

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Ing. Zdeněk Píša

VÝMĚNA DAT MEZI SYSTÉMY CAD

DATA EXCHANGE WITHIN DIFFERENT CAD SYSTEMS

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

Obor: Konstrukční a procesní inženýrství
Školitel: Ing. Pavel Mazal, CSc.
Oponenti: Prof. Ing. František Boháček, DrSc.
Doc. Ing. Josef Chladil, CSc.
Ing. Miloslav Drápela

Datum obhajoby: 1. 7. 2003

KLÍČOVÁ SLOVA

CAD, formáty dat, výměna dat

KEY WORDS

CAD, data formats, data exchange

MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE

Ústav konstruování FSI VUT v Brně

© Zdeněk Píša, 2003
ISBN 80-214-2440-0
ISSN 1213-4198

Obsah

1	ÚVOD.....	5
2	FORMÁTY DAT V SYSTÉMECH CAD.....	6
2.1	Rozdělení grafických dat podle způsobu vytvoření výsledného obrazu.....	6
2.2	Prvky grafického souboru	6
3	SYSTÉMY CAD	7
3.1	2D systémy CAD	8
3.2	3D systémy CAD	9
4	2D OBJEKTY.....	10
4.1	Úsečky a lomené čáry	10
4.2	Kružnice a elipsa.....	10
4.3	Křivky	11
5	REPREZENTACE TĚLES	11
5.1	Hraniční reprezentace.....	11
5.2	Hranová reprezentace.....	11
5.2.1	<i>Jednoduchá plošková reprezentace.....</i>	<i>11</i>
5.2.2	<i>Strukturovaná plošková reprezentace</i>	<i>11</i>
5.3	3D modelování	12
5.3.1	<i>Šablonování.....</i>	<i>12</i>
5.3.2	<i>Konstruktivní geometrie.....</i>	<i>12</i>
5.3.3	<i>Oktalové stromy</i>	<i>12</i>
6	UKLÁDÁNÍ A PŘENOS 2D GEOMETRIE MEZI SYSTÉMY CAD – VÝSLEDKY.....	13
6.1	Ukládání 2D geometrie	13
6.2	Přenos 2D dat	13
6.3	Ukládání 3D geometrie	14
6.4	Přenos 3D geometrie mezi systémy CAD – výsledky	14
7	VEKTOROVÉ SOUBORY.....	15
7.1	Organizace vektorových dat.....	16
7.2	Formáty vektorových dat z grafických systémů	16
7.3	ACIS (*.sat)	18
7.4	Formát dat DXF	19
7.5	IGES (Initial Graphics Exchange Specification)	19
7.6	STEP (Standard for the Exchange of Product model data).....	19
7.7	Stl - Stereolithography	20
7.8	Formát DGN – vnitřní formát	20
7.9	Formát dat DWG.....	20

8	UNIVERZÁLNÍ FORMÁT VEKTOROVÝCH DAT PRO SYSTÉMY CAD ...	20
8.1	Důvody pro vytvoření jednotného výměnného formátu dat	21
8.2	Univerzální formát dat	22
8.3	Princip vytvoření univerzálního formátu dat	22
8.4	Struktura (zjednodušená) formátu dat.....	23
8.4.1	<i>Hlavička</i>	23
8.4.2	<i>Datová část – 3D geometrie</i>	23
8.4.3	<i>Datová část – 2D geometrie</i>	24
9	ZÁVĚR.....	25
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	25
11	AUTOROVO CV	27
12	ABSTRACT	28

1 ÚVOD

Výpočetní technika a tvorba nových programů se rozvíjí stále vyšším tempem. V dnešní době snad neexistuje kancelář ani výrobní podnik, ve kterém by se nenacházel alespoň jeden počítač. Výsledkem práce s počítačem jsou elektronická data. Záleží na uživateli, co s daty bude dále dělat, jakým způsobem bude informaci v nich obsaženou předávat nebo archivovat. Nejjednodušší možností je data vytisknut v podobě, ve které podávají smysluplnou informaci. Vzhledem k objemu vyprodukovaných dat je však tištěná podoba nejméně vhodná. Stále častěji se data uchovávají ve své elektronické podobě.

Zavádění výpočetní techniky se samozřejmě nevyhnulo ani průmyslu. Podpora konstrukčního procesu pomocí výpočetní techniky je označována CA technologie a speciálně pro oblast vývoje a konstrukce pak CAD (*Computer Aided Design*). Jedná se o oblast nasazení výpočetní techniky s odpovídajícím programovým vybavením. Programové vybavení – systémy CAD, jsou grafické programy, které mají mnoho společných vlastností. Společnými vlastnostmi se rozumí například stejné nebo alespoň podobné modelovací nástroje, způsob tvorby výkresové dokumentace a podobné typy dat, které programy vytvářejí. Právě ukládaná data slouží v rámci jednoho podniku k realizaci výroby. V dnešní době se nejedná o data v jednom podniku, ale o data, která jsou s využitím Internetu šířena mezi podniky rozmístěnými po celém světě. Je zřejmé, že při tak rozsáhlé distribuci dat nemají všichni uživatelé stejné programy pro zpracování informací. Aby bylo možné získat z dat odpovídající informaci, je nutné používat stejný typ dat. K tomu slouží výměnné formáty.

Výměnných formátů dat existuje velké množství. Je pravdou, že v případě grafických dat se ustálilo několik standardů. Tyto standardy se však také mění, zejména z důvodu vývoje programů, které s nimi pracují. Velice často se pak stává, že nová verze systému CAD nedokáže načíst starší výměnné formáty nebo dokonce starší verzi vlastních dat. Taková data jsou nepoužitelná pro dlouhodobé uchování informací, například po celou dobu životního cyklu stroje.

2 FORMÁTY DAT V SYSTÉMECH CAD

Data vytvořená v systémech CAD jsou uchovávána v souborech s různě definovanou organizací. Obecně soubory obsahují informace o těchto grafických objektech:

- 2D nebo 3D souřadnice bodů (nejčastěji koncové body úseček, středy kružnic a oblouků, uzlové body křivek) – souřadnice bodů jsou součástí vektorových dat
- texty (kótovací text, poznámky, odkazy, texty v rohových razítkách, kusovníky a další) – texty (písmo) tvoří vektorová data
- obrázky (textury materiálů, pozadí 3D modelu) – obrázky představují rastrová data.

2.1 ROZDĚLENÍ GRAFICKÝCH DAT PODLE ZPŮSOBU VYTVOŘENÍ VÝSLEDNÉHO OBRAZU

- *vektorová* – v systémech CAD a obecně v grafických systémech je pojem vektor chápán jako segment obrysu, který je definován koncovými body nebo obecně polohou dvou bodů, které definují polohu vzhledem k souřadnicovému systému.
- *bitmapová* – obsahují definici polohy bodu (pixelu) vzhledem k souřadnicovému systému. Bod je kromě polohy definován svojí barvou. V literatuře je možné se setkat s různými pojmy pro bitmapová data: *pixelmapa*, *graymapa*, *pixmapa*, *rastr*. Tato data jsou v systémech CAD používána pro grafické zobrazení použitých materiálů.
- *objektová* – většinou to jsou data, která jsou závislá na typu modelovacího jádra, objektová data vznikají například při používání primitiv CSG (*Constructive Solid Geometry*)

Grafické formáty obsahují navíc data, popisující vztah mezi jednotlivými objekty, barvy povrchů (u 3D objektů), informace o původci vzniku datového souboru, důvody jeho vzniku, počet editací, atd..

2.2 PRVKY GRAFICKÉHO SOUBORU

Grafický soubor je složen z posloupnosti dat nebo datových struktur, které se nazývají *prvky souboru* nebo také *datové prvky*. Datové prvky souboru lze rozdělit do kategorií:

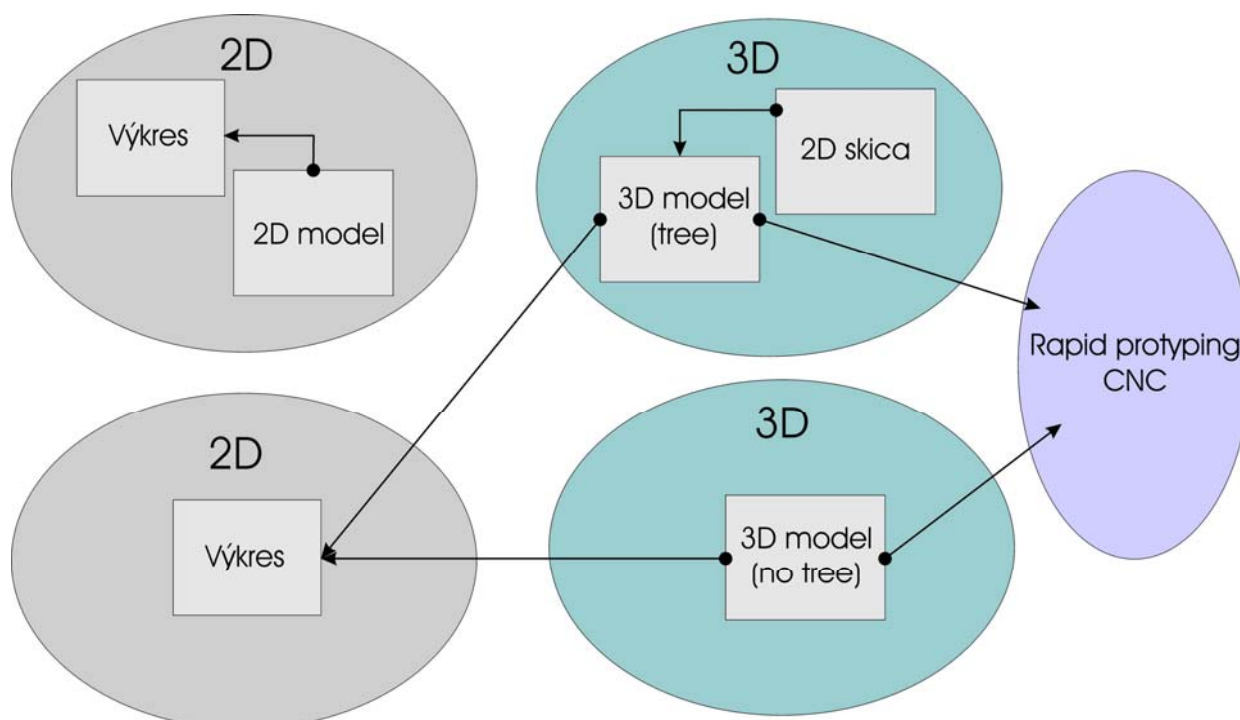
- *pole (field)* – je konstantní velikosti s pevně danou polohou v souboru. Velikost pole je dána buď specifikací souboru nebo je vypočítána z doplňkových informací v souboru, umožňuje náhodný přístup k datům
- *štítek (tag)* – má proměnnou polohu i velikost, štítek může obsahovat vnořené štítky, umožňuje náhodný přístup k datům
- *tok (stream)* – data jsou uložena do paketů, není možný náhodný přístup k datům, data se musí číst sekvenčně, pevně je dána poloha prvního paketu, ostatní pakety jsou umístěny náhodně

- kombinace datových prvků – většina formátů dat je takto vytvořena

Pevné délky polí a štítků jsou vhodné pro rychlé čtení dat, ale nejsou pružné, toky umožňují pružné vytváření dat, přístup k datům je pomalejší. Snahou všech programů a tedy i grafických programů, je ukládat data, která mají co nejmenší objem. Velice často se lze setkat s kompresí dat.

3 SYSTÉMY CAD

V technické praxi se jako pomůcky pro realizaci konstrukčního zadání využívá nástrojů CAD (*Computer Aided Design*). Do roku 2003 byla vyvinuta celá řada produktů, které mají následující použití a vlastnosti:



Obr. 0 – Předávání dat mezi systémy CAD

- 2D – dvojrozměrný kreslicí program
- 2D – dvojrozměrný modelovací program
- 3D – trojrozměrný modelovací program s historií vzniku modelu
- 3D – trojrozměrný modelovací program bez historie vzniku modelu

Grafické vyjádření vztahu mezi jednotlivými systémy je na obr.1.

2D kreslicí program je určen pro tvorbu výkresové dokumentace. Vytváření výkresu je na počátku tvorby závislé na měřítku, ve kterém budou skutečné rozměry upraveny tak, aby se umístily do definovaného prostoru, například rámečku výkresu. Často bývá již na začátku tvorby vloženo i rohové razítko (JPCAD, QCAD).

2D modelovací programy jsou programy, ve kterých se nacházejí dva „prostory“:

- modelový
- výkresový

Modelový prostor (Model Space) je určen pro vytváření 2D geometrie ve skutečných rozměrech. V modelovém prostoru se nevkládají kóty ani šrafy.

Výkresový prostor (Paper Space) umísťuje do kreslicí plochy výřezy (okna), ve kterých se promítá v definovaném měřítku geometrie z modelového prostoru. V tomto prostoru probíhá doplňování informací – kót, šraf.

3D modelovací program s historií vzniku modelu – postup vytváření modelu je uchovávan ve formě stromové struktury (*tree*), každá nová větev stromu představuje prvek (*feature*). V případě některých prvků – větví, je možné měnit pořadí. Stromovou strukturu vytvářejí parametrické systémy – parametrická je skica a 3D operace. Význam stromové struktury spočívá zejména ve snadném přístupu k editaci prvků a získání přehledu o možnosti uskutečnit editaci. Výkresová dokumentace je vytvářena projekcí existující 3D geometrie pomocí pohledů do roviny výkresu. Tyto systémy ukládají do oddělených souborů součásti, sestavy a výkresy. Vyskytují se však systémy, které nemají odlišený soubor součásti, sestavy a výkresu.

3D modelovací program bez historie vzniku modelu – model je vytvářen pomocí prvků, které jsou k výslednému modelu připojovány pomocí booleovských operací. Editace prvků je možná změnou polohy ploch, které tvoří obálku objemového tělesa. Výkresová dokumentace je vytvářena projekcí existující 3D geometrie pomocí pohledů do roviny výkresu. Tyto systémy ukládají do oddělených souborů součásti, sestavy a výkresy.

3.1 2D SYSTÉMY CAD

Historicky nejstaršími nástroji pro počítačovou podporu konstruování jsou kreslicí programy. Výstupem kreslicího programu je ve většině případů výkres. Bylo ale obvyklé, že výstupem byla data (souřadnice bodů) určená pro zpracování s využitím NC strojů. 2D programy pro CAD mají pro vytváření výkresů velké množství společných vlastností:

- stejné základní kreslicí entity – úsečky (*line*), oblouky (*arc*)
- členění výkresu do hladin
- stejné editační příkazy – ořezání (*trim*), prodloužení (*extend*), zaoblení (*fillet*)
- možnost seskupování entit do celků – bloky (*block*), skupiny (*group*)
- velice často obsahují nástroje pro vytváření a editování křivek
- obsahují nástroje pro vytváření technických poznámek – kóty, šrafy

Přestože programy obsahují výše uvedené společné prvky, velikosti souborů (virtuálních modelů) jsou rozdílné. Téměř každý systém CAD má svůj vlastní vnitřní formát dat. Pro přenos dat do jiných systémů používá výměnné formáty.

Všechny použité programy používají neasociativního způsobu práce. Znamená to, že v případě nutnosti provedení změny tvaru ve výkresu, je nutné změnit nejprve geometrii modelu (změna rozměru nebo polohy entity) a tato změna se následně projeví ve výkresu. Schematicky lze neasociativní způsob práce naznačit takto:

Entita → Model → Výkres
(Entity → Model → Drawing)

3.2 3D SYSTÉMY CAD

Vývoj systémů CAD dospěl k 3D modelářům. V současnosti je princip 3D modelování tento:

- virtuální 3D model, jehož popis je uložen do souboru vnitřních dat modelovacího systému nebo formátu výměnného souboru
- projekce modelu do roviny za účelem zobrazení virtuálního modelu

3D programy pro CAD mají množství společných vlastností pro vytváření modelů:

- skicář – základní nástroj pro tvorbu uzavřených nebo otevřených obrysů, ze kterých vznikají 3D operacemi prvky součásti, viz. struktura modelu
- základní 3D operace – vysunutí (*Extrude*), rotování (*Revolve*), tažení (*Sweep*), potažení (*Blend, Loft*)
- objemový modelář
- plošný modelář
- nástroje pro tvorbu sestav – 3D vazby a 3D manipulace
- kinematická analýza
- tvorba výkresové dokumentace z 3D modelu

3D modeláře při tvorbě a editaci vzniklých modelů poskytují asociativní nebo neasociativní schopnosti. Struktura modelu parametrického asociativního modeláře:

Skica ↔ Prvek ↔ Součást ↔ Sestava ↔ Výkres
(Sketch ↔ Feature ↔ Part ↔ Assembly ↔ Drawing)

Struktura modelu neparametrického asociativního modeláře:

Prvek → Součást → Sestava → Výkres
(Feature → Part → Assembly → Drawing)

Přestože programy obsahují výše uvedené společné prvky, velikosti souborů (virtuálních modelů) jsou rozdílné. Téměř každý systém CAD má svůj vlastní vnitřní formát dat. Pro přenos dat do jiných systémů používají výměnné formáty.

4 2D OBJEKTY

4.1 ÚSEČKY A LOMENÉ ČÁRY

Úsečka je nejčastěji definována polohou koncových bodů. Koncové body vzniknou tak, že se použije vhodný typ souřadnic. Ve 2D programech CAD se nacházejí tři typy souřadnic:

- absolutní
- relativní
- polární

3D modeláře, pokud vůbec umožňují souřadnice přímo zadávat, používají ještě souřadnice:

- cylindrické
- sférické

To, jakým způsobem jsou koncové body vytvořeny, není pro výslednou velikost datového souboru rozhodující.

Lomená čára (často lze najít označení *polyline*) je posloupnost úseček. Její obrys může být jak otevřený, tak uzavřený. Uzavřené obrysy jsou pak součástí 2D kreslicích nástrojů, ve skicářích 3D modelářů nebo jako 2D objekty v 2D systémech CAD. Nejčastěji je možné se setkat s objekty typu:

- obdélník – *Rectangle*
- polygon – *Polygon*
- multičára – *Multiline*

Otevřené lomené čáry jsou pak například součástí trajektorií (*Path*) v 3D modelářích nebo obecně použitelné čáry v 2D systémech. Lomené čáry se velmi často spojují s křivkami.

Úsečky a lomené čáry jsou definovány kromě souřadnic bodů ještě dalšími parametry – atributy:

- barva
- typ čáry (plná, přerušovaná)
- tloušťka čáry (některé grafické programy používají jako výchozí tloušťku čáry rovnu nule, tato čára je viditelná, v některých programech znamená nulová tloušťka potlačení viditelnosti)

4.2 KRUŽNICE A ELIPSA

Kružnice je nejčastěji definována polohou středu a velikostí poloměru. Pro definování polohy středu jsou k dispozici typy souřadnic stejné, jako v případě úsečky. Možností, jak vytvořit kružnici je velké množství, vždy záleží na konkrétním systému CAD. Nástroje pro tvorbu kružnic jsou obsaženy jak ve skicářích, tak přímo v 2D systémech CAD. Ve skicářích je možností vytvoření kružnice poměrně málo, většinou se jedná o vložení kružnice podle základní definice.

4.3 KŘIVKY

Křivky jsou součástí všech systémů CAD, tedy 2D i 3D. Pomocí křivek jsou definovány například okraje 3D ploch, tvoří trajektorie při vytváření 3D prvků nebo tvoří obrysy rozvinutých tvarů při tvorbě 2D šablon. Definice křivek je v různých systémech různá a poměrně nepřehledná. Současné systémy CAD používají nejčastěji Bézierovy křivky nebo křivky typu NURBS (*Non Uniform Rational B-spline*). Lze se jen dohadovat, jakým způsobem jsou křivky definovány uvnitř modelovacích jader.

5 REPREZENTACE TĚLES

5.1 HRANIČNÍ REPREZENTACE

Princip hraniční reprezentace spočívá v popisu povrchu, to znamená v popisu množiny hraničních bodů (*boundary representaion, B-Rep*). Popis hranic vychází z přirozeného principu chápání těles – pozorovatel vidí povrch. Vnitřní body tělesa jsou buď odvozeny od hranic nebo se vůbec neuchovávají.

Popis tělesa je převeden na popis ploch (*face*), hran (*edge*) a vrcholů (*vertex*). Tento popis tvoří plášť tělesa a je používán i v některých systémech CAD, například ho využívá modelovací jádro ACIS.

K popisu tělesa se používají základní prostorové prvky:

- body
- úsečky
- části rovinných ploch
- části křivek
- části obecných ploch

5.2 HRANOVÁ REPREZENTACE

Nejstarší a nejjednodušší metoda popisu tělesa [3] spočívá pouze v zápisu hran a vrcholů. Hranová reprezentace připomíná prostorové drátové modely těles – je proto často označována jako *wire frame* – drátový model.

5.2.1 Jednoduchá plošková reprezentace

Rozšířením datové struktury [3], složené z vrcholů a hran, o plochy vznikne dokonalejší reprezentace. Výsledkem této reprezentace je jednoznačně definované těleso. Vhodná je pro přímé vykreslení ploch i hran. Neobsahuje však všechny topologické informace – chybí informace o typu hran a nelze snadno zjistit, zda je těleso manifoldem.

5.2.2 Strukturovaná plošková reprezentace

Reprezentace je tvořena třemi seznamy v hierarchickém uspořádání [3]. Nejnižší úroveň tvoří seznam vrcholů, druhou úroveň seznam hran a nejvyšší úroveň je

seznam ploch. Seznamy mohou být cyklicky zřetězené. Nejvíce informací nesou prvky seznamu hran. Datový záznam pro hranu obsahuje ukazatele na všechny geometrické elementy (plochy, hrany, vrcholy) s nimiž sousedí. Takto vytvořená datová struktura je v literatuře označována pojmem *okřídlená hrana* (*winged-edge*). Pojmenování převzala podle grafického znázornění datové struktury.

5.3 3D MODELOVÁNÍ

5.3.1 Šablonování

V literatuře je způsob vytváření 3D modelů označen pojmem šablonování – *sweeping*. V systémech CAD je tento způsob tvorby nahrazen několika různými technikami tvorby:

- tažení – *sweep*
- potažení – *loft* nebo *blend*
- rotování – *revolve*
- vysunutí – *extrude, pocket*

Šablonování je modelovací technika, při které se získá 3D model tažením profilu (2D objekt) po trajektorii (3D nebo 3D objekt). V případě, že je profil neuzavřený, vznikne plocha. V případě uzavřeného profilu vznikne těleso.

5.3.2 Konstruktivní geometrie

Konstruktivní geometrie – CSG (*Constructive Solid Geometry*) [3] je založena na reprezentaci tělesa stromovou strukturou, ve které je uchována historie modelovacích kroků. V jednotlivých modelovacích krocích se používají základní objekty – primitiva a dále se využívají množinové operace a také prostorové transformace.

5.3.3 Oktalové stromy

Přímý způsob popisu prostorových objektů je založen na výčtu částí prostoru obsazeného tělesem. Trojrozměrný prostor, ve kterém se těleso nachází, je rozdělen na elementární objemové prvky – *voxely*.

Oktalové stromy [3] se v počítačové grafice uplatňují jako primární reprezentace objektů nebo jako pomocná datová struktura doplňující popis objektů. Oktalové stromy představují jednu z forem třídění prostoru a lze je použít pro urychlení mnoha algoritmů.

V systémech CAD má oktalový strom význam zejména při vizualizacích modelů. Nevýhodou oktalového stromu je problematické nebo zdlouhavé provedení některých typů transformací. Datová struktura se při vizualizacích neukládá, ale vždy se generuje znovu a ukládá se do dočasných souborů.

6 UKLÁDÁNÍ A PŘENOS 2D GEOMETRIE MEZI SYSTÉMY CAD – VÝSLEDKY

Pro ověření vlastností souborů dat při ukládání a přenosu bylo použito 34 grafických systémů (2D, 3D – parametrických i neparametrických). V několika případech se jednalo o vývojové verze jednoho produktu, například několik verzí AutoCADu. Použití vývojových verzí mělo své opodstatnění. Bylo možné zkoumat, jakým způsobem se vyvíjí vnitřní grafické formáty v rámci jednoho produktu.

6.1 UKLÁDÁNÍ 2D GEOMETRIE

Výsledky, kterých bylo dosaženo při ukládání 2D geometrie do vnitřních formátů systémů CAD a také do formátů výměnných, jsou následující:

- velikost souborů ve vnitřních formátech se liší
- velikost výměnných souborů stejného typu dat se liší

Velikosti vnitřních souborů dat se podstatně liší. Protože se však většinou nepoužívají pro přenos mezi systémy CAD, není tato skutečnost významná.

Velikost výměnných souborů dat je rozdílná. Z toho se dá usuzovat, že se do každého typu výměnného souboru ukládají různé informace.

6.2 PŘENOS 2D DAT

Při přenosu bylo využito jak vnitřních formátů, tak formátů určených pro výměnu dat. Pro hodnocení byla stanovena kritéria kvality přenosu:

- schopnost geometrii načíst (samotné načtení geometrie však ještě neznamená, že bude zobrazena)
- zobrazení načtené geometrie
- možnost editací

Při sledování možností pro editaci byly sledovány následující vlastnosti:

- vlastnosti jednotlivých entit - zda typ načtené entity odpovídá vzorové geometrii, barva entity, přiřazení k hladinám
- načtené typy čar
- kótovací styly
- styly písma
- načtené hladiny včetně jejich vlastností (jméno, barva)

Kritéria byla rozdělena do pěti stupňů:

1. neúspěch – import skončil chybovým hlášením o nemožnosti načtení
2. částečné načtení – geometrie byla načtena jen částečně, byla chaoticky uspořádaná, nevhodná pro další práci
3. částečný úspěch – chybí jen některé části geometrie, například kótovací šipky nebo šrafy

4. úspěch – došlo k plnému načtení geometrie, zobrazení téměř odpovídá předloze, výchozí entity jsou převedeny na jiné (kružnice nebo text jsou *polyline*)
5. úspěch – načtená geometrie odpovídá předloze, editace je možná bez nadměrného úsilí

Z výsledků importu je zřejmé, že ve většině případů dochází k problémům s načtenou geometrií. Například načtení geometrie podle kriteria 4 není pro další práci vhodná. Lze ji však použít k prohlédnutí a vytisknutí. Editace by si vyžádaly velké množství práce.

Nalezené chyby v geometrii:

- kružnice a oblouky jsou *polyline*
- text není text, ale je nahrazen entitami typu *polyline*
- kóty jsou rozloženy na základní entity, kótovací text je *polyline*
- šrafy jsou základní entity
- typy čar nejsou načteny (nebývá dodrženo ani měřítko u typu čar *dashdot* a *dashed*)
- není dodrženo přiřazení vlastností hladiny entitě

Největším problémem jsou konverze entit na jiný typ. Nelze tak upravit rozměr. Ještě podstatnější je rozložení kót na entity. Kóty jsou často asociativní (spojeny s kótovaným rozměrem). Pokud dojde k rozložení, tato vlastnost zmizí. Jediným řešením je pak nové kótování.

6.3 UKLÁDÁNÍ 3D GEOMETRIE

Z výsledků, kterých bylo dosaženo při ukládání 3D geometrie do vnitřních formátů systémů CAD a také do formátů výměnných je zřejmé:

- velikost souborů vnitřních formátů se liší
- velikost výměnných souborů stejného typu dat se liší

Přestože se velikost vnitřních souborů dat podstatně liší, není tato skutečnost závažná, protože se tato data nepoužívají pro přenos mezi systémy CAD.

Velikost výměnných souborů dat stejného formátu je různá. Z toho se dá usuzovat, že každý soubor obsahuje různé informace. Protože soubory obsahují hlavičku souboru a datovou sekci, měly by obě části obsahovat stejné informace, což není dodrženo.

6.4 PŘENOS 3D GEOMETRIE MEZI SYSTÉMY CAD – VÝSLEDKY

Výsledky při přenosu dat mezi vybranými 3D systémy CAD byly získány jak z vnitřních formátů, tak z formátů určených pro výměnu dat. Pro hodnocení byla stanovena kriteria kvality přenosu:

- schopnost geometrii načíst (samotné načtení geometrie ještě neznamená, že bude zobrazena)
- zobrazení načtené geometrie
- možnost editací

Při analýze možností editací byly sledovány následující vlastnosti:

- vlastnosti jednotlivých prvků (*feature*) - zda typ načtené entity odpovídá vzorové geometrii, barva entity (přiřazení k hladinám nebylo rozhodující)
- načtené hladiny včetně jejich vlastností (jméno, barva)
- načtené materiálové charakteristiky (pokud byly přiřazeny)

Kriteria pro hodnocení kvality přenosu byla rozdělena do čtyř stupňů:

1. Neúspěch – import skončil chybovým hlášením o nemožnosti načtení
2. Částečné načtení – geometrie byla načtena jen částečně, chaoticky uspořádána, nevhodná pro další práci
3. Částečný úspěch – chybí jen některé části geometrie
4. Úspěch – načtená geometrie odpovídá předloze, editace je možná bez nadměrného úsilí

Z výsledků přenosu je zřejmé, že ve většině případů dochází k problémům s geometrií. Například při načtení podle kriteria 3 není geometrie pro další práci vhodná - editace by si vyžádaly velké množství práce.

Nalezené chyby v geometrii:

- součást – *Part* je složen z ploch - původní objekt byl objemový
- chybí části geometrie – například zaoblení – *fillet*
- u parametrických systémů není převeden strom vzniku (*tree*) – součást je reprezentována jen jedinou operací.

Jakýkoli problém v geometrii, konverze z objemového na plošný typ, způsobuje neřešitelné problémy s editacemi. V současnosti žádný formát pro přenos dat neumožňuje uspokojivý přenos. Přední vývojové firmy proto velice často spolupracují na přímých konvertorech vnitřních formátů dat, například CATIA – Pro/Engineer.

7 VEKTOROVÉ SOUBORY

Vektorové soubory obsahují matematické popisy prvků předlohy. Matematický popis převede grafický program na data vhodná k zobrazení na výstupním zařízení.

Vektory jsou čárové segmenty definované svým počátečním bodem, směrem a délkou. Pomocí vektorů jsou aproximovány složité tvary složené z oblouků, kružnic a křivek. Popis vektorů je ve své podstatě matematický popis dvoj- nebo trojrozměrných objektů. Tento popis je nezávislý na zařízení, které bude data zobrazovat (*device-independent*). Rozdíl mezi jednotlivými formáty (uspořádáním)

dat jsou velmi velké. Je podstatný rozdíl v datech, která využívají systémy CAD a daty pro všeobecné použití, například v textových editorech.

7.1 ORGANIZACE VEKTOROVÝCH DAT

Vektorové soubory [1], [2] se vzájemně od sebe liší, lze u nich však vysledovat jisté společné znaky ve struktuře:

- hlavička
- datová sekce
- značka konce souboru

U některých souborů lze navíc najít informace doplňkové:

- informace o vlastníku souboru
- počet a celková doba editací
- způsob zobrazení dat

Vektorové soubory jsou organizovány do datových toků, přičemž většina informací o obsahu souboru je uložena ve vlastních datech obrazové předlohy.

Základní komponenty jednoduchého vektorového souboru jsou:

- hlavička
- data obrazové předlohy

Pokud soubor neobsahuje žádná data a pokud to daná aplikace umožňuje, uložený soubor obsahuje jen hlavičku. Pokud soubor obsahuje informace, které se nevejdou do hlavičky, většinou se nacházejí v patě souboru. Některé vektorové soubory navíc obsahují barevnou paletu. Vzhled vektorového souboru se všemi komponenty může vypadat následujícím způsobem:

- hlavička
- barevná paleta
- data obrazové předlohy
- pata

7.2 FORMÁTY VEKTOROVÝCH DAT Z GRAFICKÝCH SYSTÉMŮ

Prvotním výsledkem práce s libovolným programem jsou data, která představují například virtuální knihu, obraz nebo model skutečného objektu. Data jsou vždy uložena na odpovídající médium. V okamžiku ukládání dat většinu uživatelů nezajímá, jaký typ nebo formát dat vzniká. Způsob uložení uživatele začne zajímat v okamžiku, kdy je nutné data dále zpracovat. Mohou nastat tyto případy:

- data jsou načtena do stejného programu stejné verze
- data jsou načtena do stejného programu jiné verze
- data jsou načtena do odlišného programu

První případ je poměrně jednoduchý. Většinou se jedná jen o to, aby uživatel věděl, jakou příponu (rozšíření) daný program používá. Dnes je poměrně komplikované se v rozšířeních vyznat. Díky historickému používání operačních systémů (OS) od firmy Microsoft je možné najít rozšíření (příponu) souborů ve velikosti 3 (MS-DOS) a více znaků v prostředí OS Windows (95 a novější verze). Takovým problémům se OS UNIX a Linux elegantně vyhnuly. V případě systémů CAD se lze setkat s takovými příponami jako je například:

- *.CATPart – soubor součásti v CATIA
- *.Sldprt – soubor součásti v SolidWorks
- *.Prt – soubor součásti v Pro/Engineer
- *.dwg – soubor bez rozlišení obsahu v Mechanical Desktopu
- další příklady nejsou uvedeny, ale co systém CAD, to několik typů dat pro soubory součástí, sestav nebo výkresů

Z uvedeného stručného přehledu různých typů souborů vyplývá, že uživatel musí mít dostatečné informace o souborech, které při práci programem vznikají.

Vývoj v oblasti výpočetní techniky je překotný. Probíhá nejen zvyšování výkonu samotných počítačů, ale zvyšuje se i užitná hodnota programů. Také systémy CAD díky zvyšování výkonu počítačů (PC i pracovních stanic) poskytují uživatelům dokonalejší nástroje, stabilitu, provázanost mezi prvky a další vylepšení. Vylepšování vlastností vede k nutnosti úpravy struktury ukládaných dat. Příkladem takového vývoje je formát DGN (*Bentley – MicroStation*). Od roku 1988, kdy byl *Microstation* převeden na platformu MS-DOS, *Bentley* uživatelům jako přednost udával kompatibilitu se staršími verzemi programu. Pro verzi *MicroStation V8* s vylepšeným typem formátu DGN již tato vlastnost neplatí. Podle [6] je to dáno tím, že byla zvýšena kompatibilita s formátem DWG, což je formát používaný systémy *AutoCAD* a *Mechanical Desktop* firmy *Autodesk*.

Načtení uložených dat do jiného systému CAD je případ velmi častý. Uvědomují si ho výrobci programů, protože v popisech systémů je jako jedna z důležitých vlastností uváděna kompatibilita s některými formáty dat. Formáty dat se rozumí přeložení (konverze) dat uložených ve *vnitřním (nativním) formátu* do *výměnného formátu dat*. Výměnné formáty dat vytvoří určitou skupinu, která se dá označit za standardy. Do této skupiny patří tyto formáty:

1. IGES
2. ACIS – SAT
3. STL
4. STEP
5. Parasolid
6. VDA – FS
7. DXF
8. DWG
9. VRML

V systémech CAD je možné najít ještě další formáty, pomocí kterých lze v některých případech vyřešit problému přenosu. Příklady takových formátů:

1. EPS – Post Script
2. HPGL, HPGL2
3. RIB
4. XLG&ZLG
5. Xpatch

Vývoj v oblasti výměnných formátů dospěl k tzv. *neutrálním datovým formátům* – mezinárodním standardům pro výměnu grafických dat. Kromě mezinárodních standardů byla vytvořena celá řada úzce specializovaných formátů, které mají většinou národní působnost, ale některé z nich dosáhly rozšíření mezinárodního, v rámci jednoho průmyslového odvětví. Například automobilový průmysl, napojený na Německé firmy, využívá formát dat VDA-FS.

Z pohledu uživatele není rozhodující struktura dat jakéhokoli formátu. Uživatele zajímá schopnost načtení dat a po jejich načtení tyto vlastnosti:

- struktura modelu (historie, plošný nebo objemový model)
- přesnost (vnik nespojitostí mezi křivkami, hranami, plochami, atd.)

Pohled na ukládaná data přináší ještě jeden aspekt a tím je odkaz pro budoucnost. Nutnost jednotného formátu dat alespoň pro jisté historické období je nutný. Jednotný formát by měl pracovat stejným způsobem s textem, s obrazovými informacemi i s trojrozměrnými modely.

Formáty dat vnitřní (nativní) a výměnné formáty jsou částečně zdokumentovány v literatuře, například [1]. Literatura však obsahuje popisy zejména formátů, které jsou málo rozšířené, tedy formátů, které se nepoužívají pro běžnou výměnu dat. Formáty rozšířené jsou pravděpodobně dobře zdokumentované, ale přístup k informacím je nedostatečný nebo nemožný kvůli autorským právům. Většinou se jedná o vlastnictví jednotlivých firem, asociací a dalších komerčních skupin. Přístup k těmto informacím stojí poměrně značné finanční obnosy. Pro začínající firmu nebo zájemce o informace o známém formátu je to problém nepřekonatelný.

Formát dat, který byl od počátku přístupný pro uživatele je formát DXF. Z tohoto důvodu se formát používá ve velkých i malých systémech CAD, dokonce i freeware programy používají DXF a to dokonce jako formát nativní. Příkladem může být program QCAD.

7.3 ACIS (*.SAT)

Formát dat ACIS je určený pro všechny systémy CAD, založené na modelovacím jádře ACIS. Formát je určen pro přenos 3D geometrie. Při přenosu z parametrických systémů nezachovává stromovou strukturu. Přestože se jedná o významný formát pro přenos dat, není v [1] popsán, ani nejsou dostupné podrobnější informace.

Formát *sat* většinou nevyžaduje žádná nastavení a pokud nastavení umožňuje, jedná se jen o určení výsledné verze formátu.

7.4 FORMÁT DAT DXF

AutoCAD DXF (*Drawing Exchange Format*, někdy je možné se setkat i se zkratkou *Drawing Interchange File*). Formát je vhodný pro přenos 2D geometrie – výkresů nebo pro 3D geometrii – drátové modely (*wireframe*).

Formát dat DXF se stal průmyslový standardem pro přenos dat, zejména pro přenos výkresové dokumentace. Přes svůj význam není v [1] popsán. Problém formátu DXF spočívá ve značném omezení, které se týká typu přenášených entit.

7.5 IGES (INITIAL GRAPHICS EXCHANGE SPECIFICATION)

Formát IGES je propojen s těmito organizacemi a asociací *NCGA – National Computer Graphics Association*, která řídí skupinu *NIUG (National IGES User Group)*.

Formát grafických dat IGES je dnes nejvíce využívaným formátem grafických dat. Formát je vhodný pro přenos 2D i 3D geometrie, dokáže přenášet i negeometrické informace - definice kótovacího stylu, přenos pojmenovaných pohledů, atributy hladin a další informace. Formát se používá pro přenos sítí, pro analýzu modelů s využitím metody konečných prvků (MKP). Formát sám o sobě má složitou strukturu, která je obtížně čitelná. Soubory IGES jsou velké oproti jiným formátům. Převod 3D geometrie (modelů) má omezení:

- nelze přenést objemový model (Solid), ale jen model složený z ploch
- nepřenáší se stromová struktura modelu
- dochází k poruše návaznosti ploch
- existuje celá řada formátů IGES

IGES je sada protokolů určená pro přenos grafických dat na odloučených terminálech. V [1] je tomuto formátu věnováno nepatrně místa, vzhledem k tomu, že je tento formát široce využíván. Je to dáno tím, že je formát spravován několika asociacemi a organizacemi a přístup k informacím je možný po zaplacení členských příspěvků.

7.6 STEP (STANDARD FOR THE EXCHANGE OF PRODUCT MODEL DATA)

Step je mezinárodním standardem pro přenos grafických dat mezi systémy CAD. Formát dat má být programově neutrální (nezávislý na daném systému CAD) a data v něm uchovaná by měla obsáhnout životní cyklus výrobku, přičemž životní cyklus může u některých výrobků být třicet a více let. Formát by tedy měl zachovat informace získané o výrobku během jeho návrhu, výroby, používání i udržování.

Typy protokolů STEP, které se v současnosti vyskytují v systémech CAD (strojírenských):

- STEP AP203 – Configured Controlled 3D Design of Mechanical Parts and Assemblies
- STEP AP214 – Core Data for Automotive Mechanical Design Processes

7.7 STL - STEREOLOGY

Formát STL je určen pro zařízení pro rychlou výrobu prototypů (*Rapid prototyping - RP*). Formát byl původně navržen jen pro technologii RP – *stereolytografie* – metoda je založena na principu postupného nanášení vrstev fotopolymeru, který je vytvrzován laserem (firma 3D Systems). Formát *Stl* je zařazen jen do systémů CAD, které vytvářejí plošné nebo objemové modely. Překladač do formátu *Stl* při převodu vnitřních dat do výměnného formátu generuje síť trojúhelníků, která aproximuje povrch modelu. Počet a velikost trojúhelníků určuje, jak přesně bude vyroben pozdější prototyp. Se zvětšováním počtu trojúhelníků klesá relativní velikost a tvar se více přibližuje žádoucímu tvaru. Tento přístup je nazýván *facet resolution*. Nastavení parametrů se v systémech CAD velmi liší.

7.8 FORMÁT DGN – VNITŘNÍ FORMÁT

Formát dat DGN je vnitřním formátem systému CAD Microstation. Tento formát není v [1] popsán. Informace o formátu je v nápovědě Microstation.

Firma Intergraph používá pro formáty souborů standard ISFF (*Intergraph Standard File Formats*). DGN je obecný formát pro všechny aplikace firmy Intergraph, které jsou standardizovány do IGDS (*Interactive Graphics Design System*). Tyto standardy umožňují uživatelům i vývojářům vytvářet uživatelské aplikace pro Microstation, takže dokáží číst ISFF formát bez nutnosti vlastnit licenci na formát od Intergraphu.

7.9 FORMÁT DAT DWG

Formát dat DWG je vnitřním formátem systému CAD AutoCAD a Mechanical Desktop. Tento formát není v [1] popsán. Jedná se však o formát dat, který některé systémy CAD podporují buď konverzí vnitřních dat nebo přímo tento formát vložili do svého vnitřního formátu.

8 UNIVERZÁLNÍ FORMÁT VEKTOROVÝCH DAT PRO SYSTÉMY CAD

Většina systémů CAD použitých při zkoumání možností přenosu dat měla podobné nástroje pro tvorbu prvků modelu (3D nástroje) i podobné nástroje pro tvorbu výkresu (2D nástroje). Při posouzení schopnosti načíst přenášená data však nebylo dosaženo uspokojivých výsledků.

8.1 DŮVODY PRO VYTVOŘENÍ JEDNOTNÉHO VÝMĚNNÉHO FORMÁTU DAT

Téměř v žádném případě nejde bez konverze dat vložit model nebo výkres do jiného systému CAD. Převedením vnitřního formátu dat modelu dochází ke změně informací, které model původně obsahoval. Nejpodstatnější změny jsou tyto:

- ztráta hierarchie vzniku modelu – zmizí informace o jednotlivých prvcích (feature), tím je potlačena možnost editace
- změna objemového na plošnou reprezentaci – zmizí možnost editace nástroji pro objemové modelování
- změna objemové reprezentace na sled vrstev, bodů, plošek – možnost editace je téměř potlačena
- většinou dochází ke zvětšení objemu přenášených dat

Obdobný problém nastal při přenosu výkresové dokumentace (2D objekty). 2D data jsou konvertována do přenosového formátu, což způsobí změny objektů obsažených ve výkresu. Nejpodstatnější změny jsou tyto:

- kóty, šrafy se rozpadnou na jednotlivé entity – protože jsou zpravidla tyto entity asociativní (změní své vlastnosti podle připojených entit), nelze je po konverzi editovat
- změna typů čar – většinou dojde k odstranění informací o typech čar
- špatně načtené speciální znaky – zmizí znaky průměru a stupňů – tuto změnu lze poměrně snadno napravit, často dojde k převedení znaků na křivky
- převedení entit typu textu na typ polyline – zmizí možnost editace textu
- změna vlastností entit v jednotlivých hladinách – tato vlastnost se projeví ponejvíce jen při tisku

Ve většině případů zkoumaných parametrických systémů CAD, ale i neparametrických, je oddělen výkres od modelu. Při přenosu výkresu, který je vytvořen projekcí parametrického modelu do výkresového prostoru, dochází ke stejným problémům, jako při přenosu výkresu, vytvořeného jen z dvojrozměrných entit.

Shrnutí důvodů vytvoření nového formátu dat:

1. Velké firmy používají své vlastní standardy pro formáty dat
2. Vzájemné přizpůsobení jednotlivých formátů je nedostatečné.
3. Přístup k informacím o vnitřních formátech dat i o výměnných formátech dat je nedostatečný
4. Při vytvoření stejného modelu v různých systémech jsou rozdíly v objemu uložených dat.
5. Export ve „standardních“ výměnných formátech není vždy jednoduchý a srozumitelný při nastavení parametrů výměnného formátu. Stejný formát dat

umožňuje v některých systémech CAD značný rozsah nastavení a v jiném není nastavení dostupné.

6. Ne vždy se podaří při použití „standardního“ výměnného formátu přenést data do jiného systému CAD.

8.2 UNIVERZÁLNÍ FORMÁT DAT

Při tvorbě univerzálního formátu dat je nutné přihlédnout k mnoha hlediskům:

- nezávislost na operačním systému
- schopnost přenášet grafické i negrafické informace
- schopnost přenášet objemové objekty včetně historie vzniku
- schopnost přenášet plošné objekty včetně typů hraničních křivek
- přenášet 2D informace bez změny vlastností

Univerzální výměnný formát by měl být prvním krokem ve standardizaci ukládaných dat s využitím systémů CAD. Realizace záměru vytvoření univerzálního formátu je rozdělena do vývojových etap:

- První etapa se bude vyznačovat tím, že současně s vytvářením vnitřního (nativního) formátu dat, se bude souběžně vytvářet i soubor dat určený pro přenos. Tento soubor nebude obsahovat všechny informace ukládané ve vnitřním formátu, ale pouze informace o geometrii. Další negeometrické informace mohou být ukládány do formátu dat například tabulkového procesoru a přenášeny pak odděleně od geometrie.
- Druhá etapa, následující za vytvořením výměnného formátu, by měla směřovat k vytvoření jednotného modelovacího jádra. Není to požadavek nereálný z technického hlediska, které dnes většina tvůrců systémů CAD splňuje. Každý ze zkoumaných systémů měl velice podobné nástroje pro tvorbu objemové geometrie. Téměř stejným způsobem se i geometrie edituje, téměř stejně vytvářejí historii vzniku modelu.

8.3 PRINCIP VYTVOŘENÍ UNIVERZÁLNÍHO FORMÁTU DAT

Protože všechny systémy CAD dovolují programování a načítání externích aplikací, bude pro každý systém CAD vytvořena aplikace – překladač. Překladač je program, který data popisující objekt převede (souběžně s tvorbou vnitřního formátu) do výměnného formátu. Překladač bude mít i úlohu opačnou, při načítání dat převede informace o geometrii ve výměnném souboru. Pracuje na lokálním počítači jako rezidentní program, který se spouští v okamžiku spuštění systému CAD. Ukládaná data jsou tvořena ASCII znaky, neboť takto vytvořený soubor dat je možné poměrně snadno zkoumat a odhalovat případné chyby.

8.4 STRUKTURA (ZJEDNODUŠENÁ) FORMÁTU DAT

8.4.1 Hlavička

Hlavička obsahuje informace o souboru a systému, ve kterém byl soubor vytvořen:

- identifikace formátu
- typ modelovacího jádra (platí pro aktuální systémy CAD)
- jméno souboru
- datum a čas vytvoření
- identifikace autora a vlastníka souboru
- přesnost vytvoření modelu, jednotky
- znak ukončení hlavičky

Header;

```
    Program_name ();           // označení systému CAD
Version ();                   // modelovací jádro
    File_name ();             // jméno souboru
    Autor ();                 // jméno autora nebo firmy
    Edit Time ();             // celkový čas editace
    Last_Edit_Time            // datum a čas poslední editace
File Accuracy ();            // přesnost ukládaných souřadnic
End Header;
```

8.4.2 Datová část – 3D geometrie

Datová část – 3D geometrie obsahuje popis prvků (*Feature*), součástí (*Part*) a sestav (*Assembly*), vztahy mezi součástmi. Vytvoření datové části probíhá v těchto krocích:

- nastavit společný nulový bod souřadnicového systému a všechny další hodnoty souřadnic k tomuto bodu
- zapsat strukturu součástí pomocí pořadí ve stromové struktuře jednotlivých prvků a zapsat vztah mezi jednotlivými prvky
- zápis provádět po blocích :
 - jeden blok jedna součást
 - popis prvků tvořících součást
 - informace o materiálu a optických vlastnostech prvku
 - data přesného popisu, například síť pro MKP
- zápis vztahů mezi součástmi sestavy

3D Geometric Data;

```
    Base point (x,y,z);
        History_tree (position)
        Start_block_1 (Part_name);
        Feature_1 (type);
        Sketch_1 (type);
        Entity_1 (type, start_point_xy, end_point_xy, angle, center_xy);
Constraints_1 (type, entity_nuber)
...
        Constraints_n (type, entity_nuber)
```

```

...
End_Block_1;
...
Start_block_n (Part_name);
    Feature_n (type);
        Sketch_n (type);
            Entity_n (type, start_point_xy, end_point_xy, angle, center_xy);
            Constraints_1 (type, entity_nuber)
        ...
        Constraints_n (type, entity_nuber)
    ...
    Feature_nn(operation, materiál)
End_Block_n;

```

Při vytváření sestav je nejvýznamnějším krokem zaznamenání pevného (fixního) prvku, kterých může být několik.

```

Assembly structure (number_parts);
    Start_block_assembly
        Part_Name (position, fix (boolean));
    Constraint_type (number_constr, with_part_nuber, feature_number);
    End_Block_assembly;
End Assembly

```

8.4.3 Datová část – 2D geometrie

2D Drawing Data

Area (xmin, ymin, xmax, ymax);

Line type (Number):

Dimension Style

Text style (font_type, high, type (B,I,U));

Hatchstyle (type, scale, angle)

Geometric_block

Base point (x,y)

Start_block (EntityNum, start pointxy, endpointxy, starpoint_ID, endpoint_ID
linetype)

Blocks

Block_Num ()

Dimension

Dim (EntityNum, startpoint, endpoint, textsytyle)

Hatch

Point (x,y, style, angle)

End Data;

Eof;

Takto navržený univerzální formát dat, kromě výhody spojené se zajištěním přenosu všech informací o modelu, má i nevýhodu: objem přenášených dat bude podstatně větší, než je obvyklé u současných výměnných formátů.

9 ZÁVĚR

Vytvoření univerzálního formátu dat pro systémy CAD je v zásadě možné. S přihlédnutím k nalezeným obecným vlastnostem, lze konstatovat, že jednotlivé systémy se svými modelovacími a kreslicími schopnostmi přibližují a tedy i formát dat může být jednotný.

V případě 2D kreslicích systémů existují základní kreslicí a editační nástroje, které vytvářejí shodné entity. Také ve způsobu vytváření výkresů nejsou zásadní rozdíly. V případě 3D parametrických modelovacích systémů jsou základní modelovací nástroje shodné. Neparametrické systémy používají pro tvorbu modelu obdobné nástroje. Rozdílem, patrným na první pohled, je jiná struktura stromu vzniku, která obsahuje rozdílné položky.

Podstatný rozdíl mezi systémy CAD je tedy jen ve způsobu uložení geometrie. Používají se rozdílné vnitřní formáty dat, v naprosté většině případů tento formát dat nelze načíst v jiném systému nebo dokonce ani v rozdílné verzi jednoho systému. Využití přenosového formátu dat má vždy za následek potlačení informací o zdrojovém modelu, velice často dochází ke konverzi reprezentace dat, například objemové na plošnou.

Výsledkem této práce je shrnutí způsobu ukládání geometrických dat stávajících systémů CAD a na základě zobecnění navržení univerzálního formátu dat, který je schopen přenášet informace o 3D modelu a o výkresu bez podstatné redukce informací.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MURRAY, J.D; VANRYPER W. *Ecyklopedie grafických formátů – druhé vydání*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 1997. 917 s. ISBN 80-7226-033-2.
- [2] MURRAY, J.D; VANRYPER W. *Ecyklopedie grafických formátů*. Brno: Computer Press, 1995. 665 s. ISBN 80-85896-18-4.
- [3] ŽÁRA, J.; BENEŠ; B.; FELKEL, P. *Moderní počítačová grafika*. Brno: Computer Press, 1998. 433 s. ISBN 80-7226-049-9
- [4] SALOMON, D. *Computer Graphics and Geometric Modeling*. Springer, 1999. 833 s. ISBN 0-387-98682-0
- [5] MCNEEL, R. *Rhinoceros – NURBS Modeling for Windows*. Robert McNeel&Associates, 1999.
- [6] PÍŠA, Z. *AutoCAD LT97 – efektivně*. Brno: CCB, 1998. 138 s. ISBN 80-85825-31-7
- [7] PÍŠA, Z. *AutoCAD LT98 – efektivně*. Brno: CCB, 1999. 244 s. ISBN 80-85825-34-1

- [8] PÍŠA, Z. *AutoCAD LT2000 – efektivně*. Brno: CCB, 1999. 317 s.
ISBN 80-85825-44-9
- [9] PÍŠA, Z. *AutoCAD 2000 – efektivně*. Brno: CCB, 1999. 234 s.
ISBN 80-85825-38-4
- [10] PÍŠA, Z. *Učebnice AutoCADu*. Brno: CCB, 1999. 177 s.
ISBN 80-85825-35-X
- [11] Autodesk *AutoCAD 2000– User manual*. Autodesk, 2000
- [12] Autodesk *Mechanical Desktop –User ‘s Guide*. Autodesk, 2001
- [13] PÍŠA, Z. *Rhinoceros*, It CAD, ročník 11, č.6, str.30-34. ISSN 0862-996X
- [14] PÍŠA, Z.: *Microstation v8*, It CAD, 2002, ročník 12, č.1, str. 15-20.
ISSN 0862-996X
- [15] PÍŠA, Z.: *TurboCAD Professional v8*, It CAD, 2002, ročník 12, č.4, str.32-37.
ISSN 0862-996X
- [16] PÍŠA Z. : *Přechod z Mechanical Desktopu 4.0 na 5.0*, It CAD, ročník 11, č.3,
str.46-51. ISSN 0862-996X
- [17] PÍŠA Z.: *QCAD*, It CAD, 2003, ročník 13, č.1, str.49-52. ISSN 0862-996X
- [18] PÍŠA, Z. *Varkon*. It CAD, 2003, ročník 13, č.2. str.51-55.ISSN 0862-996X
- [19] PÍŠA, Z. *AutoCAD 2004*, It CAD, 2003, ročník 13, č.3.str.32-37. ISSN 0862-996X
- [20] ZÁPALKÁ, J. *Laserové tiskárny popis-praxe-PostScript*. Grada, 1992. 251 s.
ISBN 80-85424-30-4
- [21] JANÁČEK, D. *Výměna dat mezi CAD systémy - diplomová práce*. Brno: VUT FSI, 1999.
- [22] Pro/Engineer. *Základy systému*. Přerov: Rand Technologies, 1999.
- [23] SolidDesigner. *User ‘s Task Book*. CoCreate Inc, Fort Collins, 1998.
- [24] SÝKORA, P. *Microstation v8 – Podrobná příručka*. Praha: Computer Press, 2001. 521 s. ISBN 80-7226-540-7
- [25] SolidWorks. *TeacherGuite*. Concord: Solid Works Corporation, 2001.
- [26] IMSI. *TurboCAD Verze 8 – Kompletní uživatelský manuál*. IMSI, 2001.

11 AUTOROVO CV

Osobní údaje:

Zdeněk Píša, Ing. Narozen v roce 1961 v Náchodě. Trvalé bydliště: Křenová 13, Brno. Ženatý, otec 2 dětí.

Vzdělání:

- 1980 – ukončení studia na Střední průmyslové škole strojní v Novém Městě nad Metují – obor „Přístroje, regulace a automatizace“
- 1980-1985 – studium na Vysokém učení technickém v Brně – Fakultě strojní – obor „Přístroje, regulace a automatizace“.
- Od 1996 – postgraduální doktorské studium na Ústavu konstruování VUT FSI v Brně se zaměřením na problematiku přenosu dat mezi systémy CAD

Profesionální kariéra:

- 1985 – 1990 výzkumný a vývojový pracovník ve VÚEZ – Výzkum nereaktorové techniky (výzkum parních generátorů pro jaderné elektrárny)
- 1990 – 1992 Konstruktor I.BZKG – konstrukce parních kotlů
- 1992 – 1993 Projektant I.BZKG – projekce investičních celků
- 1993 – asistent na Ústavu konstruování VUT FS v Brně
- 1998 – asistent – ved. odboru počítačového navrhování na Ústavu konstruování VUT FSI v Brně

Pedagogická činnost:

- 1993 – 1994 přednášky:
 - Počítačová grafika
- 1994 – 2001 přednášky:
 - Počítačová grafika
 - Geometrické modelování
 - Systémy CAD
- 2001 přednášky:
 - Počítačové navrhování strojních uzlů
 - Geometrické modelování
 - Výpočtové moduly v systémech CAD
 - Systémy CAD

12 ABSTRACT

This thesis is a contribution to the area of CAD systems in relation to data storage possibility and data transfer within different systems. The result of the work is a suggestion of data format structure which reduces a drop-out of information within different CAD systems.

We recognize two dimensional (2D) drawings and modelling systems and three dimensional (3D) parametric and nonparametric systems. Each of them stores a different type of information into data files which exist in two data formats: native and exchange. Generally speaking a native data format is usually not used for data transfer. Significant software producers try to match a native format to the competitor's ones. Unfortunately the results are not satisfying.

The 3D data format is determined by a couple of properties such as modelling core, data storage properties, etc. Used 3D modelling core defines modelling tools of particular CAD systems provided for design. All CAD systems contain the same basic modelling tools such as extrude, revolve, sweep, loft, no matter what type of modelling core is used. The design process of a part is also similar. Each part is composed of used features created by sketches. These sketches consist of drawing entities, geometrical constraints and parametric dimensions (in case of parametric CAD systems).

The 2D data format is independent on modelling core. The 2D CAD systems include drawing tools with the same properties. All 2D systems provide similar basic types of drawing entities e.g. line, arc, circle as well as trim, extend, fillet or array. If inserting any information into design drawing, the same principles of dimensioning, hatching and annotation are applied.

For data transfer the data exchange formats are used. Only a few types of data exchange formats are used, nowadays. Each data format is suitable for different type of model. A change of model information is a considerable disadvantage of all these formats. That is why the solid models are often transferred into surface models. In case of parametric model the model tree is reduced to the only feature. The same situation occurs during a drawing transfer. The entities of the transferred drawing are converted into different ones. Most frequently the changes concern both dimensions and texts. As well blocks (group of entities) are often broken into basic entities. Further properties of the entities can change their colour, linetype, linewidth or layer. The exchange data formats transfer either 3D geometry or 2D one. At the present time the quality of the exchange data formats is not high enough in all range of this problem.

The proposal of the new data format respects a concept of model genesis. The data of design drawing do not change entity properties and preserve a group of entities into blocks. The data format proposal will be used to define a common data structure of all CAD systems no matter of their properties.