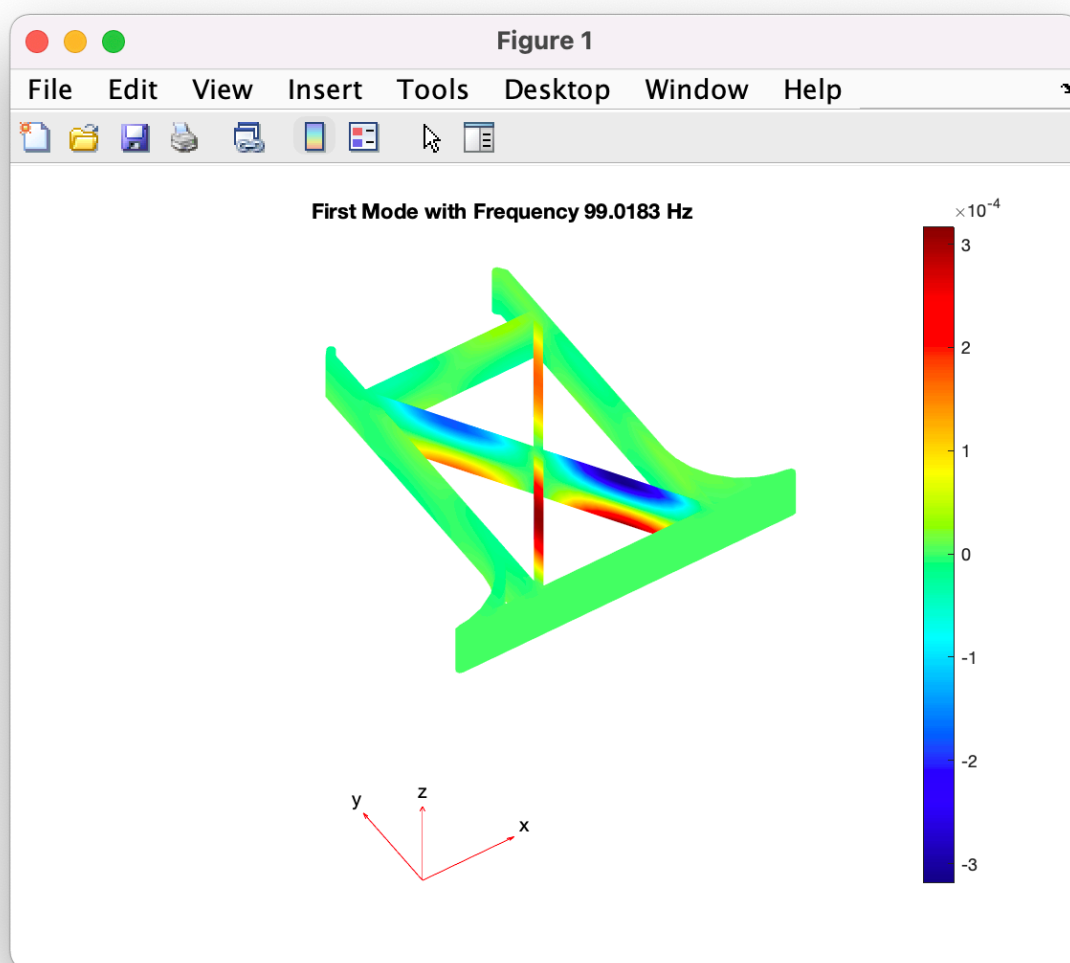


Hľadanie Rezonačnej Frekvencie

Konštrukcie mostov



Obr. 1 - 3D model s vykreslením rezonančných frekvencií

Úvod

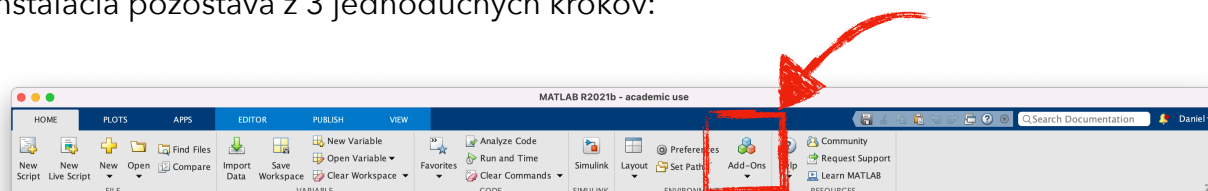
Cieľom semestrálnej práce bolo vytvoriť program, ktorý bude schopný vypočítať a vykresliť hodnoty rezonančnej frekvencie.

Pracovné Prostredie

Pracovné prostredie sme volili s prihliadnutím na existujúce knižnice a „Add-Ons“ aby sme dosiahli kvalitnejšie výsledky a takisto využili výhodu už s dokumentovaného

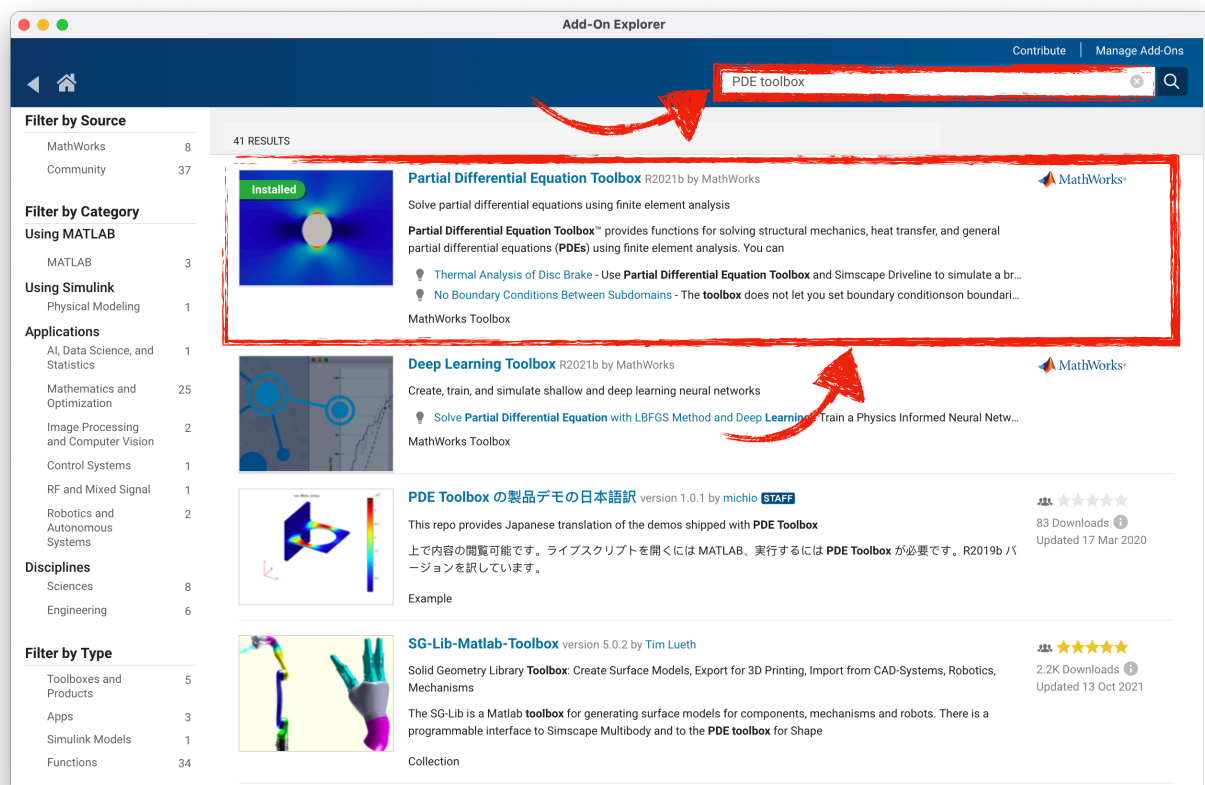
pracovného prostredia. S týmito požiadavkami sme zvolili MATLAB R2021b od spoločnosti The MathWorks, Inc. Dôvodom zvolenia tohoto IDE je práve využitie veľkého množstva „Add-Ons“ avšak nám bude stačiť 1 konkrétny a to je Partial Differential Equation Toolbox (ďalej už len PDE).

S veľkou pravdepodobnosťou sa tento Add-On nenachádza v predvolene nainštalovanej verzii MATLABu takže ho pred začatím budeme potrebovať nainštalovať. Inštalácia pozostáva z 3 jednoduchých krokov:



Obr. 2 - Umiestnenie „Add-Ons“

1. V lište „HOME“ rozklikneme políčko „Add-Ons“.
2. Do vyhľadávacieho okna napíšeme „PDE toolbox“ a z výsledkov hľadania zvolíme rovnaký ako vyznačený na obrázku.



Obr. 3 - PDE

3. Spustíme inštaláciu.

Zoznámenie sa s PDE Toolbox

Get Started with Partial Differential Equation Toolbox

R2021b

Solve partial differential equations using finite element analysis

Partial Differential Equation Toolbox™ provides functions for solving structural mechanics, heat transfer, and general partial differential equations (PDEs) using finite element analysis.

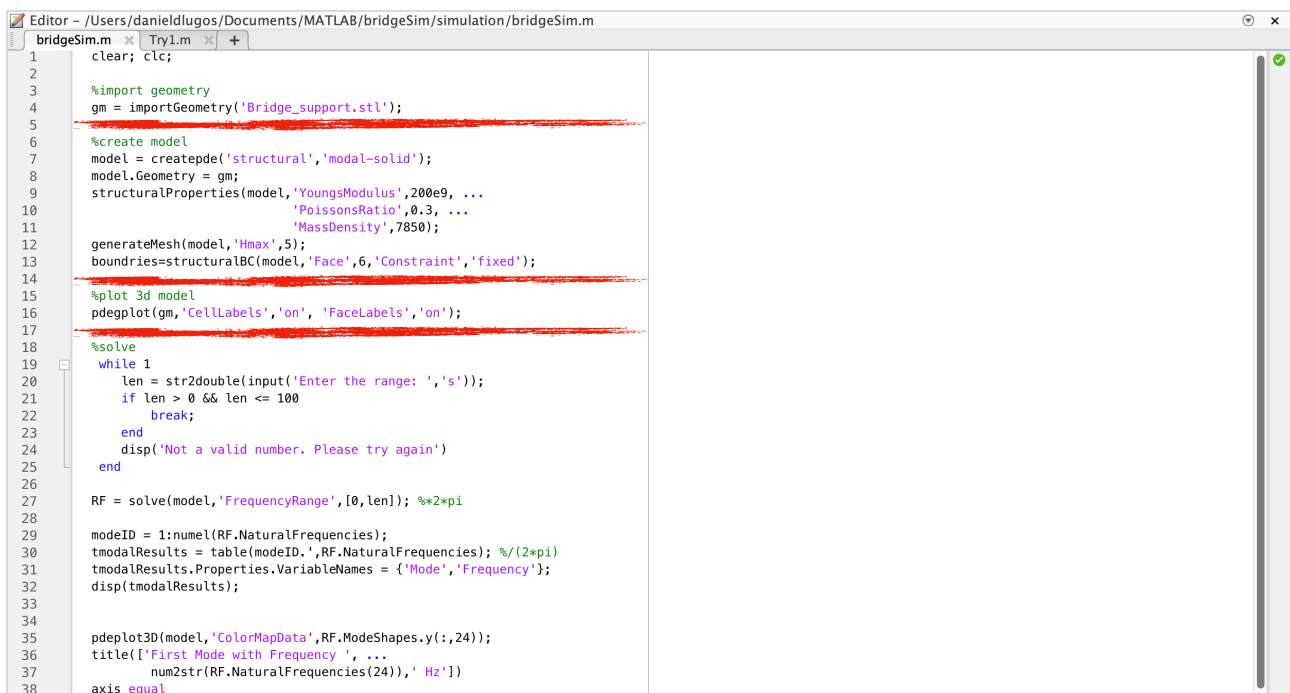
You can perform linear static analysis to compute deformation, stress, and strain. For modeling structural dynamics and vibration, the toolbox provides a direct time integration solver. You can analyze a component's structural characteristics by performing modal analysis to find natural frequencies and mode shapes. You can model conduction-dominant heat transfer problems to calculate temperature distributions, heat fluxes, and heat flow rates through surfaces. You can also solve standard problems such as diffusion, electrostatics, and magnetostatics, as well as custom PDEs.

Partial Differential Equation Toolbox lets you import 2D and 3D geometries from STL or mesh data. You can automatically generate meshes with triangular and tetrahedral elements. You can solve PDEs by using the finite element method, and postprocess results to explore and analyze them.

Obr. 4

Z úvodného textu, ktorý nám MATLAB o PDE poskytuje nás najviac zaujíma rúžovo zvýraznená veta.

Kód



```
1 clear; clc;
2
3 %import geometry
4 gm = importGeometry('Bridge_support.stl');
5
6 %create model
7 model = createpde('structural','modal-solid');
8 model.Geometry = gm;
9 structuralProperties(model,'YoungsModulus',200e9, ...
10 'PoissonsRatio',0.3, ...
11 'MassDensity',7850);
12 generateMesh(model,'Hmax',5);
13 boundaries=structuralBC(model,'Face',6,'Constraint','fixed');
14
15 %plot 3d model
16 pdegplot(gm,'CellLabels','on','FaceLabels','on');
17
18 %solve
19 while 1
20     len = str2double(input('Enter the range: ','s'));
21     if len > 0 && len <= 100
22         break;
23     end
24     disp('Not a valid number. Please try again')
25 end
26
27 RF = solve(model,'FrequencyRange',[0,len]); %*2*pi
28
29 modeID = 1:numel(RF.NaturalFrequencies);
30 tmodalResults = table(modeID,RF.NaturalFrequencies); %/(2*pi)
31 tmodalResults.Properties.VariableNames = {'Mode','Frequency'};
32 disp(tmodalResults);
33
34
35 pdeplot3D(model,'ColorMapData',RF.ModeShapes.y(:,24));
36 title(['First Mode with Frequency ', ...
37     num2str(RF.NaturalFrequencies(24)), ' Hz'])
38 axis equal
```

Obr. 5 - Náš kód a jeho rozdelenie

Náš kód sa v zásade skladá zo 4 hlavných blokov:

1. Import geometry
2. Create model
3. Plot 3D model
4. Solve

Import geometry

Do nášho modelu naimportuje súbor a vytvorí z neho geometrický objekt. Súbor, s ktorým budeme pracovať, musí mať príponu .stl. Súbor s ktorým budeme pracovať je potrebné vložiť do zložky, v ktorej sa takisto nachádza aj „bridgeSim.m“. Názov súboru treba uviesť v uvozovkách do funkcie importGeometry.

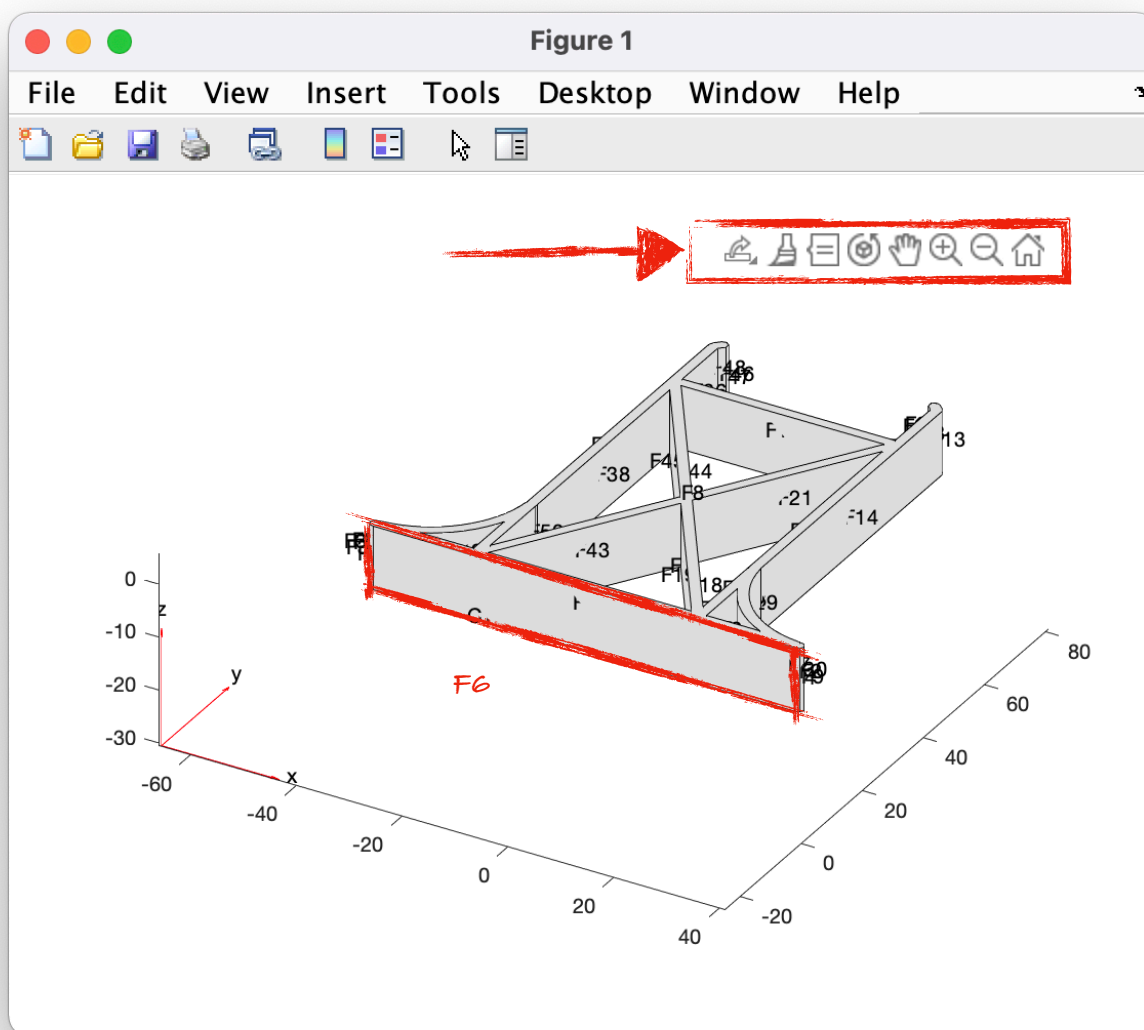
Create model

Blok kódu z nahratého súboru .stl vytvorí model, v ktorom nastavíme určité vlastnosti materiálu, ktoré daný materiál popisujú. V tomto prípade to bude:

- 1. Youngov modul pružnosti**, ktorý popisuje kde je hranica elastickej pružnosti pre daný materiál a je uvádzaný vo vysokých rádoch Pascalov [Pa].
- 2. Poissonove číslo** čo je pomer relatívneho predĺženia tyče k jej relatívnemu priečnemu zúženiu pri namáhaní ťahom.
- 3. Hustota** čo je vyjadrenie hmotnosti na jednotku objemu.

S týmito 3 konštantami vieme dosiahnuť cieľ našej úlohy pre akýkoľvek materiál. Funkcia, ktorá nám pomáha tieto konštanty spracovať v kóde, sa nazýva structuralProperties. Predposledný z príkazov v tomto bloku je funkcia generateMesh() a tá z geometrie objektu vytvorí mriežku - pre dosiahnutie nášho cieľa nevynechateľný prvok kódu. Posledný príkaz je structuralBC() ktorý udáva „okrajové podmienky“ pre náš konštrukčný model. Parametre ktoré v poradí do funkcie zadávame sú:

- **Názov** nášho **modelu** = **model**.
- **Typ geometrickej oblasti**, v našom prípade strana objektu ('**Face**').
- **Face ID** - ID strany ktorú chceme považovať za „základňu“. V našom prípade **6**.
- **Constraint** - len povinný prvok v parametroch.
- **Cval** - hraničné obmedzenie, môžeme špecifikovať ako „free“, „**fixed**“, „roller“, „symmetric“, alebo „multipoint“. My volíme „**fixed**“.



Obr. 6 - Viditeľnosť IDčiek nieje optimálna, na prieskum odporúčam nástroje v obdĺžníku hore.

Plot 3D Model

pdegplot() - Príkaz na plotovanie - predvolený plot z knižnice PDE Toolbox.

Solve

Blok kódu solve začína cyklom while, ktorý slúži na zvolenie rozhrania frekvencie (v Hz) pre ktorý sa bude počítať rezonančná frekvencia nášho objektu. Toto rozhranie bude zadávať užívateľ.

Riadky 27-32 sú príkazy na výpočet a výpis rezonančnej frekvencie.

Posledných pár riadkov slúži na vykreslenie rezonančných frekvencií v modele.

Zvyšné 3-4 riadky vykresľujú model s rezonančnými frekvenciami.

Mode	Frequency
1	8.8637
2	17.043
3	18.073
4	19.955
5	28.207
6	29.714
7	31.04
8	40.163
9	46.043
10	50.023
11	50.14
12	51.509
13	55.82
14	64.253
15	64.46
16	68.095
17	68.832
18	71.137
19	71.245
20	83.447
21	91.336
22	95.335
23	97.821
24	99.018

Obr. 7 - Výpočet rezonančných frekvencií pre daný 3D model v intervale 0 - 100 Hz

Záver

Výstupom našej simulácie je zoznam vypočítaných rezonančných frekvencií pre užívateľom daný rozsah a grafický výstup s vyznačením priamo v 3D modele. 3D model možno vložiť ľubovoľný - v zdrojovom priečinku prikladám jeden model mostu stiahnutý s web stránky <https://www.thingiverse.com/>. Treba myslieť na to že model pre ktorý si želáme zistiť a vykresliť rezonančné frekvencie, sa musí nachádzať v zdrojovom priečinku a musí mať príponu .stl.