

Extrahovanie prvkov z CAD dát

Peter Pokorný, doc.,Ing.,PhD., Vladimír Šimna, Ing. STU MTF so sídlom v Trnave, Bottova 25, 917 01 Trnava, SR. peter_pokorny@stuba.sk, vladimir_simna@stuba.sk

V tomto príspevku je popísané extrahovanie prvkov z CAD dát. Samotná extrakcia prvkov má veľký význam z pohľadu CAPP systémov a následnej klasifikácie súčiastok. Pri klasifikácii súčiastok z rôznych hľadísk je potrebné mať informácie o prvkoch, z ktorých je súčiastka zložená. S využitím informácií o typoch, počte, rozmeroch a orientácii prvkov môžeme súčiastku následne klasifikovať. Ako vstupný CAD formát bude slúžiť súborový formát STEP, ktorý svojou štruktúrou najviac vyhovuje spracovaniu. Ako nástroj na extrahovanie prvkov bude slúžiť programovací jazyk C# 2008 s využitím princípov objektovo orientovaného programovania.

↔ Klúčové slová: CAD dáta, Entita, Extrakcia

Úvod

CAPP (Computer Aided Process Planning) – systémy podporujúce tvorbu technologickej dokumentácie na základe konštrukčnej (najčastejšie CAD) dokumentácie. Technologická dokumentácia určuje strojné zariadenia, prípravky, nástroje a meradlá pre výrobu a tiež stanovuje technologické podmienky, za akých sa bude súčiastka zhotovovať (pre technológie obrábania to sú rezné podmienky). Výstupy sú ďalej spracovávané PPS a CAM systémami, môžu však byť aj konečnými podkladmi pre výrobu (napr. slovný, obrázkový, resp. kombinovaný technologický postup). K najznámejším CAPP systémom patrí SYSKLASS. [1]

Variantný prístup je založený na myšlienke podobnosti technologických postupov pre podobné súčiastky. Využíva sa princíp skupinovej technológie pre plánovacie činnosti. Počítač je využitý na identifikáciu podobných súčiastok (z hľadiska geometrie, technológie, materiálu, tepelného spracovania a pod.) a na editáciu existujúcej technologickej dokumentácie. Súčiastky s podobnými vlastnosťami (geometrické, technologické a pod.) sa zatrieďujú do skupín, v rámci ktorých majú súčiastky podobné charakteristiky. Každá skupina má svojho predstaviteľa a zodpovedajúci technologický postup. Súčiastky sa zatrieďujú do skupín vizuálne pomocou grafických klasifikačných systémov alebo výpočtovo porovnávaním kódových modelov súčiastky. Kódový model sa v literatúre označuje ako GT (Group Technology) kód respektíve klasifikačný, triediaci kód. Súčiastka je GT kódom nejednoznačne opísaná na základe charakteristických znakov a atribútov. Výber vhodného predstaviteľa pre novú súčiastku sa uskutoční porovnávaním GT kódu novej súčiastky a GT kódov jednotlivých predstaviteľov. Jeden z prvých krokov pri aplikácii skupinovej technológie je zoskupovanie podobných súčiastok do skupín. Geometrická klasifikácia vychádza z rozmerov a tvaru súčiastky, kým technologická klasifikácia vychádza z počtu a poradia operácií. Správna klasifikácia súčiastok do jednotlivých skupín je základným kľúčom k úspešnej implementácii skupinovej technológie.[2]

CAPP je považovaný za spojenie počítačovej podpory návrhu (CAD) a počítačovej podpory výroby (CAM). Jeden z najdôležitejších aspektov CAPP systémov je automatické extrahovanie prvkov, čo je procedúra, ktorá podporuje automatické generovanie technologických postupov.[3]

Pre transformáciu modelov vznikli neutrálne formáty, ktoré sú schopné prenášať ako údaje opisujúce výkresy (2D geometrické údaje, modely, texty atď.), tak tiež údaje o geometrickom modeli súčiastky (3D objemové modely). Vznikol celý rad definícií dátových rozhraní pre výmenu grafických dát. Sú to rozhrania medzi aplikačným programom a grafickým systémom a rozhrania medzi jednotlivými CA systémami.[8]

1. Štruktúra formátu STEP

Súbor STEP sa skladá z dvoch hlavných sekcií a to HEADER a DATA (obr. 1), pričom každá z týchto sekcií obsahuje ďalšie informácie o modeli. Sekcia HEADER má fixnú štruktúru pozostávajúcu z troch až šiestich skupín. Časť DATA obsahuje aplikačné dáta.

Časť HEADER má nasledovné členenie:

- Popis súboru
- Názov súboru
- Schéma súboru
- Obsadenie súboru
- Jazyk sekcie
- Kontext sekcie

Časť DATA má nasledovné členenie:

- Názov inštancie
- Inštancia dátových typov jednotlivých entít
- Inštancia dátových typov zložitých entít
- Zobrazenie atribútov hodnôt
- Zobrazenie iných dátových typov

Súčasťou popisu súboru je aj údaj o implementačnej úrovni, ktorý môže nadobúdať rôzne hodnoty. Označenie 1 indikuje, že súbor je v súlade so štandardom z roku 1994, označenie 2 platí pre súbor, ktorý je v súlade s korekciou z roku 1995 a hodnota 3 platí pre verziu 2.0. Posledné tri časti sekcie HEADER sú uvádzané len pre súbory, ktoré sú v súlade s verziou 2.0.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION (( 'STEP AP214' ),
  '1' );
FILE_NAME ( 'Model.STEP',
  '2010-12-09T10:27:33',
  ( 'Vladimír Šimna' ),
  ( ' ' ),
  'SWSTEP 2.0',
  'Solidworks 2009',
  ' ' );
FILE_SCHEMA (( 'AUTOMOTIVE_DESIGN' ));
ENDSEC;

DATA;
#1 = ADVANCED_BREP_SHAPE_REPRESENTATION ( 'Model', ( #4, #258 ), #49 );
#2 = UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT ( LENGTH_MEASURE( 1.00000000000000100E-005 ), #145, 'distance_accuracy_value', 'NONE' );
#3 = UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT ( LENGTH_MEASURE( 1.00000000000000100E-005 ), #182, 'distance_accuracy_value', 'NONE' );
#4 = MANIFOLD_SOLID_BREP ( 'NONE', #36 );
#5 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #235, .F. );
#6 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #247, .F. );
#7 = SHAPE_DEFINITION_REPRESENTATION ( #104, #1 );
#8 = ( GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT ( 3 ) GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED_CONTEXT ( ( #2 ) )
GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT ( ( #145, #177, #135 ) ) REPRESENTATION_CONTEXT ( 'NONE', 'WORKSPACE' ) );
#9 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #242, .F. );
#10 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #239, .F. );
#11 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #254, .F. );
#12 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #228, .T. );
#13 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #230, .T. );
#14 = FACE_OUTER_BOUND ( 'NONE', #77, .T. );
#15 = CYLINDRICAL_SURFACE ( 'NONE', #255, 10.00000000000000200 );
#16 = FACE_BOUND ( 'NONE', #71, .T. );

:
:
:
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```

Obr. 1 Príklad časti súboru STEP
Fig. 1 Example of part of STEP file

Na obr.1 je zobrazená možná štruktúra dát, ktoré sa nachádzajú v STEP súbore. Táto štruktúra sa môže líšiť podľa toho, aké prvky sa na modeli nachádzajú a aké sú medzi nimi väzby.

2. Predchádzajúce riešenia zaoberajúce sa extrahovaním prvkov z CAD dát

N. Ismail et al. [4] vyvinul systém, ktorý extrahuje prvky z vloženého STEP súboru. Proces extrahovania je rozdelený do dvoch fáz. V prvej fáze sa zo STEP súboru získavajú len geometrické dáta, ktoré medzi sebou nemajú žiadnu väzbu. V druhej fáze sa tieto dáta použijú na rozpoznanie prvkov, ktoré sa nachádzajú na súčiastke. Systém bol schopný extrahovať a následne popísať iba cylindrické plochy.

Toug Yifei et al. [5] zhotovil systém, ktorý pre extrahovanie prvkov používa pravidlá. Pre každý prvok tak musia byť definované predpisy a podľa týchto predpisov sa jednotlivé prvky rozoznávajú. Systém je navrhnutý tak, aby podporoval integráciu CAD a CAPP systémov.

P. Arunkumar et al. [6] vytvoril mechanizmus, kde sa jednoduché prvky rozoznávajú pomocou tzv. teórie troch hrán, ktorá je založená na tom, že každá hrana nejakého elementu je spojená s ďalšou hranou nasledujúceho elementu. Pri zložitejších tvaroch prvkov bol pridaný tzv. test continuity C-0, ktorý je založený na tom, že koncový bod prvej entity je počiatočným bodom druhej entity a koncový bod druhej entity je počiatočným bodom tretej entity atď.

3. Spracovanie CAD dát vo formáte STEP

Spracovanie CAD dát prebieha v jednotlivých fázach, pričom cieľom je získať potrebné dáta a relácie, ktoré sa nachádzajú medzi jednotlivými entitami. Všetky dáta sú uložené v relačnom databázovom systéme, čo zaisťuje integritu pôvodných dát a práca s takto získanými údajmi je jednoduchšia a flexibilnejšia vzhľadom na použitie SQL (Structured Query Language) príkazov. Ako databázový systém bol použitý relačný databázový systém MySQL vo verzii 5.0 .




Obr.2 Spracovanie CAD dát
Fig. 2 Processing of CAD data

Súbor, ktorý je vložený do systému nie je žiadnym spôsobom upravený. Vzhľadom na to, že v takejto podobe by sa dáta obtiažne vyhľadávali a spracovávali, vytvorí sa nový súbor, v ktorom sú uložené iba dáta, ktoré sa nachádzajú v sekcii DATA v STEP súbore. Nasledujúcou fázou je vyhľadanie riadkov, ktoré obsahujú kľúčové slová a následné separovanie a získavanie hodnôt, ktoré sa v tomto riadku nachádzajú. Ako príklad môže poslúžiť situácia na obr. 3. Metóda *cartesian_point* prijíma jeden povinný vstupný parameter a to text riadku, v ktorom je umiestnená definícia bodu v priestore. Návratová hodnota tejto metódy je pole s veľkosťou 3 prvky v ktorom sú uložené súradnice daného bodu. Z príkladu je tiež zřejmé, že na získanie potrebných dát z riadku, v ktorom je umiestnená definícia DIRECTION je možné použiť metódu, ktorá vznikne preťažením metódy *cartesian_point*. Obdobným spôsobom je upravený každý riadok, v ktorom sa nachádzajú kľúčové slová.

```
public string[] cartesian_point(string vstupny_text)
{
    char trimchar = '#';
    string docasna_hodnota;

    docasna_hodnota = vstupny_text.Replace(" )", "");
    docasna_hodnota = docasna_hodnota.Replace("(", "");
    docasna_hodnota = docasna_hodnota.Trim(trimchar);
    string[] rozlozene_pole = new string[4];
    rozlozene_pole = docasna_hodnota.Split(',');
    string[] cartesian_point = new string[3];
    for (int i = 0; i <= 2; i++)
    {
        cartesian_point[i] = rozlozene_pole[i + 1];
    }
    return cartesian_point;
}
```



```
#185 = CARTESIAN_POINT ( 'NONE', ( 15.0, 20.0, 5.0 ) );
#186 = CARTESIAN_POINT ( 'NONE', ( 0.0, 0.0, 10.0 ) );
#187 = CARTESIAN_POINT ( 'NONE', ( 80.0, 0.0, 10.0 ) );
#188 = DIRECTION ( 'NONE', ( 0.0, 0.0, 1.0 ) );
#189 = DIRECTION ( 'NONE', ( 1.0, 0.0, 0.0 ) );
```

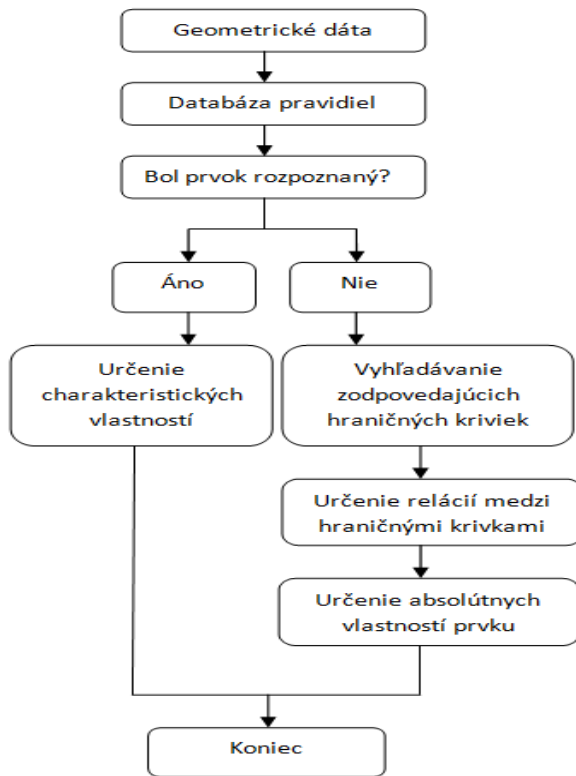
Obr.3 Príklad separovania a následného získavania hodnôt
Fig. 3 Example of separation and subsequent acquisition values

Takto upravené dáta je už možné vložiť do databázového systému. Vzhľadom na to, že dáta, ktoré boli vložené nemajú definované relácie, je potrebné vytvorenie relačnej tabuľky, ktorá popisuje vzťahy medzi jednotlivými entitami.

4. Metodika pre extrahovanie prvkov

Proces extrahovania prvkov je znázornený na Obr.4 . Zo schémy je zřejmé, že prvky, ktoré sa nachádzajú na modeli môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- Prvky, pre ktoré sú definované pravidlá
- Prvky, pre ktoré nie sú definované pravidlá

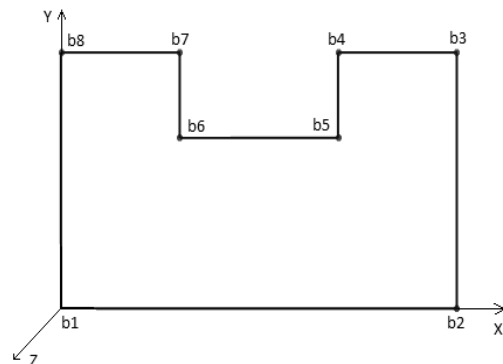
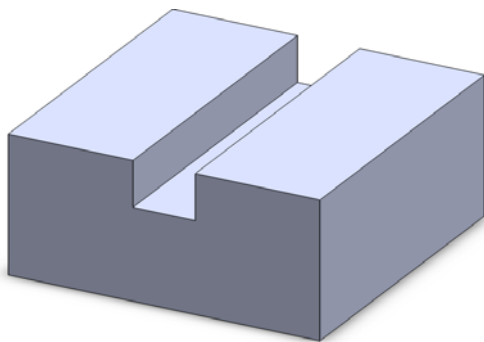


Obr.4 Proces extrahovania prvkov
Fig. 4 The process of extracting elements

V databáze pravidiel sú popísané všetky relácie medzi entitami, ktoré daný prvok tvoria a jeho charakteristické vlastnosti. Z povahy takéhoto riešenia vyplýva, že ak je dva a viac prvkov podobných (sú tvorené rovnakým typom a počtom entít), je možné s výhodou použiť princípy objektovo orientovaného programovania, najmä princíp dedičnosti, kedy nová trieda dedí (používa) už definované atribúty. Takisto sa v nezanedbateľnej miere uplatňuje polymorfizmus medzi podobnými metódami. Databáza pravidiel je vzhľadom k zapuzdreniu veľmi jednoducho rozšíriteľná a to tak, že stačí vytvoriť novú triedu, ktorá bude ako predchádzajúce triedy popisovať vlastnosti prvku a ktorá môže, alebo nemusí mať relácie s predchádzajúcimi triedami. Proces extrahovania prvkov, pre ktoré nie sú definované pravidlá je zložitejší, pretože je potrebné nájsť zodpovedajúce hraničné entity a následne určiť relácie, ktoré medzi týmito entitami existujú.

4.1 Extrahovanie prvkov pre ktoré sú definované pravidlá

Princíp extrahovania prvkov pre ktoré sú definované pravidlá spočíva v tom, že pre každý prvok je vytvorená trieda, ktorá obsahuje metódy, ktorých úlohou je popísať vlastnosti prvku a charakteristické črty a následne sa ho podľa týchto vlastností a črt identifikovať. Takéto triedy je možné vytvoriť pre všetky primitíva.



Obr. 5 Príklad jednoduchého modelu
Fig. 5 Example of a simple model

Príklad jednoduchého modelu je zobrazený na obr. 5. Pri rozpoznávaní takého prvku je potrebné nájsť takú plochu, ktorá bude tvorená ôsmimi bodmi a vo zvolenom súradnicovom systéme budú mať hodnoty uvedené v tab.1 . Následne je potrebné nájsť takú štvoricu bodov, ktorá bude vyhovovať hodnotám, ktoré sú uvedené v tab. 2 , pričom v tomto konkrétnom prípade bude rozdiel z-ových súradníc bodov konštantný.

Tab. 1 Hodnoty súradníc bodov
Tab 1. The values of coordinates of points

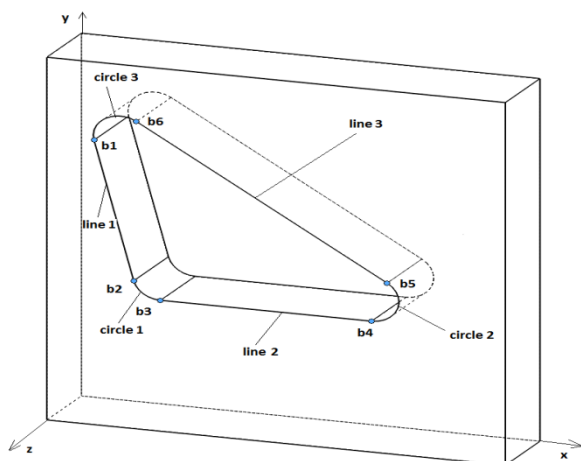
Číslo bodu	Hodnoty súradníc bodov
b4	$X_{\min} > x < X_{\max}$ y_{\max}
b5	$x = b4_x$ $y_{\min} > y < y_{\max}$
b6	$X_{\min} > x < X_{\max}$ $y_{\min} > y < y_{\max}$
b7	$X_{\min} > x < X_{\max}$ y_{\max}

Tab. 2 Relácie medzi bodmi
Tab. 2 Relation between points

Číslo bodu	Hodnoty súradníc bodov
b4'	$x = b4_x$ $y = b4_y$
b5'	$x = b5_x$ $y = b5_y$
b6'	$x = b6_x$ $y = b6_y$
b7'	$x = b7_x$ $y = b7_y$

4.2 Extrahovanie prvkov pre ktoré nie sú definované pravidlá

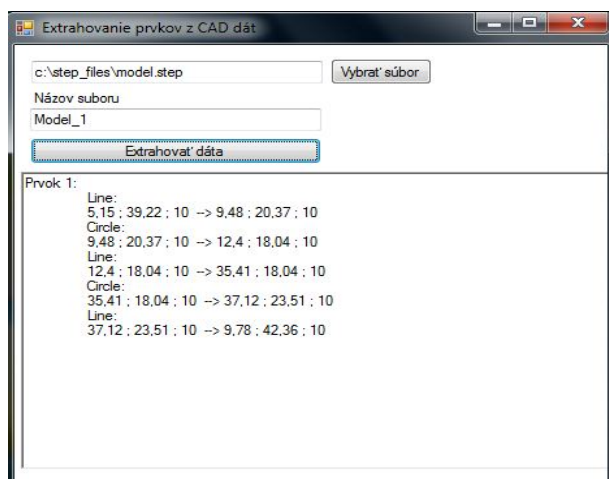
Pri prvkoch, ktorých definície nie sú umiestnené v databáze pravidiel je potrebné vyhľadať hraničné krivky, z ktorých sú tvorené a následne zistiť medzi týmito krivkami relácie.



Ako príklad môže poslúžiť prvok na obr. 6. Z obrázku je zrejmé, že hraničný bod b1 je počiatkovým bodom krivky line 1 a zároveň koncovým bodom krivky circle 3, bod b2 je koncovým bodom krivky line 1 a počiatkovým bodom krivky circle 1 atď. Týmto spôsobom sa určia relácie pre všetky body (b1 až b6) a následne sa hľadá ďalšia šesťica bodov (b1' až b6'), ktoré majú v tomto konkrétnom prípade rovnakú x-ovú a y-ovú súradnicu a zároveň sú hraničnými prvkami rovnakých typov entít.

Obr. 6 Príklad prvku pre ktorý nie sú definované pravidlá
Fig. 6 Example of an element where the rules are not defined

Na obr.7 je znázornená vytvorená aplikácia do ktorej bol vložený model na obr. 6.



Obr. 7 Okno s aplikáciou
Fig. 7 The application window

Záver:

Konštrukčné riešenie výrobku má pre všetky procesy výroby a montáže zásadný význam.[7] Samotná extrakcia má veľký význam z pohľadu CAPP systémov, pretože po extrahovaní a následnom popise prvkov je možné takejto súčiastke priradiť GT kód, klasifikovať ju a využiť tak princípy skupinovej technológie. Hlavným prínosom tohto príspevku je návrh metodiky pre extrahovanie prvkov, kde je

vytvorená databáza pravidiel, ktoré definované prvky identifikuje a následne popíše ich špecifické vlastnosti. Avšak pri prvkoch, ktoré sa pri použití tejto databázy nepodarí identifikovať je potrebné vyhľadať hraničné krivky prvku a vyhľadať medzi nimi relácie. V aplikácii, ktorá bola vytvorená na extrahovanie prvkov sú použité princípy objektovo orientovaného programovania. Vďaka použitiu týchto princípov je aplikácia jednoducho rozširiteľná o nové pravidlá. Na uloženie a manipuláciu s CAD dátami je použitý relačný databázový systém. Spojenie týchto dvoch nástrojov má za následok zjednodušenie a zefektívnenie celého procesu extrahovania požadovaných dát.

Tento článok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0130/08 – Skúmanie vplyvu CAM stratégií na dosahovanú presnosť rozmerov a drsnosť povrchu obrábaných plôch v podmienkach univerzitného Hi-tech laboratória.

Literatúra

- [1] IŽOL, Peter; FABIAN Michal. CAD/CAM systémy v technologickom procese obrábania. Košice : TU, 2006. 119 s. ISBN 80-8073-489-5.
- [2] Variantný prístup a variantné CAPP systémy. [on-line], [10-01-2011]. <http://fstroj.utc.sk/web/kma/student/atpv/capp_b.htm>
- [3] SHU-CHU, Liu; GONZALEZ Miguel; JEN-GWO Chen. Development of an automatic part feature extraction and classification system taking CAD data as input. Computers in industry, 1996, roč. XVII, č. 29, s. 137-150. ISSN 0166-3615
- [4] ISMAIL, N; TAN C. F.; WONG S. V., aj. Ruled-Based Feature Extraction and Recognition From STEP File. In 2002 Student Conference on Research and Development, 16-17 July, 2002. Shah Alam : Research and Development s. 90-93. ISBN 0-7803-7565-3
- [5] Tong Yifei, Li Dongbo, Li Changbo and Yu Minjian, A feature-extraction-based process-planning system. London: Springer THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, 2008, ROČ XI, Č. 38, S. 1192-2000. ISBN 0268-3768
- [6] ARUNKUMAR, P. A System for Extracting Product Features from CAD Models – A STEP Approach. Contemporary Engineering Sciences, 2008, roč. I, č. 3, s. 139-146. ISSN 1313-6569
- [7] SENDERSKÁ Katarína. Prístupy a nástroje pre podporu hodnotenia konštrukcie výrobku z hľadiska montáže, In: Transfer inovácií 9/2006. Košice : Inovačné centrum automobilovej výroby Sjf TU v Košiciach, 2006. s. 214-215, ISBN 80-8073-701-0
- [8] DEBNÁR Róbert. Transformácia CAD dát pre CAPP systémy. [online]. [05-01-2011]. <<http://fstroj.utc.sk/journal/sk/010/010.htm>>

Abstract

Features extraction from CAD data, Vladimír Šimna, Ing., Peter Pokorný, doc. Ing., PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Material science and Technology in Trnava, Institute of Production Technologies department of machining and assembly.

In this paper is described features extraction from CAD data. Itself extraction has a major meaning from view of CAPP systems. Standard computer-aided design (CAD) and computer-aided manufacturing (CAM) tools are now used by industrial organizations to reduce the time and costs of product design and manufacture. It is well known that there is a functional gap between CAD and CAM, which could be bridged by computer-aided process planning (CAPP). As tool for extract features served programming language C# 2008 with using principles of object oriented programming. As input CAD data served file system format STEP AP 214. STEP-File is the most widely used data exchange form of STEP. The format of a STEP-File is defined in ISO 10303-21. The main asset of this paper is design methodology for feature extraction. The principle of this methodology is a database of rules which contain rules for features and those can be identified. The database of rules described the session between the entities that make up the element and its characteristics. If database of rules does not contain rule for feature is needed to find vertex curves of this feature and then find relation between these vertex curves. Example of component where is not defined a rule is in the figure 6. In the figure 7. can be seen an application output which contain absolute values of extracted feature. In the application, which was created to extract the elements are used principles of object-oriented programming.

Through the use of these principles is easily expandable application of new rules. CAD data is used relational database management system. The combination of these two instruments has resulted in simplifying and streamlining the entire process of extracting required data.



