Háskóli Íslands

STÆ405G Töluleg greining

Verkefni 1

Höfundar:
Guðjón Bergmann Ágústsson
Huldar Hlynsson
Ragnar Björgvin Tómasson

Kennari:
Birgir Hrafnkelsson

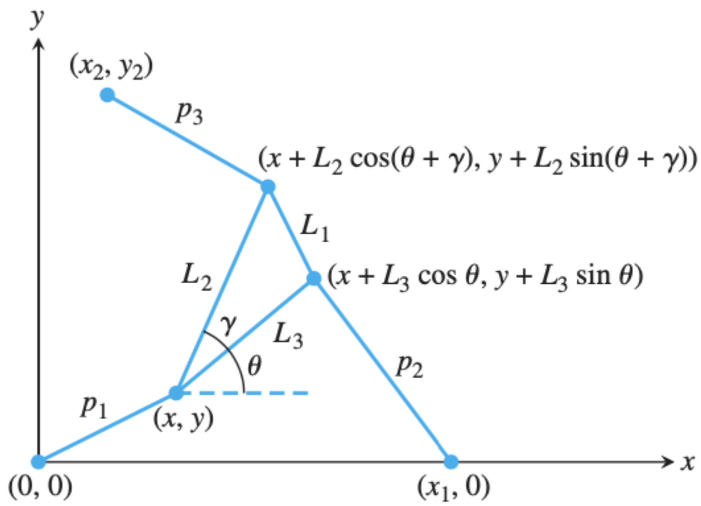
Leiðbeinendur:
Ingvar Þóroddsson
Magnea Haraldsdóttir
Margrét Vala Þórisdóttir
Þórður Ágústsson

Vorönn 2021

Efnisyfirlit

Inngangur

Verkefnið fjallar um hreyfingar tvívíðar gerðar af Stewart platform sem er þríhyrndur flötur með þrjár stoðir. Í bókinni er búið að leiða út fyrir okkur jöfnur fyrir þær stærðir sem notaðar eru og teikna skýringarmynd (sjá mynd 1) sem hjálpar okkur að vita samsvarandi stærð hvers gildis.



Mynd 1: Skýringarmynd úr bók.

1. liður

1.1. Verkefnalýsing

Í fyrsta lið á að skrifa kóða fyrir fallið f(θ) sem hefur breyturnar $L_1, L_2, L_3\gamma, x_1, x_2, y_2$ sem eru allt fastar og lengd festistanga sem táknaðar eru með p_1, p_2, p_3, sem verða þekktar stærðir fyir stöðu kerfis.

1.2. Lausn

Byrjum á því að búa til fallið *f_ af_ theta.m* sem tekur inn breyturnar *p1, p2, p3, L1, L2, L3, x1, x2, y2, theta og gamma* sbr. verklýsing í bók: Fallið skilar vikri með þremur gildum (sjá skilgreiningu).

```
function [f, x, y]= f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma)

A2 = L3*cos(theta)-x1;
B2 = L3*sin(theta);
A3 = L2*cos(theta + gamma)-x2;
B3 = L2*sin(theta + gamma)-y2;
D = 2*(A2*B3-B2*A3);

N1 = (B3*(p2^2-p1^2-A2^2-B2^2)-B2*(p3^2-p1^2-A3^2-B3^2));
```

```
N2 = (-A3*(p2^2-p1^2-A2^2-B2^2)+A2*(p3^2-p1^2-A3^2-B3^2));
f = N1^2 + N2^2 - p1^2*D^2;
x = N1/D;
y = N2/D;
end
```

Þessa skrá vistum við í sömu möppu og verkefnið okkar og getum því kallað á fallið þegar þess þarf.

```
    % Lidur 1
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Vid skilgreindum fallid f_af_theta sem tekur inn eftirfarandi breytur i %
% rettri rod:                                                               %
% p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma                                    %
% Fallid skilar gildum F,x og y (skyrt i verkskyrslu).                      %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' ')
disp('Lidur 1:')
disp('--------------------------------')
disp('(Sja forrit f_af_theta.m i skyrslu)')
disp(' ')

p1 = sqrt(5); p2 = sqrt(5); p3 = sqrt(5);
L1 = 2; L2 = sqrt(2); L3 = sqrt(2);
x1 = 4; y1 = 0; x2 = 0; y2 = 4;

gamma = pi/2;
```

Prófum hvort fallið virki ekki örugglega með því að stinga inn gefnum gildum og athuga hvaða úttak við fáum. Ef úttak fallsins f er (nógu nálægt) 0 þá þýðir það að gildin sem stungin voru inn ganga upp og hægt er að teikna stewart platform með þessum gildum. Sjá niðurstöðu á mynd 2.

```
    disp('Ef allt gengur að óskum ættu næstu tvær niðurstöður að vera 0')
    theta = - pi/4;
    disp(strcat('f(-pi/4) =  ', num2str(f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma))))
    theta = pi/4;
    disp(strcat('f(pi/4) =  ',num2str(f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma))))
```

```
Lidur 1:
--------------------------------
(Sja forrit f_af_theta.m i skyrslu)

Ef allt gengur að óskum ættu næstu tvær niðurstöður að vera 0
f(-pi/4) =-4.5475e-13
f(pi/4) =-4.5475e-13
```

Mynd 2: Keyrsla úr lið eitt.

2. liður

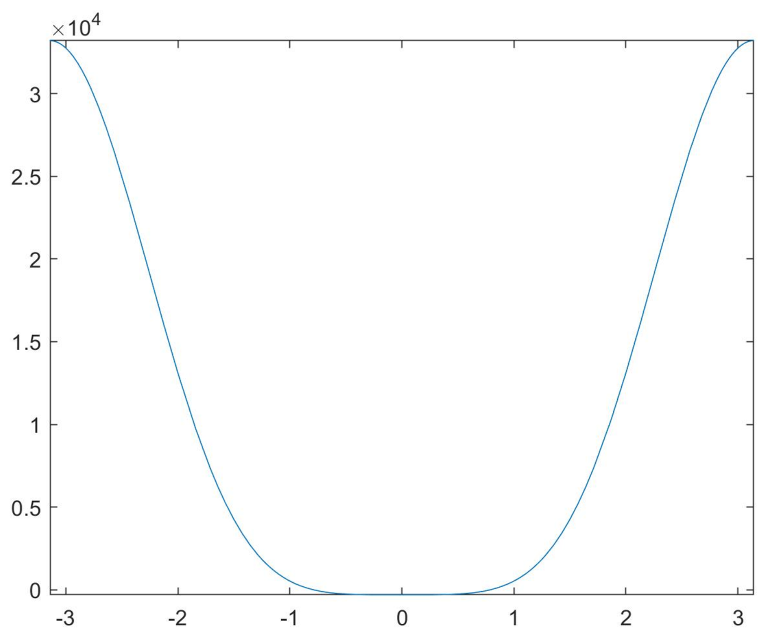
2.1. Verkefnalýsing

Teiknið $f(\theta)$ á bilinu $[-\pi, \pi]$ og athugið hvort ræturnar séu ekki örugglega $\pm\frac{\pi}{4}$.

2.2. Lausn

Hér eiga engir töfrar sér stað heldur er graf fallsins $f(\theta)$ bara teiknað upp á mynd 3.

```
% Lidur 2
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' ')
disp('Lidur 2:')
disp('--------------------------------')
disp('(Sja mynd 3)')
disp(' ')
disp('Sömu gildi og því sömu rætur, könnum þær því ekkiaftur.')

syms theta;
figure(1)
% Plottum f á [-pi, pi]
ezplot(f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma),[-pi,pi])

clear theta
```



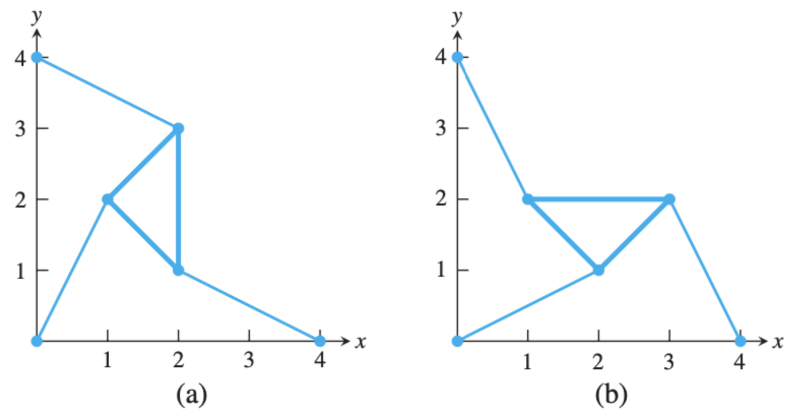
Mynd 3: $f(\theta)$ á bilinu $[-\pi, \pi]$.

Sömu gildi og í fyrri lið svo rætur eru þær sömu og því vitum við að $\pm\frac{\pi}{4}$ eru rætur.

3. liður

3.1. Verkefnalýsing

Teiknið mynd 1.15 úr bókinni (Numerical analysis) í matlab (sjá mynd 4 í skýrslu), báðar stöður samsvara $p_1 = p_2 = p_3 = \sqrt{5}$ og þríhyrningurinn er fenginn með $L_1 = L_2 = L_3 = \sqrt{2}, \gamma = \dfrac{\pi}{2}$



Mynd 4: Mynd 1.15 úr numerical analysis til endurteikningar.

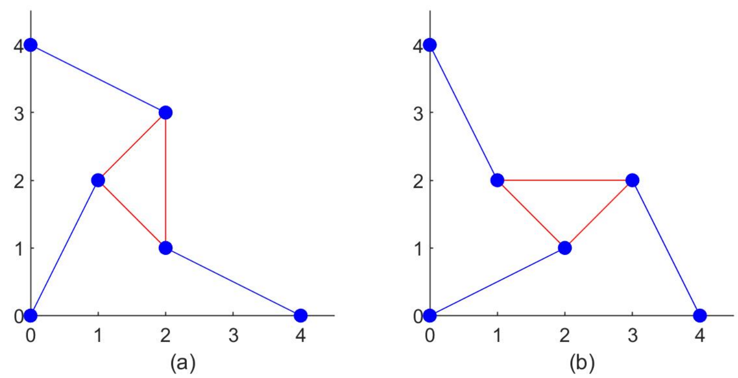
3.2. Lausn

Við skrifum tvö föll, annað sem teiknar upp stewart platform á þann ramma (e. figure) sem valinn er, plot_stewart.m , og hitt fallið, thrihyrningur.m , finnur hornpunkta þríhyrningsins út frá gefnum lengdum á stoðum og hliðum þríhyrnings ásamt hornunum θ og γ og hnitum endapunkta stoða sem eru ekki á þríhyrning. Fallið *plot_stewart.m* kallar á thrihyrningur.m til að geta teiknað upp stewart platform.

```
    % Lidur 3
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' ')
disp('Lidur 3:')
disp('--------------------------------')
disp('(Sja mynd 5)')
disp(' ')

% a) Teiknar mynd a) í fig 1.15
%----------------------------------------------------%
theta = -pi/4;
gamma = pi/2;
[f,x,y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);

figure(2);  % Rammi 2
subplot(1,2,1) % 2 myndir í 1*2 grid, fiktum í mynd 1
plot_stewart (x1, x2, y2, theta, gamma, p1, p2, p3, L1, L2, L3) % Plotta Stewart mynd

axis([0 4.5 0 4.5])
xlabel('(a)');
pbaspect([1 1 1])
```

```
set(gca, 'box', 'off')


% b) Teiknar mynd b) í fig 1.15
%-----------------------------------------------------%
subplot(1,2,2) % 2 myndir í 1*2 grid, fiktum í mynd 2
theta = pi/4;
[f,x,y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma); % Finna ný gildi á f, x, y2

plot_stewart (x1, x2, y2, theta, gamma, p1, p2, p3, L1, L2, L3) % Plotta Stewart mynd

axis([0 4.5 0 4.5])
xlabel('(b)');
pbaspect([1 1 1])
set(gca, 'box', 'off')
```

Á mynd 5 (að neðan) má sjá hvernig ofangreindur kóði endurteiknar mynd 1.15 úr bókinni.



Mynd 5: Endurteikning á mynd 1.15 í bók úr Matlab.

4. liður

4.1. Verkefnalýsing

Leysið forward kinematics problem fyrir tvívíðan Stewart platorm með gildin

$$x_1 = 5, (x_2, y_2) = (0, 6), L_1 = L_3 = 3, L_2 = 3\sqrt{2}, \gamma = \frac{\pi}{4}, p_1 = p_2 = 5, p_3 = 3$$

Teiknið $f(\theta)$ og leysið jöfnurnar til að finna allar 4 mögulegar stöður kerfisins og teiknið þær, staðfestuð svörin með að sýna að p_1, p_2, p_3 á teikningum séu þau sömu og gefin gildi

4.2. Lausn

Að leysa „forward kinematics problem fyrir tvívíðan stewart platform" þýðir að fyrir gefnar lengdir stoðum þarf að finna x, y og θ (í raun bara θ því hægt er að finna x og y út frá gefnum stærðunum). Við vitum þó einnig hliðarlengdir þríhyrnings og γ.
Við vitum að fjöldi mögulegra staða er 4 og þar af leiðir að fjöldi róta $f(\theta)$ á bilinu $[-\pi, \pi]$ er einnig 4. Leysum þennan lið með því að teikna fyrst upp graf fallsins $f(\theta)$ (mynd 6) og lesa af þeirri mynd á hvaða bilum ræturnar 4 gætu verið.

```
    % Lidur 4
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Eigum að finna stöðu platforms (x,y,theta) fyrir gefnar lengdir á stoðum (p1,p2,p3)
disp(' ')
disp('Lidur 4:')
disp('--------------------------------')
disp('(Sja myndir 6, plot af f, og 7, stöðurnar 4 sem uppfylla skilyrðin)')
disp(' ')

% Setjum inn ný gildi á breytum
p1 = 5; p2 = 5; p3 = 3;
x1 = 5; y1 = 0;
x2 = 0; y2 = 6;
L1 = 3; L2 = 3*sqrt(2); L3 = 3;
gamma = pi/4;
syms theta;
[f, x, y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
figure(3);
ezplot(f,[-pi,pi]) % Plottum f á [-pi, pi]
```

Skrifum næst lítið rótaleitarforrit sem leitar að rótum á þeim bilum.

```
% Skrifum litid rotaleitarforrit:
%--------------------------------------------------%
raetur = [];
range = [-4 -3;-3 -2;-2 -1;-1 0; 0 1;1 2;2 3;3 4];
% Skoðum nokkur bil af lengd 1 sem innihalda [-pi, pi]
telja_raetur = 0;

% Litla rótaleitarforritið
for k = 1:8
   rot = double(vpasolve(f,theta,range(k)));
% Finnur rót fyrir gefið fall á gefnu bilinu
   if (~ismember(rot,raetur) && -pi < rot && rot < pi)
% Ef rótin er ekki þegar í menginu og er á bilinu [-pi, pi] bætum við henni við
      telja_raetur = telja_raetur + 1;
```

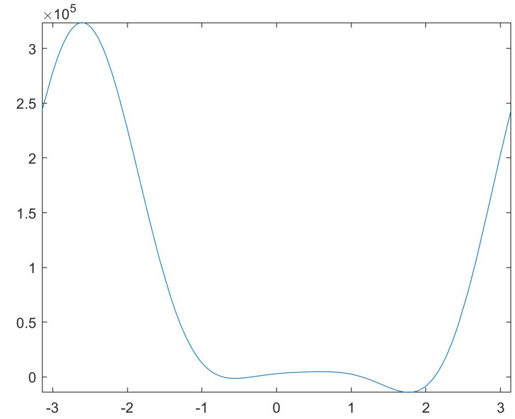
```
        raetur(telja_raetur) = rot;
    end
end
%-----------------------------------------------------%
```

Teiknum því næst allar fjórar stöðurnar sem fundnar voru (sjá mynd 7) og prófum niðurstöðuna með fallinu test_p.m, sem athugar hvort stoðlengdirnar stemma ekki alveg örugglega, og geymum niðurstöðuna úr prófuninni.
Sýnum aðeins kóðann fyrir að teikna mynd 7 (a) en kóðinn fyrir myndir 7 (b), (c) og (d) er alveg eins.

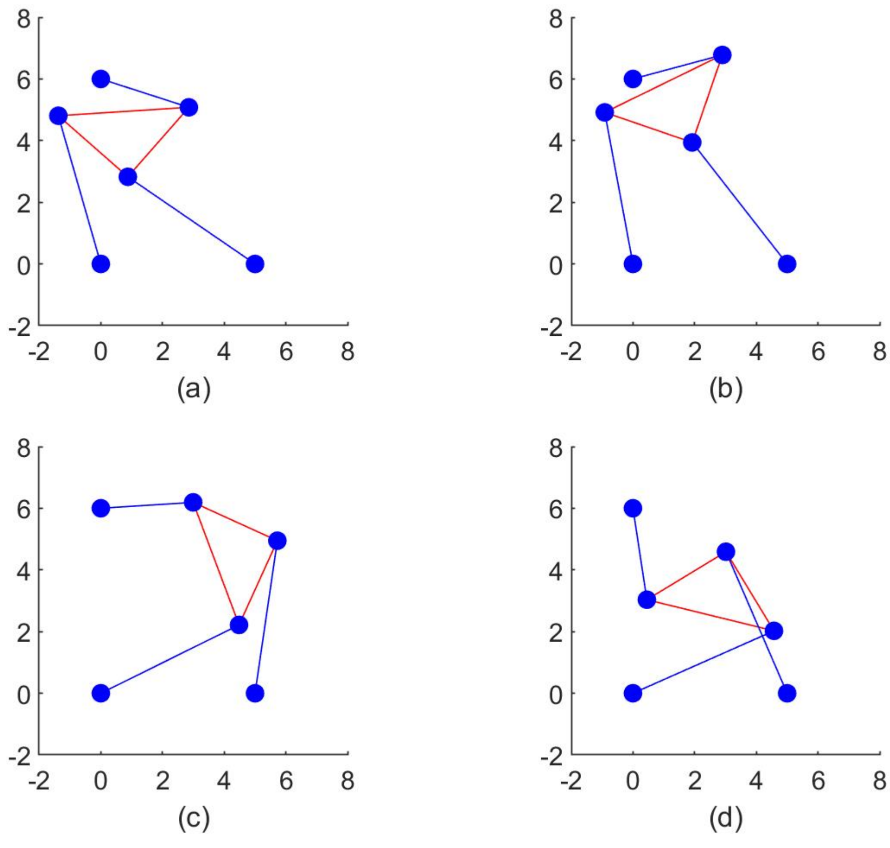
```
%
% a) Teikna eina af fjórum stöðum á mynd a) í ramma 4
% -----------------------------------------------------%
theta = raetur(1);
[f,x,y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);

figure(4); % Rammi 4
subplot(2,2,1) % Mynd 1 í 2x2 grid
plot_stewart (x1, x2, y2, theta, gamma, p1, p2, p3, L1, L2, L3) % Plotta Stewart mynd

axis([-2 8 -2 8])
xlabel('(a)');
pbaspect([1 1 1])
set(gca, 'box', 'off')

[a_test_p1 a_test_p2 a_test_p3] = test_p(x,y,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
% Prófa stoðlengdir og geyma
```

Að lokum sýnum við allar stoðlengdarprófanir til að athuga hvort þær stemma ekki alveg örugglega. Sjá niðurstöður á mynd 8.
Aðeins er sýndur kóði fyrir stoðlengdir á mynd 7 (a) en kóðinn fyrir hinar stoðlengdirnar er eins.

```
disp('Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = p2 = 5 og p3 = 3.');
disp(' ');
disp(strcat('a) Fyrir  = ', num2str(raetur(1)), ' Faum vid:'))
disp(strcat('p1 = ', num2str(a_test_p1), ', p2 = ', num2str(a_test_p2),'
og p3 = ', num2str(a_test_p3)))
```



Mynd 6: Graf $f(\theta)$ fyrir lið 4.



Mynd 7: Stewart Platform - stöður liður 4.

```
Lidur 4:
--------------------------------
(Sja myndir 6, plot af f, og 7, stöðurnar 4 sem uppfylla skilyrðin)

Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = p2 = 5 og p3 = 3.

a) Fyrir θ =-0.72085 Faum vid:
p1 =5, p2 =5 og p3 =3

b) Fyrir θ =-0.33101 Faum vid:
p1 =5, p2 =5 og p3 =3

c) Fyrir θ =1.1437 Faum vid:
p1 =5, p2 =5 og p3 =3

d) Fyrir θ =2.1159 Faum vid:
p1 =5, p2 =5 og p3 =3

Allar lengdir stóðust!
```

Mynd 8: keyrsla kóðans úr lið 4.

5. liður

5.1. Verkefnalýsing

Breytið undirstöðulengd $p_2 = 7$ og leystu aftur verkefni 4, fyrir þessi gildi eru 6 mögulegar stöður kerfisins

5.2. Lausn

Þennan lið leysum við nákvæmlega eins og lið 4. Fjöldi mögulegra staða er nú 6 svo fjöldi róta $f(\theta)$ er einnig 6. Teikna fyrst upp graf fallsins $f(\theta)$ (mynd 9) og lesa af þeirri mynd á hvaða bilum ræturnar 4 gætu verið.

```
    % Lidur 5
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Liður 4 aftur nema með aðra lengd fyrir stoð 2, p2
disp(' ')
disp('Lidur 5:')
disp('--------------------------------')
disp('(Sja myndir 9, plot af f, og 10, stöðurnar 6 sem uppfylla skilyrðin)')
disp(' ')

p2 = 7;
syms theta;
[f, x, y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
figure(5);
ezplot(f,[-pi,pi])
```

Skrifum næst lítið rótaleitarforrit sem leitar að rótum á þeim bilum.

```
% Skrifum litid rotaleitarforrit:
%-----------------------------------------------------%

% Sjaum hvar raetur liggja af grafi og veljum viðeigandi bil
rotabil = [-1 -0.5;-0.38 -0.35;0 0.1;0.4 0.5;0.96 1;2.5 2.55];
raetur5 = [];
for k = 1:6
   raetur5(k) = double(vpasolve(f, theta, rotabil(k)));
end

%-----------------------------------------------------%
```

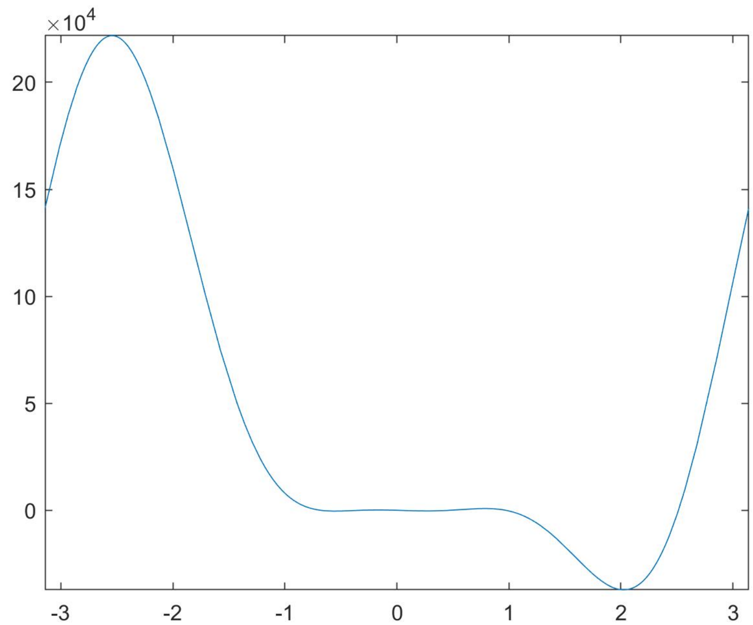
Teiknum því næst allar sex stöðurnar sem fundnar voru (sjá mynd 11) og prófum niðurstöðuna með fallinu test_p.m (rétt eins og í lið 4) og geymum niðurstöðuna úr prófuninni fyrir hverja stöðu. Sýnum aðeins kóðann fyrir að teikna mynd 11 (a) en kóðinn fyrir hinar stöðurnar á myndir 11 er alveg eins.

```
%a) Teikna eina af sex stöðum á mynd a) í ramma 6
%-----------------------------------------------------%
theta = raetur5(1);
[f,x,y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
```

```
figure(6);
subplot(3,2,1)
plot_stewart (x1, x2, y2, theta, gamma, p1, p2, p3, L1, L2, L3) % Plotta Stewart mynd

axis([-6 6 -2 10])
xlabel('(a)');
pbaspect([1 1 1])
set(gca, 'box', 'off')

[a_test_p1 a_test_p2 a_test_p3] = test_p(x,y,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
```

Að lokum sýnum við allar stoðlengdarprófanir (niðurstöður á mynd 10) til að athuga hvort þær stemma ekki alveg örugglega.
Aðeins er sýndur kóði fyrir stoðlengdir á mynd 11 (a) en kóðinn fyrir hinar stoðlengdirnar er eins.

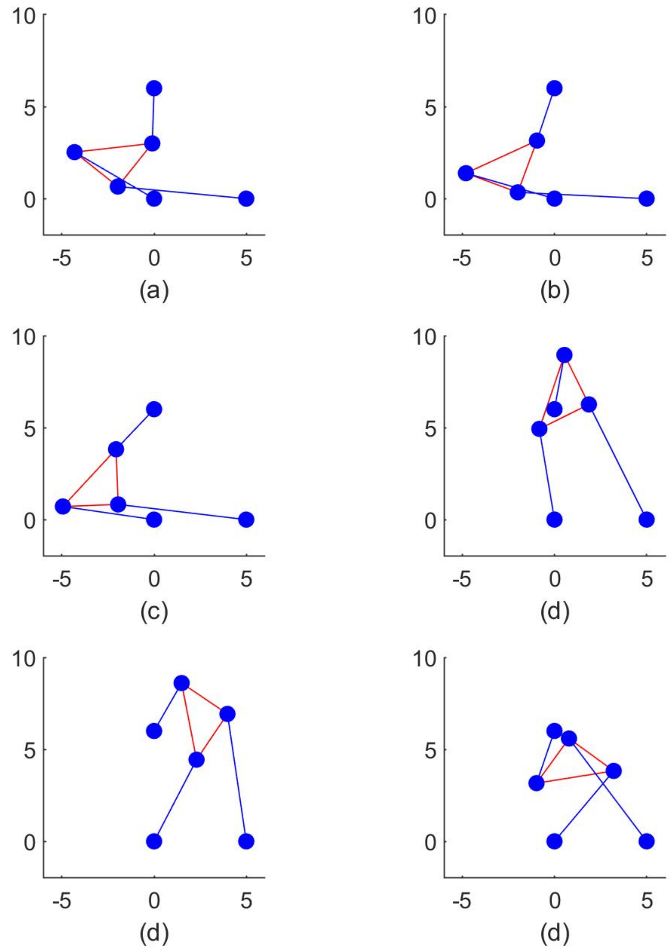
```
disp('Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = 5, p2 = 7 og p3 = 3.');
disp(' ');
disp(strcat('a) Fyrir  = ', num2str(raetur5(1)), ' Faum vid:'))
disp(strcat('p1 = ', num2str(a_test_p1), ', p2 = ', num2str(a_test_p2), '
og p3 = ', num2str(a_test_p3)))
disp(' ')
```



Mynd 9: $f(\theta)$

```
Lidur 5:
--------------------------------
(Sja myndir 5, plot af f, og 6, stöðurnar 6 sem uppfylla skilyrðin)

Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = 5, p2 = 7 og p3 = 3.

a) Fyrir θ =-0.67316 Faum vid:
p1 =5, p2 =7 og p3 =3

b) Fyrir θ =-0.35474 Faum vid:
p1 =5, p2 =7 og p3 =3

c) Fyrir θ =0.037767 Faum vid:
p1 =5, p2 =7 og p3 =3

d) Fyrir θ =0.45888 Faum vid:
p1 =5, p2 =7 og p3 =3

e) Fyrir θ =0.97767 Faum vid:
p1 =5cWiWtW og p3 =3

f) Fyrir θ =2.5139 Faum vid:
p1 =5, p2 =7 og p3 =3
Allar lengdir stóðust!
```

Mynd 10: Keyrsla kóðans úr lið 5.



Mynd 11: Stewart platform - stöður.

6. Liður

6.1. Verkefnalýsing

Finnið lengd fyrir p_2, þar sem stærðir eru annars þær sömu og í lið 4, sem hefur einungis tvær stöður mögulegar

6.2. Lausn

Við vitum að stöður eru aðeins til þ.s. $f(\theta) = 0$ svo við skrifum for-lykkju sem leitar að rótum $f(\theta)$ og ef það finnur nákvæmlega tvær á bilinu $[-\pi, \pi]$ (síðar breytt í bilin $[1; 1.75]$ $[1.8; 2.5]$ eftir að hafa horft á gröf $f(\theta)$) fyrir gefið gildi á p_2 sem byrjar sem 0 (síðar breytt í $p_2 = 4.1$ til að fá hraðari keyrslur) og ef lykkjan finnur ekki nógu nákvæmar rætur eða færri eða fleiri en 2 rætur þá er p_2 hækkað um $\frac{1}{50} = 0.02$ og síðan er reynt aftur. Graf fallsins $f(\theta)$ er teiknað fyrir hverja ítrun á p_2 á ramma 7 svo hægt sé að fylgjast með þróun mála.

```
    % Lidur 6
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Find a strut length p2 with the rest of the parameters the same as in liður 4
% where there are only 2 poses

disp(' ')
disp('Lidur 6:')
disp('--------------------------------')
disp(' ')

% Plotta f_af_theta test
p2 = 4.1;   % Finnum lágmarksgildi á p2. Er 3.8 miðað við nákvæmni upp á 1/10. Þar eru tvær rætur á f_af_theta ef við byrjum
syms theta;
[f, x, y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
figure(7);
grid on;
ezplot(f,[-pi,pi])

% Skrifum litid rotaleitarforrit:
%----------------------------------------------------%

% Veljum viðeigandi bil og sjaum hvar raetur liggja af grafi
% Teiknum upp feril fallsins f_af_theta á bilinu [-pi, pi]
% Prófum fullt af gildum á p2, teljum fjölda róta fyrir hvert gildi sem við prófum
% Ef við rekumst á gildi sem skilar 2 rótum þá veljum við það
rotabil = [1 1.75; 1.8 2.5];
raetur6 = [];
k = 1;
while k < 4
  try
   temp = double(vpasolve(f, theta, rotabil(k)))
   if abs(f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,temp,gamma)) >= (5*10^(-10))  % Athugum nákvæmni rótar
     f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,temp,gamma)
     raetur6(1) = 1;
     raetur6(2) = 2;
     raetur6(3) = 3;
   end
   if ((temp > rotabil(1)) && (temp < rotabil(2)))  % Höfum fundið k rætur
    raetur6(k) = temp;
    rotabil = [raetur6(k)+eps, pi];
```

```
    k = k+1
    if length(raetur6) > 2  % Of margar rætur, hækkum p2 og byrjum aftur
      raetur6
      p2 = p2 + 1/50
      k = 1
      raetur6 = [];
      rotabil = [-pi,pi];
    end
    if p2 >50
      k = 10;
      break
    end
    [f, x, y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
    figure(7);
    ezplot(f,[-pi,pi])
    grid on;

  else
  k = k+1;
  end

   catch  % Förum hingað ef vpasolve klikkar og kastar villu (t.d. ef enga rót er að finna á bilinu)
   if k > 2 % Fundum tvær rætur og finnum ekki fleiri
     disp('Tvær rætur fundnar!');
     k = 4
     break
   end
   p2 = p2 + 1/50;

    % Teiknum feril f_af_theta á ramma 7
   disp(strcat('k er: ', num2str(k)));
   rotabil = [-pi,pi];
   [f, x, y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
   figure(7);
   grid on;
   ezplot(f,[-pi,pi])
   if p2 > 10;
     k = 10;
     break
   end
   k = 1;
  end
end
```

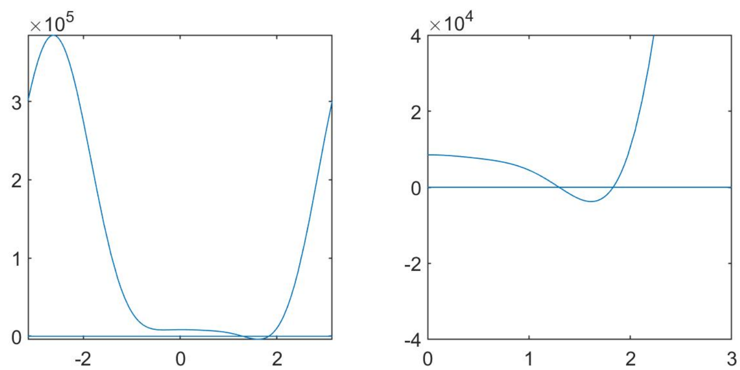
Þegar við höfum fundið stoðlengdina sem hentar þá teiknum við upp stöðurnar tvær.

```
% Nýr rammmi til að teikna stöður
figure(8);

% Teikna stöður í ramma 8
%----------------------------------------------------%
for i = 1:2
  theta = raetur6(i);
  [f,x,y] = f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);

  subplot(1,2,i)
  plot_stewart (x1, x2, y2, theta, gamma, p1, p2, p3, L1, L2, L3) % Plotta Stewart mynd

  axis([-2 10 -1 20])
  if i == 1
```

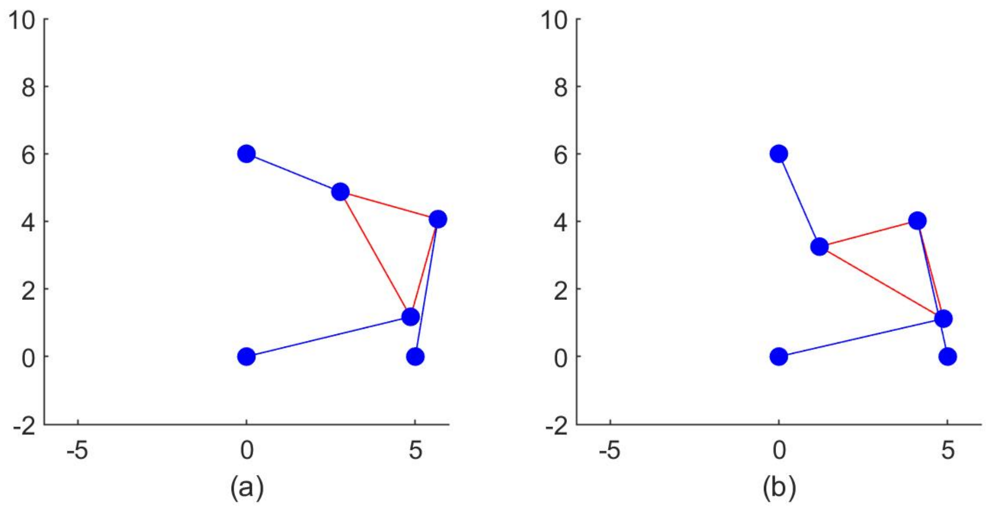
```
  xlabel('(a)');
  [a_test_p1 a_test_p2 a_test_p3] = test_p(x,y,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
  elseif i == 2
  xlabel('(b)');
  [b_test_p1 b_test_p2 b_test_p3] = test_p(x,y,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);
  end

  pbaspect([1 1 1])
  set(gca, 'box', 'off')
end
```

Að lokum prófum við niðurstöður okkar með sömu aðferð og hingað til, notum test_p.m, og prentum út niðurstöður þess falls. Það er eins fyrir stoðlengdirnar á mynd 13 (a) og 13 (b).

```
% Prófa niðurstöður
disp(strcat('Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = 5, p2 = ', num2str(p2),' og p3 = 3.'));
disp(' ');
disp(strcat('a) Fyrir  = ', num2str(raetur6(1)), ' Faum vid:'))
disp(strcat('p1 = ', num2str(a_test_p1), ', p2 = ', num2str(a_test_p2), ' og p3 = ', num2str(a_test_p3)))
disp(' ')
```



Mynd 12: $f(\theta)$ notað til að finna rætur. Hægra megin sést þysjuð útgáfa af vinstri myndinni (sjá ása).



Mynd 13: Stewart platform - liður 6.

```
Lidur 6:
--------------------------------

temp = 1.3026
k = 2
temp = 1.8218
k = 3
Tvær rætur fundnar!
k = 4
Athugum stoðlengdir, eigum að fá p1 = 5, p2 =4.1 og p3 = 3.

a) Fyrir θ =1.3026 Faum vid:
p1 =5, p2 =4.1 og p3 =3

b) Fyrir θ =1.8218 Faum vid:
p1 =5, p2 =4.1 og p3 =3
```

Mynd 14: Keyrsla kóðans úr lið 6.

7. liður

7.1. Verkefnalýsing

Reiknið bilin fyrir p_2, þar sem allar stærðir (nema p_2) eru annars þær sömu og í lið 4, þannig að 0,2,4 og 6 stöður séu mögulegar.

7.2. Lausn

Við látum lengd stoðar p_2 fara frá 0 upp í rosalega háa tölu (100) með því að auka lengdina örlítið í hvert skipti. Fyrir hverja lengd þá leitum við að fjölda róta á bilinu $[-\pi, \pi]$ og ef fjöldi róta á bilinu fyrir þessa lengd er ekki sá sami og á lengdinni sem við skoðuðum í síðustu keyrslu for-lykkjunnar þá prentum við út lengd stoðarinnar ásamt fjölda róta. Við byrjum með fjölda róta sem 0.

```
    % Lidur 7
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' ')
disp('Lidur 7:')
disp('--------------------------------')
disp(' ')

p1 = 5; p3 = 3;
x1 = 5; y1 = 0;
x2 = 0; y2 = 6;
L1 = 3; L2 = 3*sqrt(2); L3 = 3;
gamma = pi/4;

fjoldi_rota_old=0;

for p2=0:0.01:100
    fjoldi_rota=0;
    fa=0;

    for theta=-pi:0.01:pi
        [fb, xb, yb]= f_af_theta(p1,p2,p3,L1,L2,L3,x1,x2,y2,theta,gamma);


        if fa*fb<0
            fjoldi_rota=fjoldi_rota+1;
        end
        fa=fb;
    end

    if fjoldi_rota ~= fjoldi_rota_old;
        disp(p2)
        disp(fjoldi_rota)
    end
    fjoldi_rota_old=fjoldi_rota;
end
```

Í fyrstu línu niðurstöðunnar (sjá mynd 15) kemur lengd stoðarinnar p_2 (og svo aftur í annarri hverri línu) og í annarri línu kemur fjöldi róta sem tilheyrir þeirri lengd (og svo aftur í annarri hverri línu).

Sjáum út frá keyrslunni að Stewart Platformið hefur
0 stöður á bilinu $P_2 = [0; 3,72[$ og $]9,72; \infty[$
2 stöður á bilinu $P_2 =]3,72; 4,87[$ og $]7,85; 9,27[$
4 stöður á bilinu $P_2 =]4,87; 6,97[$ og $]7,03; 7,85[$
6 stöður á bilinu $P_2 =]6,97; 7,03[$

```
Lidur 7:
--------------------------------

    3.7200

     2

    4.8700

     4

    6.9700

     6

    7.0300

     4

    7.8500

     2

    9.2700

     0
```

Mynd 15: Keyrsla kóðans úr lið 7.

Háskóla Íslands, 25. febrúar 2021

Guðjón Bergmann Ágústsson xxx
Huldar Hlynsson xxx
Ragnar Björgvin Tómasson xxx