Elektrotehnički Fakultet Beograd

**Praktikum iz Fizike 2**

30.04.2020.

|  |
| --- |
| Uneti ime, prezime i broj indeksa:  Никола Радојевић 2019/176  Word fajl obavezno snimiti na desktop, preimenovati u  **Ime\_Prezime\_refleks**  i poslati na [zeljkoj@etf.bg.ac.rs](mailto:zeljkoj@etf.bg.ac.rs) nakon završetka vežbi. Uz word fajl poslati i MATLAB kodove. U svaki .m fajl u vidu komentara uneti ime, prezime i broj indeksa. Subject mejla nasloviti kao “Refleks”. |

LABORATORIJSKE VEŽBE NA RAČUNARU

MODEL REFLEKSA

**Zadatak**: *Huang*-ov model patelarnog refleksa predstavljen je diferencijalnom jednačinom drugog reda:



gde *θ* predstavlja ugao otklona potkolenice (rad), *m* masu potkolenice (kg), *L* dužinu potkolenice (m), *J* moment inercije potkolenice (kgm2), *T* ponderisani izometrijski moment sile mišića (Nm), a *g* gravitaciono ubrzanje (m/s2).

1. Odrediti analitičke izraze za prirodnu ugaonu frekvenciju oscilacija *ω*0 i faktor prigušenja *ξ* koristeći osobine i formu diferencijalne jednačine koja opisuje prigušene oscilacije (videti slajd 8 prezentacije za pripremu).

|  |
| --- |
| **Odgovor:** |
|  |

1. Dati su sledeći parametri modela: *J* = 0.154 kgm2, *m* = 4 kg, *g* = 9.81 m/s2, *L* = 0.34 m, *ω*0 = 6.28 rad/s i *ξ* = 0.228. Napisati funkciju (koleno.m) kojoj se **ovi parametri prosleđuju kao pozivni parametri**, a koja prema njima sračunava *c* i *T*, a zatim opisuje zadatu diferencijalnu jednačinu **u onom obliku u kome je data u gornjoj jednačini**.
2. Rešiti diferencijalnu jednačinu u glavnom programu (refleks\_kolena.m) i nacrtati grafik *θ*(*t*). Jednačinu rešavati na domenu od 0 do 5 sekundi u 1000 tačaka, sa početnim uslovima *θ*(0) = 0 rad i *θ’*(0) = 2π rad/s.

|  |
| --- |
| **Slika:** |
|  |

1. **Kod zdravih ispitanika, potkolenica se nakon otklona usled kontrakcije kvadricepsa direktno vraća u stabilan ravnotežni položaj nakon maksimalno jedne pune oscilacije.** Data su četiri faktora prigušenja *ξ*  = 0.1, 0.3, 0.5 i 0.7. Na jednom subplot 2x2 grafiku nacrtati *θ*(*t*) za sve četiri kombinacije i komentarisati koji faktor(i) prigušenja karakterišu zdravog ispitanika (u kontekstu *Huang*-ovog modela).

|  |
| --- |
| **Slika:** |
|  |

|  |
| --- |
| **Komentar:** |
| Једино фактор x = 0,5 одговара здарвој особи јер се једино у том случају колено одмах враћа у равнотежни полжај после највише једне пуне осцилације. |

**Eksperimentalno praćenje patelarnog refleksa LED markerom**

Praćenje kretanja ekstremiteta svetlećim diodama (LED) kao markerima jedan je od standardnih postupaka u medicinskoj praksi. Kao primer može poslužiti praćenje pokreta potkolenice crvenim LED markerom tokom indukovanog patelarnog refleksa. Kratkotrajno dejstvo mehaničkog pritiska na patelarni ligament indukuje privremenu kontrakciju kvadricepsa i time otklon potkolenice u odnosu na ravnotežni položaj. Kretanje potkolenice pri relaksaciji približno ispoljava karakteristike prigušenih oscilacija fizičkog klatna u formi krutog štapa zglobno pričvršćenog na jednom kraju.

U postavci eksperimenta, crveni LED marker je pričvršćen za članak koji se kreće tokom patelarnog refleksa. Kretanje članka se snima digitalnom kamerom sa frekvencijom akvizicije od 120 fps.

Dužina i masa potkolenice se određuju neposrednim merenjem, dok se moment inercije procenjuje na osnovu modela krutog štapa. Faktor prigušenja i ugaona frekvencija prigušenih oscilacija se ekstrahuju nelinearnom regresijom (fitovanjem).

MATLAB skripta za obradu video zapisa i ekstrakciju položaja LED markera je data u nastavku teksta sa detaljnim komentarima.

% PRACENJE KRETANJA POTKOLENICE CRVENIM LED MARKEROM

clear all

close all

clc

staza = uigetfile; % pribavljanje lokacije video zapisa

radni\_dir = cd; % trenutni direktorijum je radni direktorijum

Snimak = VideoReader(staza); % ucitavanje video zapisa

% for petlja za obradu pojedinacnih frejmova

for k = 1:Snimak.NumberOfFrames

rgb\_slika = read(Snimak,k); % ucitavanje pojedinacnog frejma

red\_slika = rgb\_slika(:,:,1); % izdvajanje slike intenziteta crvene komponente

gray\_slika = rgb2gray(rgb\_slika); % pretvaranje RGB slike u intenzitetnu (grayscale) sliku

dif\_slika = imsubtract(red\_slika,gray\_slika); % slika razlike intenziteta (red-gray)

%(Vrednosti piksela se zaokruzuju na najblizi ceo broj iz opsega [0,255])

% figure(1)

% imshow(dif\_slika) % funkcija za prikazivanje slike na displeju

% Poboljsanje kontrasta slike

MIN = min(min(dif\_slika)); % odredjivanje minimalne vrednosti intenziteta u slici

MAX = max(max(dif\_slika)); % odredjivanje maksimalne vrednosti intenziteta u slici

cs\_slika = (255/(MAX-MIN))\*(dif\_slika-MIN); % linearno razvlacenje kontrasta do ivica dinamickog opsega

% figure(2)

% imshow(cs\_slika)

mf\_slika = medfilt2(cs\_slika); % nelinearno median filtriranje prozorom 3x3

% figure(3)

% imshow(mf\_slika);

% Segmentacija na osnovu praga intenziteta

prag = 0.625; **% zadati prag intenziteta piksela (treba empirijski odrediti)**

cb\_slika = im2bw(mf\_slika,prag); % transformacije grayscale slike u crno-belu sliku na osnovu zadatog praga

% figure(4)

% imshow(cb\_slika)

% Odredjivanje polozaja LED markera

Centar = regionprops(cb\_slika,'Centroid'); % nalazenje centra segmentiranog markera

xc = Centar(1,1).Centroid(1); % x-koordinata segmentiranog markera na frejmu

yc = Centar(1,1).Centroid(2); % y-koordinata segmentiranog markera na frejmu

XC(k) = xc; % upis u niz x-koordinata segmentiranog markera

YC(k) = yc; % upis u niz y-koordinata segmentiranog markera

% pause

% close all

end

vreme=0:1/120:(k-1)/120; % realna vremenska linija (s) video zapisa sa frekvencijom akvizicije 120 fps

% iscrtavanje grafika polozaja markera na apscisi

figure(5)

plot(vreme,XC)

xlabel('vreme (s)')

ylabel('polozaj markera na apscisi (pixel)')

% odsecanje niza za poboljsanje fita

figure(6)

XC\_fit=XC(82:221);

vreme\_fit=vreme(82:221);

plot(vreme\_fit,XC\_fit)

xlabel('vreme (s)')

ylabel('polozaj markera na apscisi (pixel)')

**Zadatak**: Na osnovu video zapisa eksperimenta i implementacije *Huang-*ovog modela iz prethodnog zadatka obaviti sledeće operacije:

1. Nacrtati vremensku zavisnost položaja LED markera tokom trajanja patelarnog refleksa za zadatu vrednost praga segmentacije LED markera (0.625). Da li se radi o zdravom ispitaniku? Ukoliko se za prag intenziteta uzmu vrednosti 0.3 i 0.8, kakav je oblik trajektorije LED markera? Priložiti odgovarajuće ilustracije.

|  |
| --- |
| **Odgovor:** |
| Napisati procenu zdravstvenog stanja potkolenice ispitanika. |

|  |
| --- |
| **Slike i komentar:** |
| Ubaciti grafike trajektorija koje se dobijaju pri različitim vrednostima praga segmentacije. Opisati karakteristike ovih trajektorija. |

1. Pronaći optimalan fit za vremensku zavisnost položaja LED markera korišćenjem ugrađene MATLAB funkcije lsqcurvefit. Navesti vrednosti odgovarajućih parametara koje su dobijene fitovanjem. Uz kod za fitovanje priložiti i odgovarajuću sliku koja uporedno prikazuje eksperimentalne podatke i optimalnu krivu fita. Za fitovanje koristiti funkciju oblika:

**Napomena:** Kao eksperimentalne podatke za fitovanje koristiti nizove vreme\_fit i XC\_fit.

|  |
| --- |
| **Odgovori:** |
| Napisati vrednosti parametara koje su dobijene fitovanjem. |

|  |
| --- |
| **Slika:** |
| Ubaciti sliku na kojoj se vidi poređenje eksperimentalnih podataka i optimalne krive fita. |

1. Izdvojiti faktor prigušenja i prirodnu ugaonu frekvenciju oscilacija iz parametara optimalne krive fita.

|  |
| --- |
| **Odgovori:** |
| Ovde izračunati vrednosti za *ω*0 i *ξ* na osnovu dobijenih parametara optimalnog fita. |

1. Za parametre izdvojene u tački c) i neposredno izmerene vrednosti parametara *m* = 3.84 kg i *L* = 0.49 m ponovo rešiti diferencijalnu jednačinu *Huang*-ovog modela u glavnom programu (realni\_refleks.m) i grafički prikazati vremensku evoluciju otklona potkolenice *θ*(*t*). Diferencijalnu jednačinu rešavati na domenu od 0 do 5 sekundi u 1000 tačaka, sa početnim uslovima *θ*(0) = 0 rad i *θ’*(0) = (prirodna ugaona frekvencija oscilacija iz c)) rad/s.

|  |
| --- |
| **Slika:** |
| Ubaciti grafik vremenske zavisnosti ugla otklona potkolenice. |

1. Uporediti rezultate dobijene primenom *Huang*-ovog modela sa realnim eksperimentalnim parametrima i eksperimentalne rezultate dobijene obradom video zapisa i nelinearnom regresijom. Uz komentar priložiti i odgovarajuće ilustracije.

**Uputstvo:** Zavisnost *θ*(*t*) dobijenu na osnovu *Huang*-ovog modela pomnožiti odgovarajućom konstantom K = max(*X*(*t*)-*X*0)/max(*θ*(*t*)) da bi se maksimalna amplituda u modelu izjednačila sa maksimalnom amplitudom dobijenom fitovanjem eksperimentalnih rezultata. Dobijenu zavisnost zatim sabrati sa srednjom vrednošću *X*0 koja je dobijena fitovanjem eksperimentalne vremenske zavisnosti otklona potkolenice. Vremensku osu rezultata dobijenih na osnovu modela je takođe potrebno translirati što se postiže sabiranjem niza vrednosti *t* sa vrednošću parametra *t*0.

|  |
| --- |
| **Komentar:** |
| Koliko dobro se model slaže sa eksperimentalnim merenjem? U kom delu se javlja najveće odstupanje? |

|  |
| --- |
| **Slike:** |
| Ubaciti grafike na osnovu kojih se može napraviti poređenje rezultata modela i eksperimenta. |