

# REPREZENTAREA ȘI TRANSFORMAREA TRĂSĂTURILOR PRIN GRAMATICI DE GRAFURI

mat.: Gabriela Dăncescu

*Institutul de Cercetări în Informatică*

**Rezumat:** Articolul își propune să introducă anumiți termeni conceptuali pentru trăsături și restricții geometrice, să prezinte în detaliu o gramatică de grafuri utilizată pentru reprezentarea și manipularea trăsăturilor și să descrie o strategie de cuplare a analizei sintactice a gramaticii de grafuri cu tehnici bazate pe cunoștințe, pentru transformarea trăsăturilor. Se vor prezenta, de asemenea, și tehnici de rezolvare a restricțiilor și exemple de aplicare a raționamentului bazat pe trăsături în vederea transformării trăsăturilor.

**Cuvinte cheie:** gramatici de grafuri, reprezentare și transformare trăsături, analiza sintactică și semantică în gramatica de grafuri, grafuri de trăsături.

## 1. Introducere

Ingineria concurentă sau simultană a fost recunoscută ca o tehnică esențială pentru colectarea informațiilor de proiectare și de producție. În timpul realizării unui proiect este necesar să fie integrate modele geometrice, instrumente de analiză și de sinteză, precum și cunoștințe specifice unui domeniu, fapt pentru care interesul pentru modelarea bazată pe trăsături a crescut foarte mult. Ca entități de proiectare de înalt nivel, trăsăturile oferă posibilitatea integrării anumitor funcționalități ale unui proiect cu geometria și pot furniza informații pentru a permite comunicarea și înțelegerea domeniului specific, cum ar fi proiectarea, analiza sau producția.

Modelarea bazată pe trăsături este considerată un proces de abstractizare a cunoștințelor pentru organizarea și administrarea datelor unui proiect, fiind un instrument efektiv și eficient pentru proiectarea unui produs.

În continuare, se vor introduce anumiți termeni conceptuali pentru trăsături și restricții geometrice, se va prezenta în detaliu o gramatică de grafuri, utilizată pentru reprezentarea și pentru manipularea trăsăturilor și se va descrie o strategie de cuplare a analizei sintactice a gramaticii de grafuri cu tehnici bazate pe cunoștințe pentru transformarea trăsăturilor. Apoi, vor fi prezentate tehnici de rezolvare a restricțiilor și exemple de aplicare a raționamentului bazat pe trăsături în transformarea trăsăturilor.

Pentru a realiza transformarea trăsăturilor este necesar să se lucreze cu trăsături

geometrice, privite din anumite perspective. Analiza sintactică într-o gramatică de grafuri permite să se utilizeze informația conținută în trăsături și să se propage restricțiile geometrice, folosind în același timp și tehnici bazate pe cunoștințe.

Definițiile trăsăturilor diferă deoarece în cadrul fiecăreia sunt considerate semnificative diferite aspecte.

În cele ce urmează se va considera "trăsătura" ca fiind o abstractizare a unei mulțimi de restricții geometrice și care poate fi asociată cu un anumit context. O *trăsătură funcțională* corespunde unei funcții de îndeplinit. De exemplu, trăsătura funcțională "osie" (shaft) se referă la funcția de transmitere a forței și a mișcării. O *trăsătură de fabricație* corespunde unui proces de prelucrare; de exemplu, trăsătura "gaură" se referă la procesul de găurire.

De cea mai mare importanță în definirea trăsăturii este construcția unei relații între restricțiile geometrice și contextul asociat, relație care să permită derivarea restricțiilor geometrice din contextul asociat.

## 2. Definiții matematice ale restricțiilor geometrice și ale spațiului trăsăturilor

**Definiția 1.** Fiind date  $n$  mulțimi  $S_1, S_2, \dots, S_n$  și o mulțime  $K \neq \emptyset$ , se numește restricție sau constrângere peste mulțimile  $S_1, \dots, S_n$  mulțimea elementelor produsului cartezian  $\delta = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$  care aparțin lui  $K$ .

Cu alte cuvinte, o restricție se poate considera ca fiind o funcție de  $n$  variabile

$$c : S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \rightarrow K$$

Restricția se notează cu  $c(S_1, \dots, S_n)$  sau simplu  $c$ .

**Definiția 2.** Se numește spațiul restricției  $c(S_1, \dots, S_n)$  mulțimea:

$$\Pi_c = K \cap \delta$$

Dacă  $\Pi_c \neq \emptyset$ , atunci se spune că restricția este invalidă.

**Definiția 3.** Fiind dată o mulțime de elemente geometrice

$E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$  și o mulțime nevidă  $K$ , se numește restricție geometrică peste  $E$  și se notează  $c(E)$  o restricție  $c(E_1, \dots, E_n)$ .

Analog, spațiul restricțiilor geometrice se definește ca fiind:

$$\Pi_{c(E)} = K \cap (E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n)$$

Dacă  $n = 2$ , atunci restricția geometrică devine o restricție relațională liniară între două elemente geometrice.

**Definiția 4.** Fiind dată o mulțime de restricții geometrice,  $C = \{c_1, \dots, c_n\}$ , fiecare dintre ele peste o submulțime de elemente geometrice  $E_i \subseteq E$ ,  $i = 1, \dots, n$ , dacă fiecare restricție  $c_i$  determină sau mărginește un spațiu de restricții peste  $E$ , adică  $\Pi_{c_1(E)}, \dots, \Pi_{c_n(E)}$ , atunci se spune că mulțimea de restricții  $C$  definește o trăsătură  $f$  peste mulțimea de elemente geometrice  $E$  dacă:

$$f = \Pi_{c_1(E)} \cap \dots \cap \Pi_{c_n(E)}$$

Dacă  $f = \emptyset$  se spune că trăsătura  $f$  nu există sau este invalidă.

În particular, presupunând că  $f$  reprezintă un solid trebuie satisfăcută condiția  $f \subseteq E^3$ .

Dacă se consideră proprietăți într-un context dat, cum ar fi proiectarea, fabricația, analiza și așa mai departe, există o proprietate  $p$

De multe ori, există o confuzie între trăsăturile evaluate și trăsăturile neevaluate. O trăsătură neevaluată se mai numește și trăsătură intențională sau trăsătură implicită. Trăsătura neevaluată este o abstractizare pentru accesarea corpului ei geometric și include anumite proprietăți definite pentru toate instanțele unui anumit tip de trăsătură. Informația inclusă în trăsătura neevaluată trebuie să permită evaluarea neambiguă. O trăsătură evaluată (adesea numită trăsătură explicită) este o trăsătură cu formă sau geometrie reală. Ea este o colecție de elemente geometrice cum ar fi fețe sau volume și este totdeauna o submulțime a geometriei părților (de exemplu, frontiera sau interiorul). Trăsăturile evaluate sunt adesea referite ca trăsături de suprafață sau trăsături de volum. Integrarea celor două tipuri de trăsături este importantă, dar uneori dificilă datorită faptului că nu există o corespondență unică între trăsăturile de suprafață și cele de volum.

După cum se vede în figura 1, în cazul în care trăsătura "gaură cilindrică" este utilizată în modelul unei componente, geometria sa evaluată poate fi diferită.

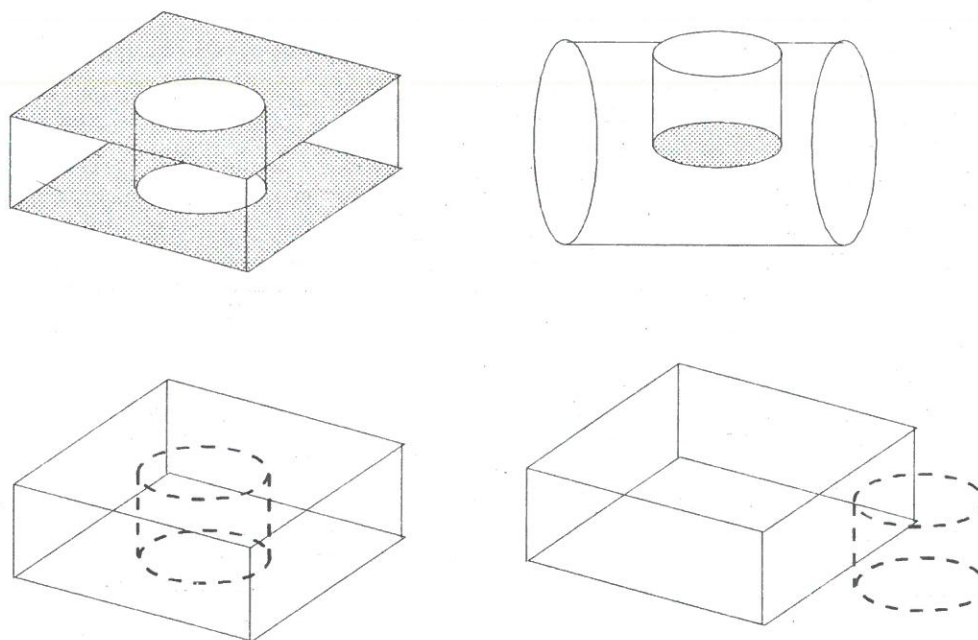


Figura 1. Trăsătura "gaură" cilindrică și modelele sale geometrice

pentru  $f$ , așa încât:

$$(p, f) = \{C_d, C_m, C_a, \dots\}$$

unde  $C_d$ ,  $C_m$ ,  $C_a, \dots$  reprezintă respectiv cunoștințe sau domenii conceptuale corespunzătoare proiectării, fabricației, analizei etc.

Utilizând explicit restricțiile geometrice într-o definiție simbolică a trăsăturilor, se poate realiza o asociere strânsă între trăsăturile evaluate și cele neevaluate. Această asociere este utilă pentru raționamentul bazat pe trăsături și evaluarea geometrică a trăsăturilor. Pentru a considera integrarea dintre trăsături și modelele geometrice, domeniul restricțiilor geometrice, asociate modelelor geometrice se restrânge. Deoarece se utilizează modelare solidă 3D,

dominante sunt geometria solidă constructivă și reprezentarea prin frontiere; de aceea, restricțiile care se utilizează pot fi împărțite în:

(a) - primitive geometrice (sau elemente) care includ primitivele solidului, semispații, suprafețe și linii. Aceste primitive formează o mulțime canonică de entități geometrice de bază, care sunt utilizate pentru a defini geometria și topologia trăsăturilor;

(b) - restricții topologice (fața..., muchia convexă) numite T-restricții - care sunt utile pentru raționamente geometrice; se observă că, deși relația de convexitate sau concavitate reflectă o proprietate geometrică, ea este totuși un tip de entitate topologică; termenul de A-restricții (restricții abstracte) este utilizat pentru a numi acele restricții care reprezintă relații topologice între trăsături și structurile lor topologice (de exemplu, top-of, open-of);

(c) - restricții relaționale spațiale (sau geometrice) între elementele geometrice, de obicei două elemente cum ar fi coplanaritate, distanță, unghi numite G-restricții; acestea pot fi adesea utilizate pentru a preciza caracteristicile proiectului.

(d) - parametri ai primitivelor geometrice și relațiilor geometrice.

Termenul R-restricție este utilizat pentru a cuprinde toate restricțiile menționate mai sus, cu excepția

A-restricțiilor, adică:

$$R\_restricții = (T\_restricții - A\_restricții) + G\_restricții$$

### 3. Reprezentarea trăsăturilor

După cum s-a mai arătat, o trăsătură se definește ca o abstractizare de restricții geometrice, iar reprezentarea ei devine o rețea de restricții. În cele ce urmează, se va descrie o reprezentare bazată pe grafuri a trăsăturilor a restricțiilor geometrice și a gramaticilor asociate.

**Definiția 5.** Fie  $f$  o trăsătură a cărei structură poate fi exprimată ca o mulțime de primitive geometrice

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  și fie  $C = \{c_{g,k}, \dots, c_{k,l}\}$  mulțimea de restricții relaționale între primitivele geometrice. Graful restricțiilor, notat  $g(f) = (V, A)$ , este graful având mulțimea vârfurilor  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ , astfel încât există o corespondență

biunivocă cu mulțimea  $P$  și având mulțimea muchiilor

$$A = \{A_{g,h}, \dots, A_{k,l}\},$$

astfel încât există o corespondență biunivocă cu mulțimea  $C$ , unde  $A_{g,h}$  reprezintă o muchie între vârfurile  $V_g$  și  $V_h$ .

**Definiția 6.** Fie  $d$  un proiect care are o mulțime de trăsături  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ ; fie  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  o mulțime de primitive geometrice care formează structura topologică a trăsăturilor din  $F$ ; fie  $C^r = \{c_{g,h}^r, \dots, c_{k,l}^r\}$  o mulțime de restricții relaționale (R-restricții între elementele mulțimii  $P$ , fie  $C^t = \{c_{g,h}^t, \dots, c_{k,l}^t\}$  o mulțime de restricții topologice abstracte (A-restricții) între trăsăturile din  $F$  și structurile lor topologice din  $P$ . Graful trăsăturilor lui  $d$ , notat  $g(d) = (V, A)$  este graful care are mulțimea nodurilor

$$V = \{V_1, \dots, V_{n+m}\},$$

astfel încât există o corespondență biunivocă cu  $F \cup P$ , și mulțimea muchiilor  $A = \{A_{g,h}, \dots, A_{k,l}\}$  astfel încât există o corespondență biunivocă cu  $C^r \cup C^t$ , (unde  $A_{g,h}$  este muchie între vârfurile  $V_g$  și  $V_h$ ) în care, dacă o muchie  $A_{g,h}$  este adiacentă unui nod  $V_i \in F$ , atunci  $A_{g,h} \in C^t$ .

Conform definițiilor anterioare, o structură de graf este utilizată pentru a reprezenta mulțimea restricțiilor geometrice, în care nodurile reprezintă primitive geometrice (de exemplu, primitive solide sau suprafețe), iar o legătură reprezintă o restricție între primitive, cum ar fi distanța sau unghiul. De exemplu, figura 2 conține o piesă și reprezentarea corespunzătoare a restricțiilor.

Avantajul reprezentării pe graf pentru o rețea de restricții este acela că, atât restricțiile calitative, cât și cele cantitative pot fi reprezentate împreună. Mai mult, o abstractizare a informației poate fi atașată și legăturilor. De exemplu, o suprafață cilindrică poate include ca informație raza sa. Distanța poate fi atașată ca parametru. În particular, un element abstract poate fi el însuși reprezentat printr-un graf.

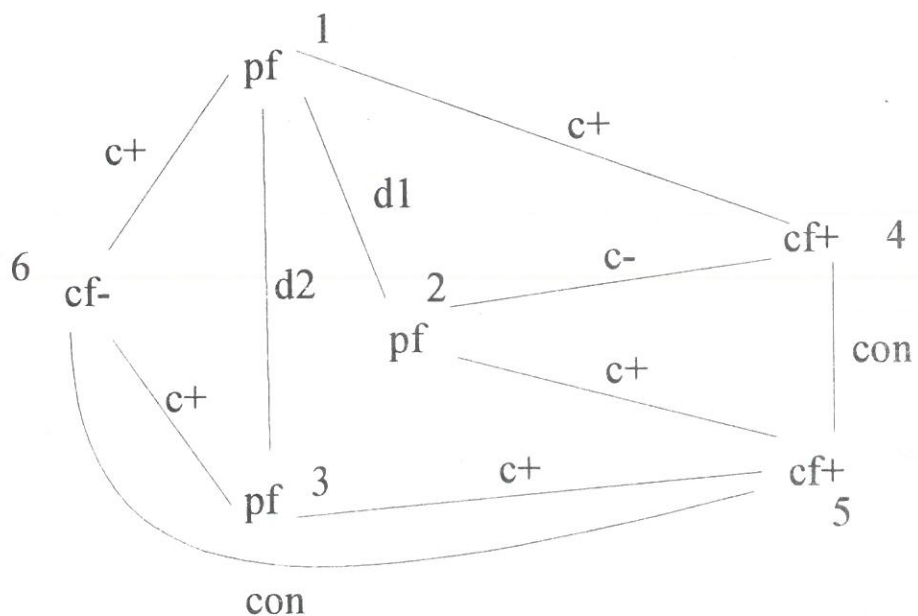
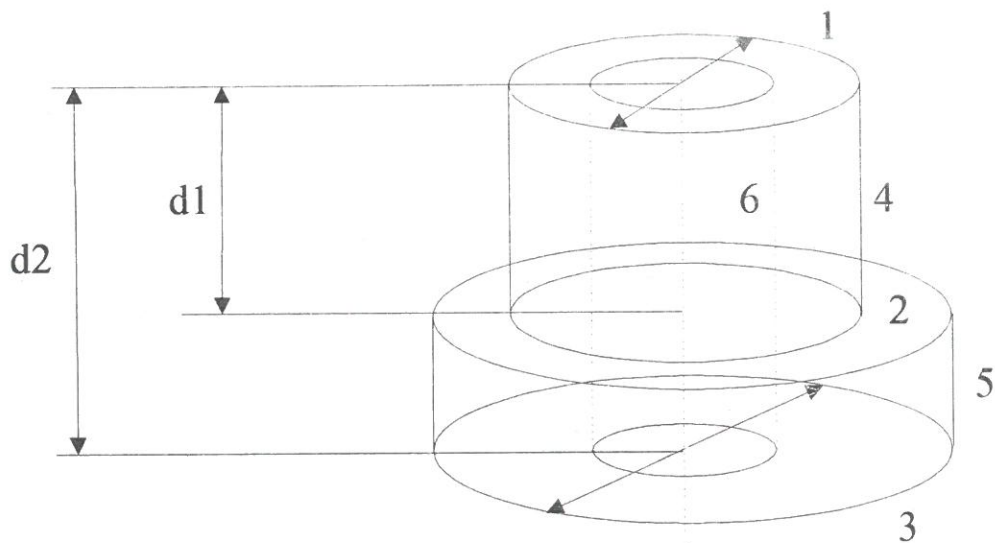


Figura 2. O trăsătură și reprezentarea ei

pf - se referă la suprafața planară;

cf+ și, respectiv, cf- - denumesc suprafețe cilindrice externe și interne;

"con" - exprimă concentricitate;

d - distanța.

O trăsătură *thrhole* poate fi identificată și reprezentată printr-un graf care este subgraf al grafului de proiectare (al piesei).

Fiind dată o restricție de tip relație binară  $c_{ij}$  între două primitive geometrice  $p_i$  și  $p_j$ , se presupune că  $c_{ij} = c_{ji}$ .

Introducând trăsăturile ca entități abstracte în reprezentarea unui proiect, rețeaua de

restricții poate fi utilizată explicit pentru a reprezenta trăsăturile și relațiile dintre ele. De exemplu, dacă se introduce trăsătura *thrhole* ca o entitate abstractă, atunci graful corespunzător poate fi modificat. Astfel, o reprezentare bazată numai pe restricții poate fi transformată într-o reprezentare bazată pe restricții și pe trăsături. În plus, abstractizările succesive sunt posibile până când sunt extrase toate trăsăturile. Rezultatul final poate fi văzut ca un graf de trăsături care este o formă particulară a rețelei de restricții ale piesei. Într-un astfel de graf de trăsături, nodurile pot conține informații despre trăsături și structurile lor topologice (cum ar fi suprafețele de frontieră), în timp ce arcele conțin informații despre relațiile dintre trăsături.

Considerând un graf de trăsături  $g(d)$  pentru o anumită piesă, esențial este să se verifice dacă acesta definește un obiect tridimensional

valid (adică să se verifice dacă definește un model de trăsături valid). Această verificare nu este simplă, necesitând cunoașterea tuturor cazurilor posibile. Totuși, numărul cazurilor grafurilor de trăsături este adesea infinit. De aceea, descrierea trebuie să exprime clase de piese și nu numai instanțe ale acestora, permițând caracterizarea unui număr infinit de cazuri printr-un număr finit de funcții. Această descriere este în conformitate cu formalismul unui limbaj care poate fi descris utilizând o gramatică adecvată.

#### 4. Gramatica de grafuri de trăsături

Un graf de trăsături este utilizat pentru a reprezenta o piesă, iar o trăsătură poate fi reprezentată printr-o mulțime de restricții. O trăsătură este un subgraf al grafului piesei și se poate determina prin analiza semantică a structurii grafului dat. În cele ce urmează, va fi prezentată o gramatică de grafuri formală, generată pentru a reprezenta și manipula trăsăturile și restricțiile geometrice și limbajul de grafuri asociat, bazat pe reprezentarea pe grafuri discutată anterior. **Gramatica de grafuri** este o clasă de gramatici care operează cu structuri de grafuri. Gramatica de grafuri de trăsături propusă include o mulțime de reguli de rescriere a grafului (producții) pentru a genera o clasă de trăsături, și de producții pentru manipularea relațiilor între trăsăturile utilizate în satisfacerea restricțiilor.

Caracteristicile de bază distinctive în clasa gramaticilor de grafuri sunt următoarele:

- structura grafului
- transformările incapsulate (care determină rescrierea unui graf prin construcție incapsulată și verifică condiția de rescriere).

În gramatica de grafuri de trăsături propusă, nodurile și legăturile sunt etichetate.

Într-o gramatică de grafuri, o producție este definită ca o pereche de grafuri formată din membrul stâng (LHS) și membrul drept (RHS) împreună cu punctele de asamblare  $K$  din LHS și RHS care sunt aflate în corespondență biunivocă. Un proces de rescriere a grafului se referă la o operație de înlocuire a grafului din membrul stâng în membrul drept sau invers. Astfel, o regulă de rescriere de grafuri (producție) poate fi formal definită ca un quadruplu:  $p = (g_l, g_r, K, E)$ , unde  $g_l, g_r$  reprezintă respectiv grafurile din membrul stâng și membrul drept;  $K$  este o mulțime de puncte de asamblare care se referă la două mulțimi de noduri, aflate în corespondență biunivocă în  $g_l$  și  $g_r$ ;  $E$  este construcția incapsulată, care

înlocuiește pe  $g_l$  din graful gazdă, exceptând punctele de asamblare din  $K$ , și care assemblează pe  $g_r$  la graful gazdă.

**Definiția 7:** Fiind dată o mulțime de trăsături

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  numită vocabular de trăsături și considerând un graf de restricții  $g(f_i)$  pentru toți  $f_i \in F$ , atunci gramatica de grafuri de trăsături poate fi denumită ca un quadruplu:

$$G = (N, T, P, S)$$

unde:

$T = (T_v, T_e)$  este vocabularul de noduri terminale și legături incluzând fețe, linii, restricții cum ar fi distanța și unghiul;

$N = (N_v, N_e)$  este vocabularul de noduri neterminale și de legături incluzând trăsături și relații abstracte, cum ar fi pattern-ul sau asemănarea;

$P$  - mulțime finită de producții de rescriere a grafului;

$S$  - simbolurile de start;  $S$  este adesea o submulțime a lui  $N_v$  și poate fi dependentă de domeniul de aplicație.

Definiția de mai sus determină o gramatică de grafuri pentru o mulțime de trăsături  $F$  care generează o clasă de grafuri de trăsături în cadrul limbajului de grafuri asociat. Mulțimi diferite de trăsături necesită gramatici de grafuri distincte și pot fi generate prin derivări de grafuri în cadrul gramaticii. Gramatica de grafuri înlocuiește subgrafuri din grafuri cu alte grafuri corespunzătoare producției și incapsulărilor de asamblare care specifică în ce mod graful substituent se conectează la graful original. Gramatica poate fi utilizată pentru a genera o clasă de reprezentări de trăsături, prin care se înlocuiește un număr infinit de grafuri în limbajul definit cu o mulțime finită de simboluri și producții.

#### 5. Alfabetul gramaticii de grafuri de trăsături

Alfabetul (vocabularul de terminale și neterminale) al unei gramatici determină o mulțime canonică de simboluri prin care toate propozițiile de grafuri pot fi construite în limbajul grafului.

Alfabetul gramaticii de grafuri de trăsături este prezentat în continuare.

$T_v$  - suprafețe;

suprafețe = {pfață, excfață, incfață, extfață, intfață};

$T_e = \{G\_restricții, T\_restricții\}$ ;

$G\_restricții = \{distanța, coplanar1, coplanar0, coaxial, perpendicular, unghi, tangentă\}$ ;

$T\_restricții = \{OF, muchie convexă, muchie concavă\}$ ;

$OF = \{latura\_a, vârful\_a\}$ ;

$N_e =$  mulțimea vidă;

$N_v = \{primitivele\_solidului, boss, trăsături\ de fabricație\}$ ;

primitive solide = {bloc, cilindru};

trăsături de fabricație = {gaură, șanț, buzunar, urmă, teșitură}.

Considerând gramatica de grafuri de trăsături studiată, este necesară transformarea între diferite mulțimi de trăsături, cum ar fi trăsături de proiectare și trăsături de fabricație. Diferitele mulțimi de trăsături pot fi reprezentate prin diferite gramatici de grafuri de trăsături. Anumite trăsături de fabricație pot fi utilizate pentru a exprima unele intenții de proiectare; mai mult, trăsături de tip formă (cum ar fi bloc sau cilindru) pot fi utilizate ca trăsături de fabricație. Pentru ambele categorii, grafurile de restricții sunt bazate pe aceleași mulțimi de primitive geometrice și restricții, astfel încât vocabularul terminal să fie același.

## 6. Construcția producțiilor de grafuri

În gramatica de grafuri de trăsături, există trei tipuri de producții de grafuri. Primul tip este utilizat pentru generarea trăsăturilor noi, al doilea este utilizat pentru propagarea trăsăturilor asociate modelului, iar al treilea tip este utilizat pentru testarea relațiilor dintre trăsături, a relațiilor cu structurile lor topologice și încapsularea anumitor proprietăți geometrice axiomatice.

Pentru construcția unei producții de grafuri trebuie să se țină cont de următorii factori:

- enumerarea reprezentărilor de trăsături necesare pentru obținerea, atât a trăsăturilor generale, cât și a trăsăturilor specifice
- captarea regulilor și a restricțiilor specifice domeniului.

## Alegerea și semantica grafurilor inițiale

Grafurile inițiale sau simbolurile de start trebuie să exprime forme canonice de reprezentare din care să poată fi generate toate propozițiile din limbajul grafului. Deoarece graful de trăsături este utilizat pentru a reprezenta o componentă a piesei, una din condițiile necesare este aceea ca el să reprezinte un solid rigid și o topologie completă. De asemenea, grafurile inițiale trebuie să aibă o formă cât mai simplă astfel încât o gramatică de grafuri să poată fi ușor generată. Pentru reprezentarea trăsăturilor geometrice pure, grafurile inițiale sunt alese în cadrul trăsăturilor individuale și al primitivelor geometrice numai dacă acestea pot reprezenta singure un solid. Când se construiește o gramatică de grafuri de trăsături pentru reprezentarea modelelor de trăsături de prelucrare un factor adițional îl constituie restricțiile de prelucrare.

Similar, când se construiește o gramatică de grafuri de trăsături pentru reprezentarea modelelor de trăsături de prelucrare, un factor adițional îl constituie restricțiile de prelucrare. De fapt, toate trăsăturile de prelucrare conțin volume negative, care nu sunt valide, deci ele nu pot fi grafuri inițiale. Grafurile inițiale pot fi numai grafuri de trăsături pentru piesa brută sau pot fi piese intermediare, dacă acestea pot fi obținute. Alegerea pieselor intermediare ca grafuri inițiale va complica însă cu certitudine generarea gramaticii de grafuri de trăsături. Pentru exemplul ales, piesa brută este un graf inițial reprezentat prin primitivele bloc și cilindru.

## 7. Analiza sintactică în gramatica de grafuri

Analiza sintactică în gramatica de grafuri este un proces de rescriere a grafului prin încapsularea transformării conținute în producțiile de rescriere. Analiza sintactică presupune căutări recursive și înlocuiri de grafuri. Există două tipuri de procese de analiză sintactică dependente de derivările în graf: analiza sintactică "top-down" și analiza sintactică "bottom-up".

Analiza sintactică "top-down" se referă la un proces de analiză care începe de la un simbol de start (inițial) în jos până la graful scop și corespunde procesului de rescriere de la membrul stâng (LHS) la membrul drept (RHS) utilizând producțiile.

Analiza sintactică "bottom-up" se referă la un proces de analiză care pornește de la graful scop către simbolul de start.

În raționamentul asupra trăsăturilor este utilizată atât analiza sintactică top-down cât și analiza bottom-up. În particular, ambele procese sunt utilizate atunci când o mulțime de trăsături este translatată într-o altă mulțime de trăsături: de exemplu, atunci când trăsăturile de proiectare trebuie să fie transformate în trăsături de fabricație. Studiul inițial utilizează analiza sintactică top-down pentru a deriva graful de restricții geometrice de nivel scăzut, iar următoarea etapă utilizează analiza sintactică bottom-up pentru a raționa despre trăsăturile de fabricație.

Există anumite producții de grafuri care corespund unor transformări simple în cadrul rețelei de restricții și astfel se asociază direct cu operații geometrice simple. Totuși, pentru cele mai multe producții de grafuri, complexitatea propagării restricțiilor poate necesita un număr mic de operații care se completează cu un set de reguli sau proceduri. În particular, construcția regulilor și a procedurilor este necesară pentru specificarea setului necesar de operații. Determinarea exactă a mulțimii de operații presupune, în exemplul ales, determinarea feței cilindricului pe care este poziționată gaura, extragând diametrul cilindricului. În plus, regula asociată include verificarea restricției dimensionale pentru a satisface validitatea trăsăturii, de exemplu să se verifice dacă diametrul găurii este mai mare decât diametrul cilindricului, dacă adâncimea găurii este suficient de mare pentru a deveni "thrhole" și așa mai departe.

## 8. Derivarea trăsăturilor de prelucrare

Raționamentul asupra trăsăturilor are drept scop determinarea sau deducerea proprietăților trăsăturilor sau a parametrilor prin utilizarea potrivită a regulilor de inferență și furnizarea unei căi de transformare a trăsăturilor.

O derivare în graful de trăsături reprezintă o formă de model transformabil care este bazat pe o secvență de producții în graf. Când aceste derivări de grafuri sunt asociate la anumite mulțimi de trăsături, se obține o transformare a mulțimilor de trăsături.

Fiind dat un model de trăsături de proiectare pentru o piesă, o problemă importantă care se pune este aceea de a deriva o mulțime de trăsături de proiectare, adică de a găsi o descompunere alternativă a trăsăturilor. Această derivare a trăsăturilor necesită în mod normal utilizarea ambelor derivări "bottom-up" și "top-

down" și apoi generarea unui set complet de trăsături de proiectare.

## 9. Conversia între reprezentările trăsăturilor

Folosind gramatica de grafuri de trăsături, o reprezentare de grafuri poate fi transformată într-o altă reprezentare de grafuri. În particular, o transformare a trăsăturilor de suprafață în trăsături de volum este un exemplu de conversie între reprezentări de grafuri.

Deși raționamentul cu trăsături utilizat se bazează pe gramatica de grafuri de trăsături, el necesită trei reprezentări de bază ale trăsăturilor: reprezentarea pe grafuri, reprezentarea parametrică a obiectului și reprezentarea CSG. Satisfacerea restricțiilor referitoare la raționamentul asupra trăsăturilor constă în transformarea unei reprezentări pe grafuri într-o reprezentare parametrică a obiectului și apoi, în final, într-un arbore CSG. Pe de altă parte, prin intermediul regulilor și al procedurilor corespunzătoare; asociate producțiilor din graf, informația conținută în reprezentarea obiectului trăsătură poate fi extrasă și transformată într-o trăsătură a grafului asociat.

Caracteristicile abordării propuse pentru raționamentul bazat pe trăsături pot fi rezumate după cum urmează:

- gramatica de grafuri de trăsături se bazează pe o reprezentare care ține cont de restricții geometrice și utilizează anumite structuri topologice (cum ar fi muchiile de intersecție convexe sau concave);
- în gramatica de grafuri sunt cuprinse și restricțiile geometrice. Ele pot fi reprezentate ca simboluri terminale (de exemplu distanța sau coplanaritatea) sau ca simboluri neterminale (cum ar fi o trăsătură de nivel înalt);
- gramatica de grafuri implică informații pentru satisfacerea restricțiilor, fiind utilizată pentru propagarea restricțiilor prin incorporarea în analiza sintactică a tehnicilor bazate pe cunoștințe.

## Bibliografie

1. CUTKOSKY, M., ENGELMORE, R.S., FIKES, R.E.: PACT: An Experiment in

Integrating Concurrent Engineering Systems. In: *IEE*, No.1, 1993, pp.28-38.

2. MEERAN, S., PRATT, M.J.: Automated Feature Recognition from 2D Drawings. In: *Computer Aided Design*, Vol.25, No.1, 1993, pp.7-17.

3. QIAO, L.H., ZHANG, C., LIU, T.H., BEN WANG, H.P., FISHER, G.W.: A PDES/STEP-Based Product Data Preparation Procedure for Computer-Aided Process Planning. In: *Computers in Industry*, Vol.21, No.1, 1993, pp.11-22.

4. REDDY, R., SRINIVASK, Y.V.: Computer Support for Concurrent Engineering. In: *IEE*, No.1, 1993, pp.12-16.

5. WOLFE, R.N., WESLEY, M.A.: Solid Modelling for Production Design. In: *IBM Journal of R&D*, Vol.31, No.3, 1987, pp. 277-294.