

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

IMPLEMENTÁCIA EDITORU A KLASIFIKÁTORU  
PARAMETRICKÝCH PROFILOV  
BAKALÁRSKA PRÁCA

2020  
MICHAL HORVÁTH



UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

IMPLEMENTÁCIA EDITORU A KLASIFIKÁTORU  
PARAMETRICKÝCH PROFILOV  
BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika  
Študijný odbor: Aplikovaná informatika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky  
Školiteľ: Ing. František Gyarfaš, CSc.

Bratislava, 2020  
Michal Horváth



# Abstrakt

Abstrakt.

**Klíčové slová:**

## Abstract

Abstract.

**Keywords:**

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Východisková kapitola</b>	<b>3</b>
1.1 Terminológia . . . . .	3
1.1.1 CAD . . . . .	3
1.1.2 Parametrické modelovanie . . . . .	4
1.1.3 B-rep . . . . .	4
1.1.4 CSG . . . . .	5
1.1.5 Profil . . . . .	5
1.2 Programovacie jazyky a technológie . . . . .	6
1.2.1 C++ . . . . .	6
1.2.2 Qt . . . . .	6
1.2.3 QML . . . . .	7
1.2.4 OCCT . . . . .	7
1.3 Analýza CAD systému Autodesk Inventor . . . . .	7
1.3.1 Popis aplikácie . . . . .	7
1.3.2 Prostredie aplikácie . . . . .	8
1.3.3 Použitie editora skíc . . . . .	9
1.3.4 Výhody a nevýhody aplikácie . . . . .	12
<b>Záver</b>	<b>13</b>





# Úvod



# Kapitola 1

## Východisková kapitola

### 1.1 Terminológia

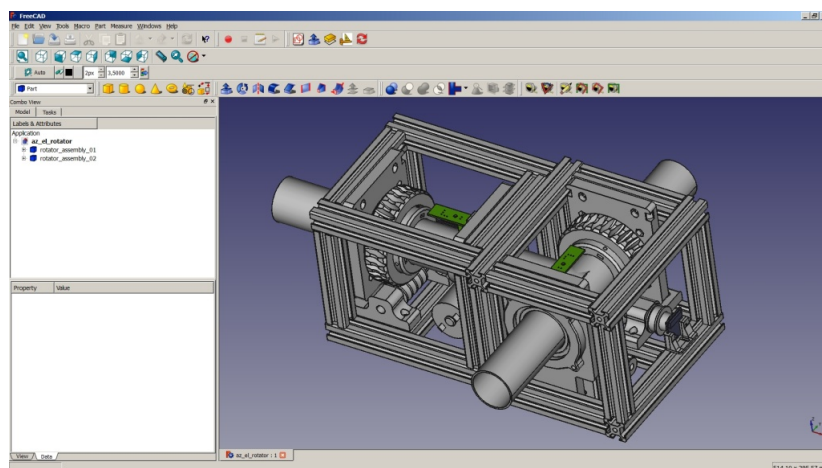
#### 1.1.1 CAD

Computer-aided design (CAD) je využitie počítačov pri vytváraní, modifikovaní, analyzovaní alebo optimalizovaní návrhu súčiastok a konštrukčnej dokumentácie.

CAD softvér sa využíva na zvyšovanie produktivity dizajnérov, vylepšovanie kvality dizajnu, zlepšenie komunikácie prostredníctvom dokumentácie a vytváranie databáz pre výrobu. Vznikol ako efektívnejšia a presnejšia alternatíva k manuálnemu ručnému kresleniu.

Využíva pre kreslenie kriviek a plôch v dvoj-rozmerných (2D) priestoroch alebo kriviek, plôch a telies v troj-rozmerných (3D) priestoroch.

CAD systémy sú najčastejšie implementované v objektovo-orientovaných jazykoch. Systém prepája grafické používateľské rozhranie s geometrickými dátami a geometrickým modelovacím kernelom.



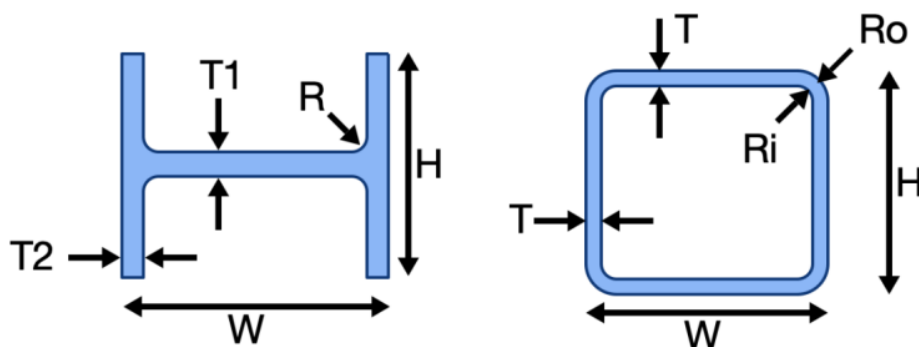
Obr. 1.1: Modelovací softvér FreeCAD

### 1.1.2 Parametrické modelovanie

Parametrický model má schopnosť zmeniť rozmer svojho tvaru v momente kedy je hodnota rozmeru zmenená.

Parametrické modelovanie je navrhovanie tvarov, napríklad plôch a telies, ktoré majú parametricky zadané rozmery. Rozmery modelu môžu byť medzi sebou automaticky prepojené cez parametrické rovnice, závislosti a prepojenia s inými tvarmi. Automatické prepojenie umožňuje parametrizovať viacej rozmerov jednou hodnotou.

Modely, ktoré neboli vytvorené pomocou parametrického modelovania, pre zmenu rozmerov vyžadujú zdĺhavé a komplikované upravovanie. Pri parametrických modeloch stačí zmeniť iba jednu alebo viacej parametrických hodnôt rozmerov.

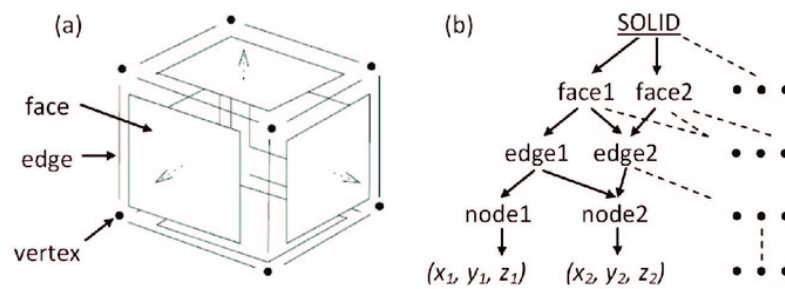


Obr. 1.2: Parametrizované rovinné útvary

### 1.1.3 B-rep

Boundary Representation (B-rep) je spôsob ukladania dát modelov pri CAD modelovaní. Boundary Representation popisuje teleso pomocou množiny útvarov, ktoré sú prepojené a vytvárajú ohraničenie telesa. Tieto hraničné útvary sú napríklad vrcholy, hrany alebo steny. Vrchol predstavuje jeden bod, hrana je ohraničená krivka a stena je ohraničená časťou povrchu.

Veľa systémov, ktoré používajú B-rep podporujú iba telesá, ktorých hraničné útvary sú 2-variety. Každý bod na 2-variete má v okolí body, ktoré sú topologicky rovnaké ako kruh.

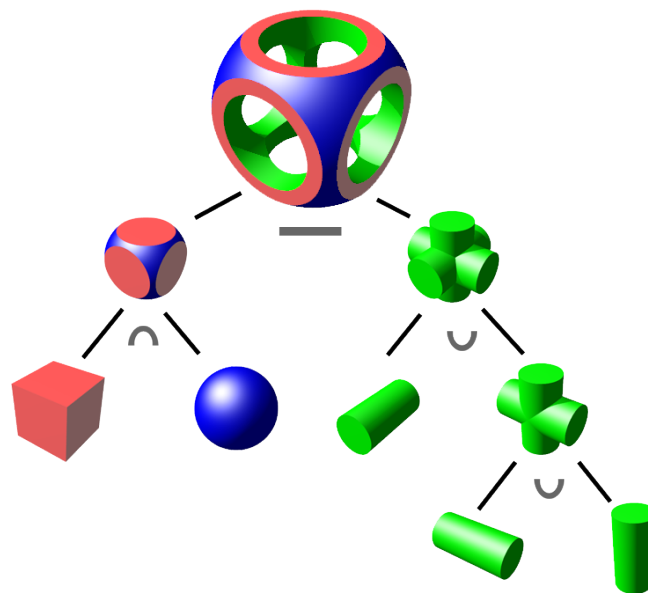


Obr. 1.3: B-rep reprezentácia kvádra

### 1.1.4 CSG

Constructive solid geometry (CSG) je technika používaná v CAD modelovaní pre reprezentovanie telies. Umožňuje vytvorenie komplexnejších troj-rozmerných útvarov pomocou použitia Boolovských operátorov (zjednotenie, prienik, rozdiel) na kombinovanie jednoduchších telies.

Potenciálne umožňuje vytvárať vizuálne zložité telesá iba pomocou kombinácie elementárnych telies. Medzi elementárne telesá zvyčajne patrí kváder, valec, kužeľ, guľa a ihlan.



Obr. 1.4: Model vytvorený pomocou CSG

### 1.1.5 Profil

Profil je troj-rozmerné teleso, ktoré vzniklo vysunutím (extrúziou) uzavretej dvoj-rozmernej plochy, ktorá je ohraničená prepojenými krivkami a úsečkami. Plocha musí byť súvislá, ale môže obsahovať diery. Táto uzavrená plocha sa nazýva prierez profilu.

Profil má po celej dĺžke rovnaký prierez profilu.

Najbežnejšie profily sú napríklad kruhový profil, rúra, štvorcový profil, I-profil, L-profil, U-profil.



Obr. 1.5: Rúra je typickým profilom

## 1.2 Programovacie jazyky a technológie

### 1.2.1 C++

C++ je programovací jazyk so širokými možnosťami využitia. Jazyk vznikol upravením programovacieho jazyka C. Najvýznamnejší rozdiel je pridanie tried, ktoré umožňujú programovanie v štýle objektovo-orientovaného programovania. Jazyk ale umožňuje programovanie v generickom alebo funkcionálnom štýle ako aj manipulovanie na nízkej úrovni.

Výhody jazyka C++ oproti ostatným populárnym jazykom spočívajú v dôraze na výkon, efektivitu a flexibilitu.

Súčasťou jazyka je Standard Template Library (STL). STL je knižnica, ktorá je zahrnutá v štandarde C++ a implementuje ju väčšina kompilátorov. Knižnica ponúka nástroje ako napríklad kontajnery, mapy, iterátori a implementácie algoritmov pre prácu s dátami.

### 1.2.2 Qt

Qt je framework vyvíjaný softwarovou spoločnosťou The Qt Company určený na vytváranie aplikačného softwaru s grafickým používateľským prostredím. Tieto aplikácie sú podporované na viacerých platformách ako je napríklad Linux, Windows, MacOS a Android.

Vývoj aplikácií používajúcich Qt prebieha najčastejšie v spojení s jazykmi C++ a QML, ale existuje tak tiež možnosť použitia jazykov ako je Python alebo Ruby. Dô-

ležitou súčasťou knižnice je rozšírenie jazyka C++ o signály a sloty, ktoré umožňujú komunikáciu medzi objektami.

### 1.2.3 QML

Qt Modeling Language (QML) je značkovací jazyk (markup language) určený pre vytváranie grafického používateľského prostredia. Jedná sa o deklaratívny jazyk, ktorým sa popíšu komponenty grafického prostredia aplikácie. QML v sebe integruje Javascript pre procedurálne programovanie.

Napriek tomu, že je možné vytvoriť celú aplikáciu iba prostredníctvom QML, jazyk sa často používa spolu s programovacím jazykom C++, v ktorom sa implementuje backend aplikácie.

### 1.2.4 OCCT

Open Cascade Technology (OCCT) je objektovo-orientovaná knižnica pre C++ určená pre vývoj CAD, CAM alebo CAE systémov.

Knižnica ponúka základné dátové štruktúry pre geometrické modelovanie a vizualizáciu, algoritmy pre modelovanie, nástroje pre prácu s dátami polygóvovej siete a nástroje pre prácu s dátami uloženými v neutrálnych formátoch pre výmenu modelov medzi CAD systémami ako sú napríklad STEP alebo IGES.

## 1.3 Analýza CAD systému Autodesk Inventor

V tejto časti opíšem existujúci softvér. Žiadny dostupný softvér neumožňuje automatické klasifikovanie súčiastok. Editory dvoj-rozmerných tvarov sú dostupné v aplikáciách typu CAD. Tieto aplikácie ale väčšinou ponúkajú aj širokú škálu iných nástrojov. Pri analýze som sa preto zamerail primárne iba na pracovanie s editorom dvoj-rozmerných tvarov. Veľmi dobre implementovaný editor dvojrozmerných tvarov obsahuje CAD systém Autodesk Inventor.

### 1.3.1 Popis aplikácie

Autodesk Inventor je parametrický, adaptívny 3D CAD software vyvíjaný firmou Autodesk. Aplikácia sa používa na 3D navrhovanie, simulovanie, vizualizáciu a dokumentáciu mechanických súčiastok.

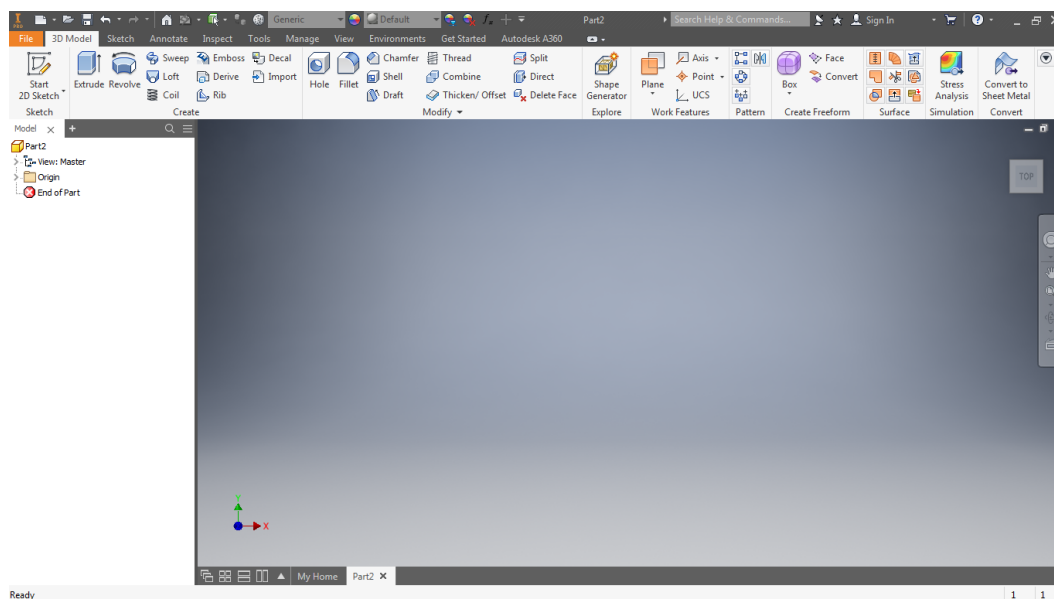
Základ konštrukcie súčiastok v Inventore tvorí vytváranie dvoj-rozmerných náčrtkov, z ktorých sa odvodí troj-rozmerné objekty. Príklad odvodu troj-rozmerného objektu z náčrtku je vysunutie (extrúzia).

### 1.3.2 Prostredie aplikácie

Po otvorení aplikácie sa otvorí úvodné okno, kde používateľ vidí svoje projekty, naposledy otvorené dokumenty a vytvorenie nových dokumentov. Základné typy dokumentov, ktoré sa dajú aplikáciou vytvárať a editovať sú súčiastka (part), zostava (assembly), výkres (drawing) a prezentácia (presentation). Aplikácia neumožňuje vytvárať dvoj-rozmerné útvary priamo, editor skíc je ale dostupný ako jeden z nástrojov pre vytváranie súčiastok.

**Prostredie editora súčiastiek pozostáva z:**

- **Panel kariet** - paleta v ktorej sa nachádzajú nástroje aplikácie pre modelovanie, vizualizovanie, exportovanie a pod.
- **Grafické okno** - náhľad editovanej súčiastky.
- **Navigačná kocka** - naznačuje aktuálny smer pohľadu a umožňuje model otáčať v náhlade.
- **Navigačný panel** - umožňuje zmeniť náhľad modelu v grafickom okne.
- **Prehliadač modelu** - zobrazuje históriu úprav modelu. Chronologicky sa tu zobrazujú nástroje, ktoré boli použité pri výrobe modelu. Umožňuje posúvanie v histórii úprav.
- **Karta dokumentov** - umožňuje prepínanie medzi viacerými otvorenými dokumentami.



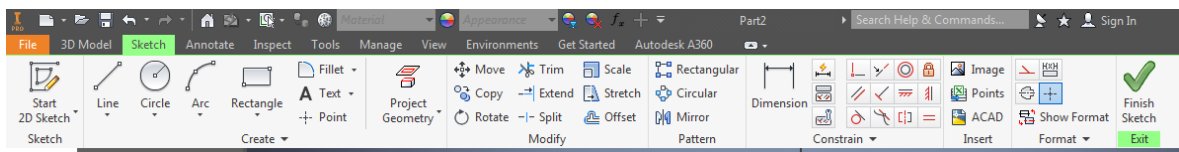
Obr. 1.6: Uživatelské prostredie aplikácie Autodesk Inventor



Editor skíc spustíme zmovelním Skica (Sketch) v záložke panelu kariet a následne v panely kariet vyberieme Zahájiť skicu (Start Sketch). Prostredie skicára vyzerá podobne ako prostredie editora súčiastiek. V panely modelu je vyznačená skica, ktorú vytvárame, resp. upravujeme. V panely kariet je ale aktívna iba jedna záložka zobrazujúca karty pre vytváranie a úpravu skice.

#### Karty na úpravu skice:

- **Skica** - obsahuje nástroj na vytvorenie novej skice.
- **Vytvoriť** - umožňuje vložiť entity ako je bod, čiara, krivka, obdĺžnik, kružnica, a pod.
- **Upraviť** - umožňuje otáčanie, kopírovanie, škálovanie entít.
- **Vzor** - umožňuje kopírovanie entít podľa vzoru ako je kruhový vzor, zrkadlový vzor a pod.
- **Väzby** - vytváranie väzieb medzi entitami ako kolmost', rovnaká dĺžka, rovnobežnosť, spojenie a pod. Rovnako sa tu nachádza nástroj na priraďovanie parametrizácie.
- **Vloženie** - importovanie obrázkov a skíc z iných aplikácií.
- **Formátovanie** - umožňuje formátovanie entít na konštrukčné, os, stredové a pod.
- **Koniec** - obsahuje nástroj na ukončenie skice.



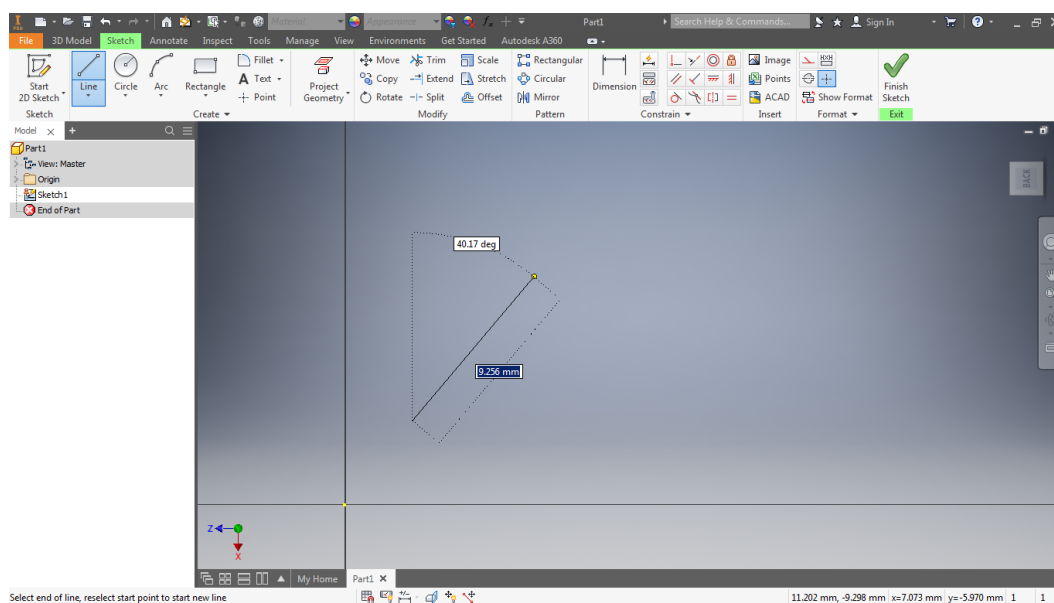
Obr. 1.7: Karty pre prácu so skicou v aplikácii Autodesk Inventor

### 1.3.3 Použitie editora skíc

V grafickom okne pracovnej plochy sa nachádzajú dve osi. Miesto ich pretnutie je vyznačené oranžovým bodom, ktorý predstavuje kotvu skice. Entity v skicy by sa mali priamo alebo nepriamo viazať na túto kotvu.

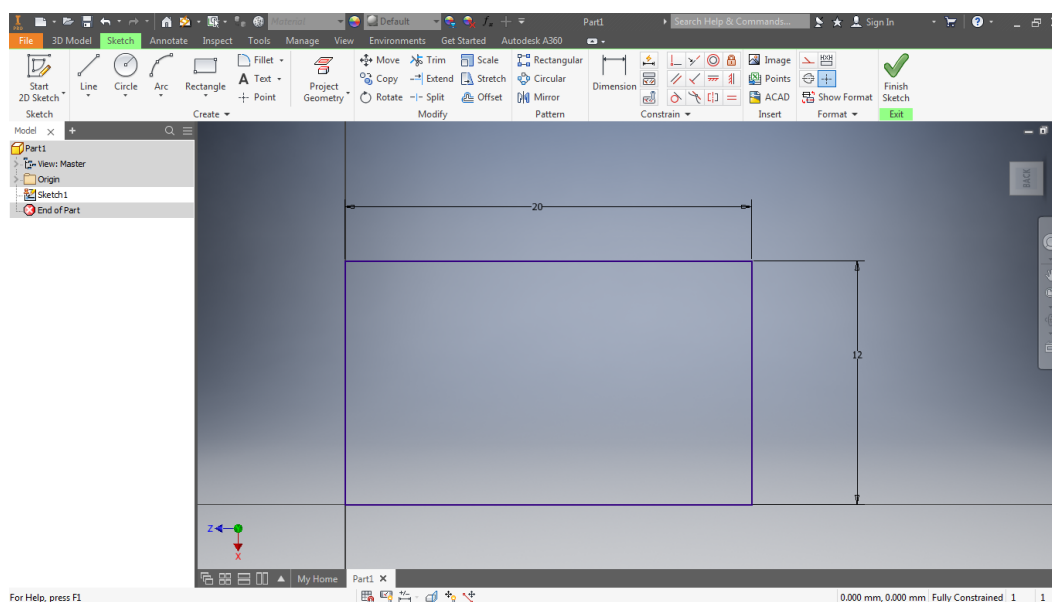
Pre vloženie čiary do skice zvolíme nástroj čiara (Line) v katalógu kariet. Kliknutím na miesto v grafickej ploche umiestnime prvý hrančný bod čiary a druhým kliknutím umiestnime druhý bod, čím sa čiara vloží do plochy. Nástroj čiara (Line) zostane stále

vybraný. Pre návrat ku kruzoru stlačíme klávesu ESC. Čiara nie je ukotvená a ani nemá zadany rozmer. Ak kurzorom označíme a potiahneme hraničný bod, tak zmeníme jeho pozíciu a tým zmeníme aj čiary. Hraničný bod čiary ukotvíme ku priesečníku osí pomocou nástroja zhodného viazania (Coincident constraint). Podobným nástrojom paralelnej viazanosti (parallel constraint) určíme rovnobežnosť nami pridanej čiary s osou. Pomocou nástroja rozmeru (Dimension) určíme dĺžku čiary kliknutím na čiary a zadáním číselnej hodnoty. Táto hodnota sa dá neskôr zmeniť, buď kliknutím priamo na číselnú hodnotu, alebo otvorením okna s hodnotami parametrov.



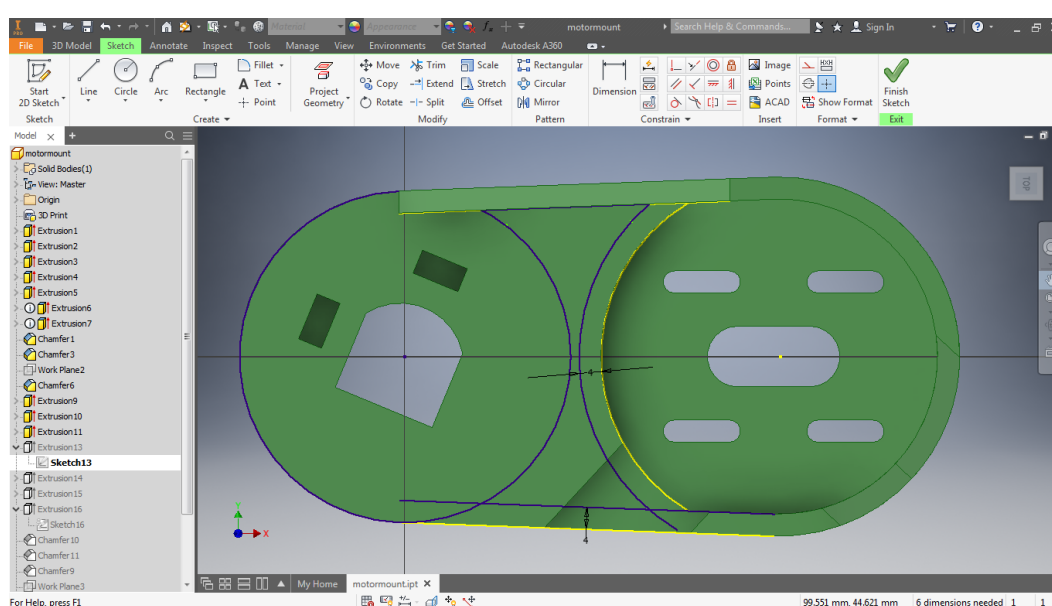
Obr. 1.8: Vkladanie čiary v aplikácii Autodesk Inventor

Ďalšiu entitu môžeme vložiť podobným spôsobom. Aplikácia nám umožní vybrať hraničné body už vložených entít a tak nové entity automaticky ukotví, prípadne im priradí naviazanie ako je napríklad rovnobežnosť alebo kolmosť. Rovnako ak po vložení entity zadáme číselnú hodnotu, tak entite priradíme parameter s definovanou hodnotou. Parametrizovať vieme aj vzdialenosti a uhly medzi entitami, nie len elementárne entity samotné. Takýmto spôsobom dokážeme vytvárať komplexnejšie tvary.



Obr. 1.9: Parametrizovaný obdĺžnik v aplikácii Autodesk Inventor

Pridávať parametre a viazania nemôžeme v prípade, že by sa tým porušili iné parametre a viazania. Aplikácia vie takéto konflikty automaticky detekovať a neumožní nám takýto útvar vytvoriť. Skica ale nemusí byť plne parametrizovaná aj keď to príručka odporúča, aplikácia nám umožní uložiť a pracovať aj s nie plne parametrizovanou skicou. Rovnako sa entity môžu pretínať a nevytvárať uzavreté plochy.



Obr. 1.10: Editovanie komplexnejšej súčiastky v aplikácii Autodesk Inventor

### 1.3.4 Výhody a nevýhody aplikácie

Skica je vždy súčasťou troj-rozmernej súčiastky a nedá sa v aplikácii samostatne uložiť ani v rámci aplikácie. Skica sa dá exportovať vo formáte .dwg, to ale zťažuje ich spravovanie a editovanie. Entity v skici musia mať po priradení parametra zadanú konkrétnu hodnotu alebo viazanosť.

Ďalšou nevýhodou aplikácie je, že funguje iba pod operačným systémom Windows. MacOS ani Linux nie sú podporované.

Aplikácia ponúka množstvo nástrojov pre technický dizajn. To zvyšuje kvalitu a flexibilitu dizajnov. Zároveň sa ale aplikácia stáva komplikovaná na obsluhu a náročná pre hardvér.

V skiciach dokáže rozpoznávať uzavreté krivky.

Inventor nedokáže parametrizovať a klasifikovať súčiastky, ktoré sú externe importované.

## Záver



# Literatúra

- [1] X. Autor1 and Y. Autor2. *Názov knihy*. Vydavateľstvo, 1900.
- [2] X. Autor1 and Y. Autor2. Názov článku (väčšinou z konferencie). In *Názov zborníka (väčšinou názov konferencie spolu s ročníkom)*, pages 1–100, 1900.
- [3] X. Autor1 and Y. Autor2. Názov článku z časopisu. *Názov časopisu, ktorý článok uverejnil*, 4(3):1–100, 1900.
- [4] X. Autor1 and Y. Autor2. Názov technickej správy. Technical Report TR123/1999, Inštitút vydávajúci správu, June 1999.
- [5] Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna, and Elisabeth Schlegl. *Nie príliš stručný úvod do systému LaTeX2e*. 2002. Preklad Ján Buša ml. a st.
- [6] Univerzita Komenského v Bratislave. Vnútorňý predpis č. 12/2013, smernica rektora Univerzity Komenského v Bratislave o základných náležitostiach záverečných prác, rigorózných prác a habilitačných prác, kontrole ich originality, uchovávaní a sprístupňovaní na Univerzite Komenského v Bratislave, 2013. [https://uniba.sk/fileadmin/ruk/legislativa/2013/Vp\\_2013\\_12.pdf](https://uniba.sk/fileadmin/ruk/legislativa/2013/Vp_2013_12.pdf).