclele sunt concav-dependente (CD). În mod similar, dacă fiecare E_k este convex, se spune că buclele sunt convex-dependente (CVD).

Dacă $m = n$, această dependență este mai departe calificată ca fiind continuă.

Pe baza acestor adnotări, trăsăturile tipice de prelucrare se definesc astfel:

- **Gaură transversală** (de la un capăt la celălalt): dacă două bucle interioare L_i și L_j au o relație CVD cu un CNLS $\{L_k\}$, fețele mărginite de L_i , L_j și $\{L_k\}$ constituie o gaură transversală. Pereții găurii sunt definiți prin $\{L_k\}$.
- **Buzunar sau gaură blindată** (acoperită): dacă L_i este o buclă convexă interioară și L_j este o buclă concavă, L_i are o relație CVD cu o CNLSW $\{L_k\}$ și L_j are o relație CD cu $\{L_k\}$, atunci fețele mărginite de L_i , L_j și $\{L_k\}$ formează un buzunar sau o gaură acoperită. L_j este partea de jos și $\{L_k\}$ formează părțile laterale ale găurii.

Alte tipuri de trăsături de fabricație pot fi definite într-un mod similar. Definiția topologică a trăsăturii este folosită drept criteriu pentru verificarea topologică. Pe durata operațiilor booleene, convexitatea muchiilor este calculată sau modificată în conformitate cu următoarele reguli. Când operațiile booleene sunt aplicate asupra a două corpuri, A și B:

- dacă o muchie este o linie de intersecție dintre A și B, atunci convexitatea sa este interpretată prin produsul vectorial al normelor fețelor adiacente;
- într-o operație "reuniune" sau "produs", dacă o muchie a lui B este o linie neintersectată, atunci convexitatea sa se păstrează
- într-o operație "scădere", dacă o muchie a lui B este o linie neintersectată, atunci convexitatea sa se inversează.

Fezabilitatea instrumentului de modelare solidă a trăsăturii propus a fost pe deplin demonstrată prin experimente cu FSMT.

Arhitectura FSMT a furnizat o bază teoretică și practică solidă pentru tehnologia modelării trăsăturilor dezvoltându-se formalismul de reprezentare integrată a CSG și al reprezentării prin frontiere. Proiectantul creează orice tip de trăsătură folosind metoda unificată, poate construi propria sa bibliotecă de trăsături dedicată anumitor aplicații. Mecanismul unic de corespondență între definiția trăsăturii și aplicație elimină complet recunoașterea de trăsături făcând posibilă integrarea reală dintre CAD și CAM.

Problema consistenței a fost pusă pentru prima dată dezvoltându-se o cale eficientă pentru realizarea acestei verificări. Sistemul prototip al FSMT este supus în continuare îmbunătățirilor.

Bibliografie

1. KUSIAK, A., (ed.): Concurrent Engineering - Automation, Tools and Techniques, John Wiley & Sons, New York, 1993.
2. KRISHNASWAMY, G.: Intelligent Concurrent Engineering Environment. In: *Computers and Industrial Engineering*, Vol.25, No.1-4, 1993, pp. 321-324.
3. DUAN, W., ZHOU, J., LAI, K.: FSMT - A Feature Solid-Modelling Tool for Feature-Based Design and Manufacture, *Computer Aided Design*, Vol.25, No.1, 1993, pp.29-39.
4. BRONSVOORT, W.F., JANSEN, F.W.: Feature Modelling and Conversion-Key Concepts to Concurrent Engineering. In: *Computers in Industry*, Vol.21, No.1, 1993, pp.61-86.
5. DONG, J., PARSALI, H.R., GORNET, T.: Manufacturing Features Extraction and Recognition in Automated Process Planning, Vol.25, No.1-4, 1993, pp.325-328.