Telematika a riadenie

Inverzné kyvadlo, riadenie stavovým regulátorom po linearizácii

Vypracoval

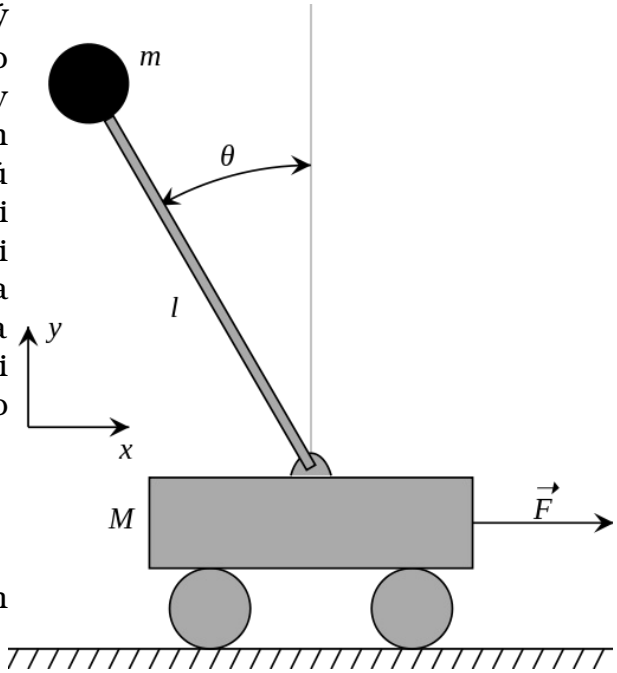
Stanislav Rubint
Robotika, I.Sem
25.12.2013

Anotácia - Inverzné kyvadlo, stavový regulátor, linearizácia, stabilita, opis sistému diferenciálnymi rovnicami, vzdialené ovládanie, telekomunikácia a riadenie, klient-server architektúra, objektovo orientované programovanie, numerické riešenie diferenciálnych rovníc, grafické užívateľské prostredie

pySim – simulátor systému inverzného kyvadla na pohyblivej podstave pohybujúcej sa v jednej osi s možnosťou rotácie ramena ľubovoľne v rovine ktorú tvorí táto os a os gravitačného zrýchlenia a jeho riadenia za pomoci sily aplikovanej v zmysle osi pohybu podstavy.

Úvodom – program, ktorý pozostáva z troch častí: server, klient a animátor, slúži na simulovanie dynamiky skutočného systému inverzného kyvadla a zároveň jeho riadenie pomocou metódy vsádzania pólov na linearizovaný model tejto sústavy a reguláciou proporcionálno-integračným regulátorom. Simulácia a v skutočnosti numerický výpočet diferenciálnych rovníc opisujúcich tento systém prebieha na serveri, klient sa stará o počiatočné nastavenia, poskytuje rozhranie s používateľom a samostatný modul animácie, implementovaný do tlačidla klientskej aplikácie, sa stará o analýzu, prepočet a vykreslenie odsimulovaných dát.

Inverzné kyvadlo – je dynamický systém, ktorý pozostáva z matematického kyvadla s hmotnosťou m koncentrovanej v jednom bode tohto kyvadla, s druhým bodom pripevneným k pohyblivej podstave. Celú sústavu vieme opísať dvomi súradnicami alebo zjednodušene, nakoľko medzi objektmi sa nachádzajú väzby, posunutím vozíka a uhlom ktorý zviera kyvadlo s osou kolmou na smer pohybu podložky (zvislicou), akéhosi vozíka. Lagrangeova funkcia takéhoto zjednodušeného systému sa dá zapísať ako



$$L = \frac{1}{2} M v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 - mg\ell\cos\theta$$

kde *v1* a *v2* vieme vyjadriť pomocou stavových premenných a to nasledovne

$$L = \frac{1}{2}\left(M+m\right)\dot{x}^2 - m\ell\dot{x}\dot{\theta}\cos\theta + \frac{1}{2} m\ell^2\dot{\theta}^2 - mg\ell\cos\theta$$

Diferenciálne rovnice dostaneme postupným derivovaním Lagrangeovej funkcie a to pomocou nasledujúcej rovnosti

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 \qquad \text{a} \qquad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial L}{\partial x} = F$$

pričom dostaneme dve rovnice pre polohu vozíka

$$(M+m)\,\ddot{x} - m\ell\ddot{\theta}\cos\theta + m\ell\dot{\theta}^2\sin\theta = F$$

a

$$\ell\ddot{\theta} - g\sin\theta = \ddot{x}\cos\theta$$

pre uhol ktorý zviera kyvadlo so zvislicou. Z rovníc je jasne vidieť, že tieto dve statové premenné sú priamo závislé jedna od druhej a taktiež že je to silne nelineárny systém. Nakoľko ciešom riadenia je linearizovať tento systém na okolie pracovného bodu kde θ -> 0 a teda sin(θ)=0 a cos(θ)=1. Simulovaný systém je avšak trochu zložitejší a opisuje reálny systém pomocou nasledujúcich rovníc

$$\dot{x}_1 = x_2 \qquad \dot{x}_2 = \beta(x_3)\left(a_{23}\sin x_3\cos x_3 + a_{22}x_2 + a_{24}\cos x_3 x_4 + a_{25}\sin x_3 x_4^2 + b_2 F\right)$$

$$\dot{x}_3 = x_4 \qquad \dot{x}_4 = \beta(x_3)\left(a_{43}\sin x_3 + a_{42}\cos x_3 x_2 + a_{44}x_4 + a_{45}\cos x_3\sin x_3 x_4^2 + b_4\cos x_3 F\right)$$

kde *x1* reprezentuje polohu vozíka a *x3* uhol ktorý zviera kyvadlo so zvislocou. Sila *F* ktorou musíme pôsobiť na vozík vypočítame nasledovne

```
kxx := -.01313482817   x1(t) - 10.10509022   x2(t) - 46.76016035   x3(t) - 4.218843951   x4(t)
```

pričom sila *F* ktorú aplikujeme na vozík vypočítame *F=P(x10-kxx) + I(x10-x1).*

Server.py – na nasledujúcich pár riadkoch je gro simulácie servra

```
11  def func(x, t): #tu sa pocita diferencialna cast
12
13      X1,X2,X3,X4=x[0],x[1],x[2],x[3]
14      beta3=beta(X3)
15      s3=sin(X3)
16      c3=cos(X3)
17
18      fa=(.01313482817*X1 +10.10509022*X2 + 46.76016035*X3 + 4.218843951*X4)*kP
19      fa+=X1*(-kI)*kP
20
21      x1=X2
22      x2=beta3*(a23*s3*c3+a22*X2+a24*c3*X4+a25*s3*X4*X4+ b2*fa)
23      x3=X4
24      x4=beta3*(a43*s3+a42*c3*X2+a44*X4+a45*c3*s3*X4*X4+ b4*c3*fa)
25
26      return [x1,x2,x3,x4,fa]
```

táto funkcia *func* sa používa ako argument v funckii *odeint* ktorá integruje ODE algoritmom (podobne ako matlab) na riadku

```
70          data=odeint(func, x0, t)
```

Počiatočné hodnoty, teda vektor *x* ktorý je na vstupe funkcie, časový vektor *t* na ktorom sa integruje a aj začiatok simulácie sa začína diaľkovo, povelom cez socket ktorý je naviazaný na *Stream*ovanom sockete (TCP).

```
28  s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
29  for i in range(20000,30000):
30      try:
31          s.bind(("", i)) #listen to all on port from input
32          print "waiting for connection on port %d"%i
33      except: pass
34  s.listen(1) #wait for one connection
35  conn, addr = s.accept() #connection accepted
36  print 'Connected by', addr
37  while 1:
38      data = conn.recv(1024)
39
40      if data[0:4]=="exec":
41          exec(data[4:])
42          conn.sendall("ack")
43          print ">> Variables loaded"
44      elif data[0:4]=="exit":
45          conn.close()
46          exit(0)
```

V skratke: socket je vytvorený na riadku 28, na r.29-33 sa pokúša pripojiť na prvý voľný lokálny port od 20000 do 30000, r.34 počúva jedno prichádzajúce spojenie. Toto je tzv. *Blocking call* a teda program čaká kým sa niekto nepripojí (r.35). V nekonečnej slučke prijíma jeden kilobajt dát (pokiaľ si program nevyžiada iný počet), z ktorých vždy prvé 4 bajty sú príznakové ktoré ovládajú beh programu (r.40++) alebo neprijme reťazec *"exit"*. Za zmienku stoja nasledujúce riadky kódu

```
77          f = conn.makefile('wb', len(data)+1024 )
78          pickle.dump(data, f, pickle.HIGHEST_PROTOCOL)
79          f.close()
```

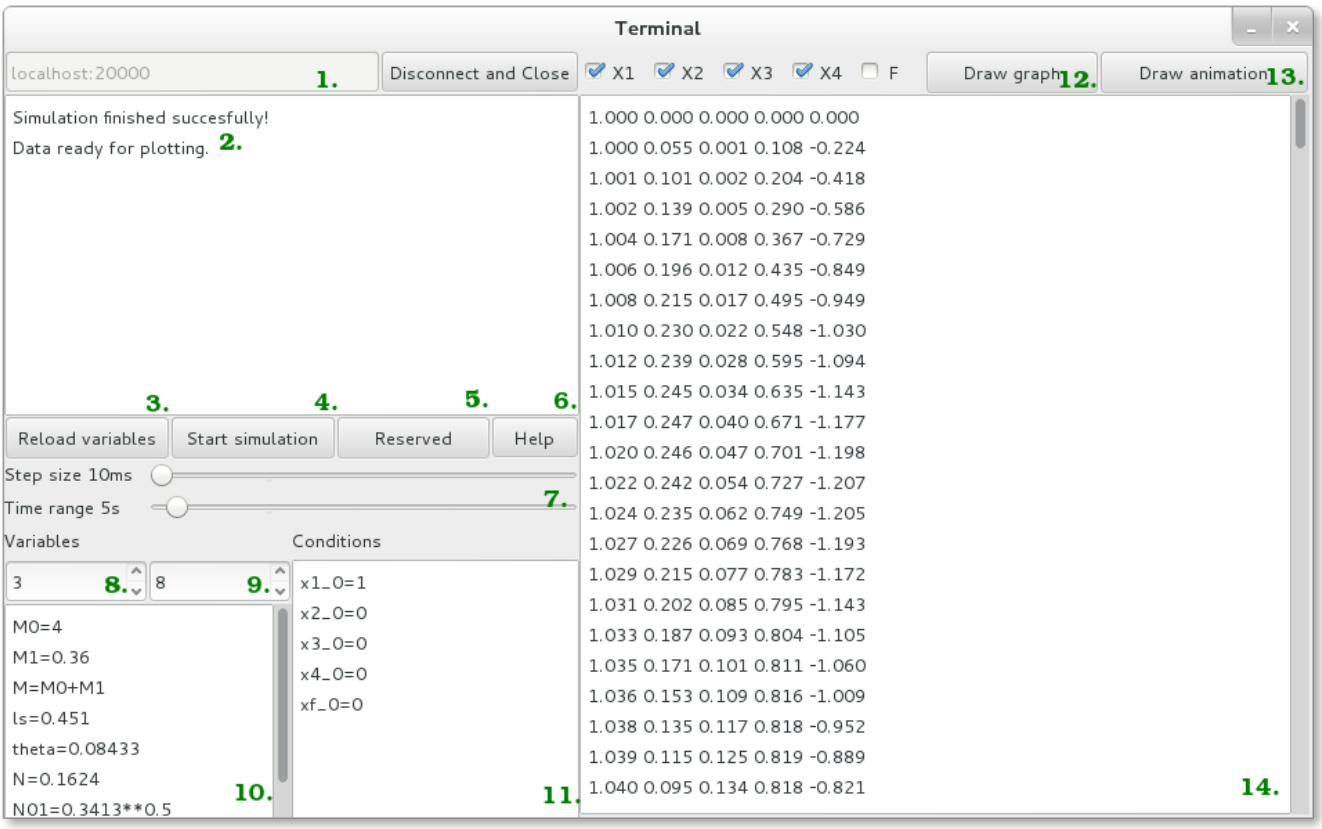
balík pickle slúži na ukladanie (dumping) premenných alebo prostredia do súboru alebo do reťazca. Python stavia a je písaný v jazyku C, ktorý využíva (podľa unixovho princípu pristupovať ku všetkému ako k súboru) sockety taktiež ako súbory, na riadku 77 si takýto súbor otvoríme módom *"wb"* (write on byte level) teda zápis na binárnej úrovni a nie reťazcovej, zapíšeme do súboru nasimulované dáta (r.78) a zavrieme.

Celý kód servera vďaka jednoduchosti jazyka python aj s medzerami medzi odstavcami zaberá len 80 riadkov.

Klient.py – aplikácia na strane klienta využíva na interakciu s učívateľom *GUI wx* – základný modul windows x systému dostupný pomaly v každom jazyku. Tento

kód spolu s modulom animácie je dlhý až 380 riadkov, z čoho bez mála 240 riadkov je len vykreslenie a obsluha grafickej časti programu.

Grafické prostredie je rozdelené logicky vertikálnou pomyslenou čiarou na časť vstupu informácií od užívateľa, vľavo a poskytnutie informácií užívateľovi, vpravo.



Pole adresy (1) slúži na zadanie IP adresy uservera a port na ktorom počúva. Ak klient nevie port môže nahradiť číslo portu frázou *all* kedy sa program pokúsi vyhľadať port na ktorom server počúva. Priebeh diania je pravidelne aktualizovaný v okne monológu (2). Tlačidlá nižšie slúžia na načítanie časových nastavení simulácie zo sliderov (7), načítanie konštánt P (8) a I (9), podmienok a konštánt systéme (10) a počiatočných podmienok systému (11), Tieto údaje sú načítané a zaslané servru prvým tlačidlom (3). Simulácia je odštartovaná tlačidlom *Start simulation* (4) po ktorej sa nasimulované dáta prenesú do dátového poľa (14). Tlačidlom *Help* môžeme vyvolať informácie o programe, v novších verziách pribudne možno návod a poprípade oživenie rezervovaného neaktívneho tlačidla (5). Zaškrtávacími políčkami si môžeme vybrať ktoré premenné chceme zobraziť a to sa stane po stlačení tlačidla *Draw graph* (12). Tlačidlom animácie (13) vyvoláme spustenie aplikácie, ktorá dáta, ktoré boli prijaté zo strany servera a uložené automaticky na disk, rozpohybuje v animácií pre lepšiu predstavu o tom ako systém reaguje na riadenie.

Prijatie zapísaných dát zo strany servera je realizované, podobne ako na strane servera čítaním zo "*súbora*" socketu, čo ilustrujú nasledujúce riadky (276-278)

```
276             f = self.s.makefile('rb', int(data[4:])+1024 )
277             data = pickle.load(f)
278             f.close()
```

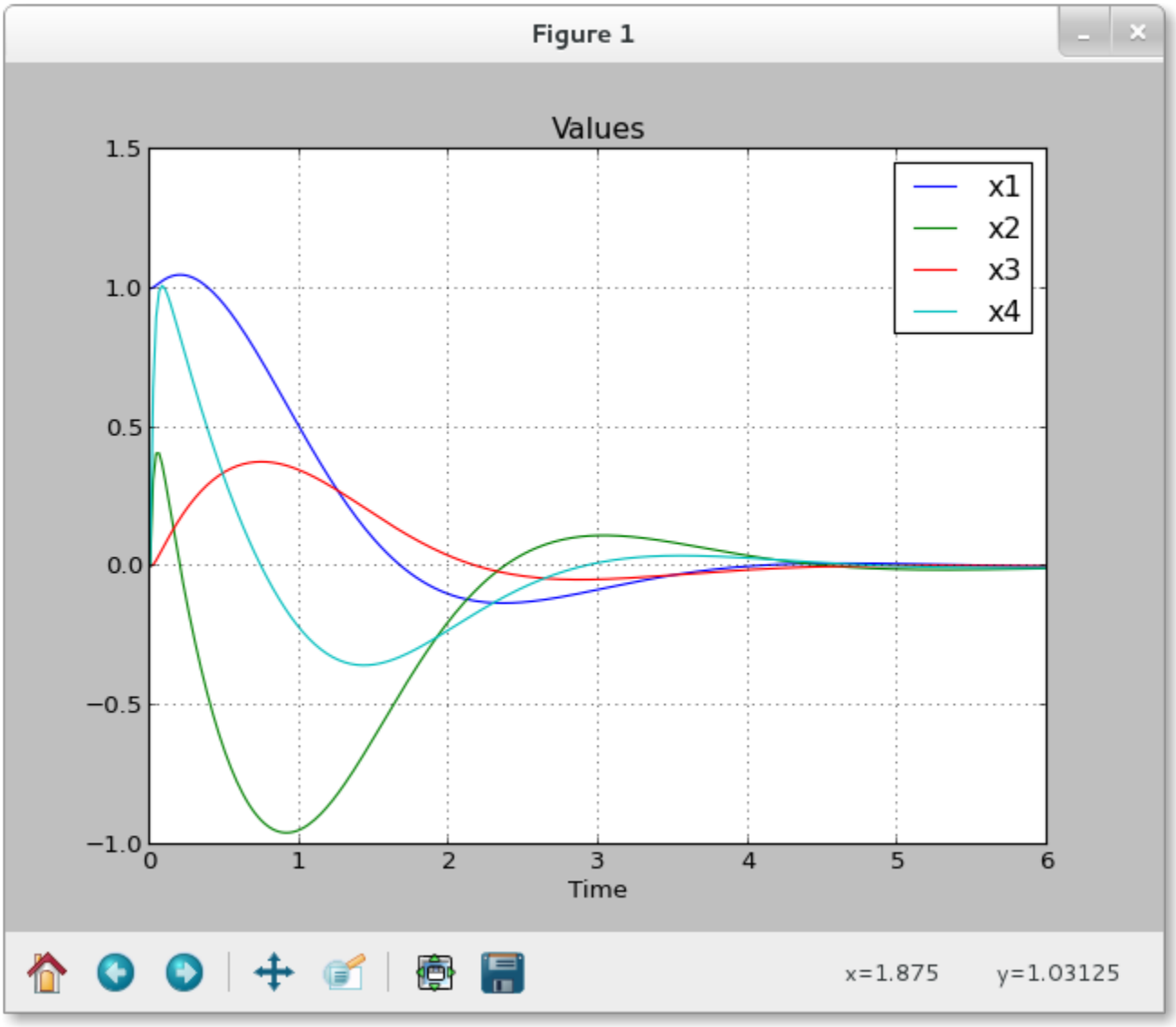
Aplikácia klienta využíva multiparadigmovosť jazyka python, a to znamená že zatiaľ čo server sa uspokojí s dvomi funkciami bez OOP (objektovo orientované programovanie), klient je riešený objektovo pomocou jednej triedy s 15-timi funkciami. Nadviazanie spojenia so serverom preto vyzerá už trochu inak

```
197     def connect(self, adress):
198         try:
199             self.s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
200             HOST,PORT=adress.split(":")
201             if PORT=="all": #vyskusa vsetky porty od 20000 do 30000
202                 for i in range(20000,30000):
203                     try:
204                         self.s.connect((HOST, int(i)))
205                         PORT=i
206                         break
207                     except:pass
208                 if PORT=="all":
209                     self.richTextCtrl1.SetValue("No host available")
210                     raise socket.error
211             else:
212                 self.s.connect((HOST, int(PORT)))
```

kde sa klient snaží pripojiť na zadanú adresu a port na ktorom počúva server, v prípade zadania frázy "*all*" sa pokúsi nájsť port na ktorom server počúva. V prípade akejkoľvek chyby alebo nenájdení servera, túto skutošnosť patrične ohlási užívateľovi v monológovom okne. V ďalších riadkoch sa program stará o acyklické odosielanie dát servru, pričom komunikácia a ovládanie pozostáva z príznaku, tj. 4 bajtov reťazca ktorý identifikuje príkaz a dát v dĺžke do 1kB. V prípade dát s variabilnou dĺžkou o tom najprv sever alebo klient oznámi a prijme/pošle sa daný počet znakov (r. 260-265)

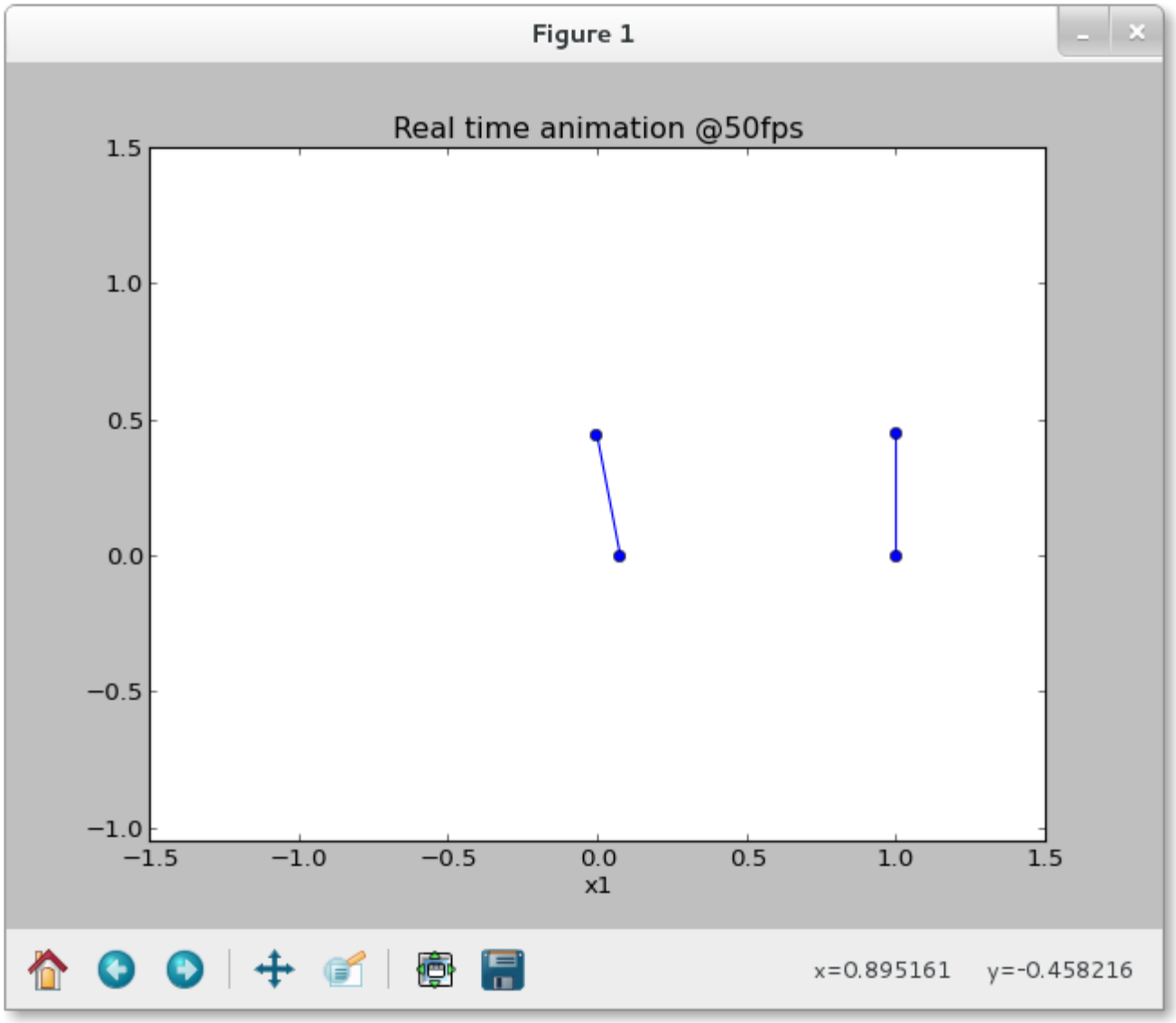
```
259         self.richTextCtrl1.SetValue("Sending time frame")
260         self.t=[t/1000.0*vstep for t in range(int(vrange*1000/vstep))]
261 
262         self.s.sendall(str(len(self.t)+128))
263         while self.s.recv(128)[0:3]!="ack": pass
264 
265         self.s.sendall("t=[t/1000.0*%d for t in range(int(%d*1000.0/%d))] "%(vstep, v
266 
267         while self.s.recv(1024)[0:3]!="gmx": pass
```

Grafická odozva na dáta je reprezentovaná grafom ktorý je plne interaktívny (zaujímavosť: presne tento modul grafického zobrazovania sa využíval na zobrazenie dát z Mars-Rovera)



z grafu je možné si vyselektovať jednotlivé veličiny, priblížiť si ho, uložiť obrázkovú reprezentáciu údajov v populárnych formátoch poprípade aj nepopulárnych.

Poprípade animáciou kyvadla, ktorá je tiež riešená formou animovaného grafu, kde jednotlivé stavové premenné sú prevedené na uhly a zobrazené v rovine, pre presnú reprezentáciu údajov,ktorá je navyše vykresľovaná real-time, čo značí že presne tak rýchlo by sa reálny systém s danými počiatočnými podmienakmi pohyboval, čo sa tiež využíva napríklad v ďiaľkovom riadení s veľmi dlhým prenosovým oneskorením.



Za túto animáciu je zodpovedná funkcia v module **animacia.py**, ktorá prepočítava pohybujúce sa kyvadlo (priamku) na základe nasimulovaných údajov

```
9       def update_line(self,n, data, line, ls):
10          x=float(data[n].split(" ")[0])
11          fi=float(data[n].split(" ")[2])
12          line.set_data([x,x-ls*sin(fi)],[0,ls*cos(fi)])
13          return line,
```

Záver – Program je napísaný v jazyku Python, korý je interpretovaný a multiparadigmový, čo znamená že sa dá programovať v ňom rôznymy spôsobmi (od "assemblerovského" štýlu, cez "Céčkovský" štýl až po "OOP" ako v Jave) a je za behu prekladaný, čo šetrí čas pri vývoji, nakoľko ho netreba zakaždým kompilovať. Odladený bol na verzii 2.7.3. K chodu využíva knižnice: ***numpy, matplotlib, scipy, wx,*** *math, pickle, socket, os, sys, time.* Tučným písmom sú zvýraznené tie ktoré nie sú štandardnou súčasťou interpretera a treba ich doinštalovať. Nakoľko je python interpretovaný jazyk, nezáleží na akej platforme je program spúšťaný, programovaný a odladený bol avšak na Linuxe konkrétne distribúcií Fedora 19.

server.py – zdrojovy kod

```
1.  from scipy.integrate import odeint
2.  from thread import start_new_thread as new
3.  import numpy as np
4.  from math import exp, sin, cos
5.  from time import sleep, time, gmtime
6.  import sys, pickle, socket
7.
8.  def beta(x3):
9.      return abs(1+((N**2)*(sin(x3)**2)/(N01**2)))**(-1)
10.
11. def func(x, t): #tu sa pocita diferencialna cast
12.
13.     X1,X2,X3,X4=x[0],x[1],x[2],x[3]
14.     beta3=beta(X3)
15.     s3=sin(X3)
16.     c3=cos(X3)
17.
18.     fa=(.01313482817*X1 +10.10509022*X2 + 46.76016035*X3 + 4.218843951*X4)*kP
19.     fa+=X1*(-kI)*kP
20.
21.     x1=X2
22.     x2=beta3*(a23*s3*c3+a22*X2+a24*c3*X4+a25*s3*X4*X4+ b2*fa)
23.     x3=X4
24.     x4=beta3*(a43*s3+a42*c3*X2+a44*X4+a45*c3*s3*X4*X4+ b4*c3*fa)
25.
26.     return [x1,x2,x3,x4,fa]
27.
28. s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
29. for i in range(20000,30000):
30.     try:
31.         s.bind(("", i)) #listen to all on port from input
32.         print "waiting for connection on port %d"%i
33.     except: pass
34. s.listen(1) #wait for one connection
35. conn, addr = s.accept() #connection accepted
36. print 'Connected by', addr
37. while 1:
38.     data = conn.recv(1024)
39.
40.     if data[0:4]=="exec":
41.         exec(data[4:])
```

```
42.     conn.sendall("ack")
43.     print ">> Variables loaded"
44. elif data[0:4]=="exit":
45.     conn.close()
46.     exit(0)
47. elif data[0:4]=="simu":
48.     timestamp=time()
49.     medzicas=timestamp
50.     gmt=gmtime(time())
51.     hodina, minuta, sekunda=gmt.tm_hour, gmt.tm_min, gmt.tm_sec
52.     print ">> Start of simulation at time %d:%d:%d"%(hodina, minuta, sekunda)
53.     conn.sendall("gmt")
54.     data=conn.recv(256)
55.     length=int(data)
56.     print ">> Length of data field:",length
57.     print ">> ...acknowledged"
58.     conn.sendall("ack")
59.     data=conn.recv(length)
60.     exec(data)
61.     print ">> Time frame loaded in %.1fms."%(time()*1000-medzicas*1000)
62.     medzicas=time()
63.     conn.sendall("gmx")
64.     data=conn.recv(1024)
65.     exec(data)
66.     print ">> default values: ", x0
67.     print">> Simulating..."
68.     #Numericke prepocitanie diferencialnych rovnic
69.
70.     data=odeint(func, x0, t)
71.
72.     print ">> Simulated succesfully in %.1fms."%(time()*1000-medzicas*1000)
73.     medzicas=time()
74.     print ">> Length of simulated data to be transmitted: %dkB"%(int(len(data))*5/1024)
75.     conn.sendall("data%d"%len(data))
76.
77.     f = conn.makefile('wb', len(data)+1024 )
78.     pickle.dump(data, f, pickle.HIGHEST_PROTOCOL)
79.     f.close()
80.     print ">> Simulated and transmitted in %.1fms.\n"%((time()-timestamp)*1000)
81.
82. else:
83.     exit()
```

klient.py – zdrojovy kod

```
1.  #Boa:Frame:Mainframe
2.
3.  import wx, wx.stc, wx.grid, pickle, wx.richtext, socket, sys, os
4.  import matplotlib.pyplot as plt
5.  from matplotlib import animation
6.  import numpy as np
7.  from math import sin,cos
8.  from animacia import animuj
9.
10.def create(parent):
11.    return Mainframe(parent)
12.
13.[wxID_MAINFRAME, wxID_MAINFRAMEADRESA, wxID_MAINFRAMEANIME_BTN,
14. wxID_MAINFRAMECONDT_LBL, wxID_MAINFRAMECONDT_TXTCTRL,
15. wxID_MAINFRAMECONNECT_BTN, wxID_MAINFRAMEDATABAZA, wxID_MAINFRAMEDRAW_BTN,
16. wxID_MAINFRAMEHELP_BTN, wxID_MAINFRAMEKI_CTRL, wxID_MAINFRAMEKP_CTRL,
17. wxID_MAINFRAMELOAD_VARS_BTN, wxID_MAINFRAMEPLOT_BTN,
18. wxID_MAINFRAMERICHTEXTCTRL1, wxID_MAINFRAMESHOW_F, wxID_MAINFRAMESHOW_X1,
19. wxID_MAINFRAMESHOW_X2, wxID_MAINFRAMESHOW_X3, wxID_MAINFRAMESHOW_X4,
20. wxID_MAINFRAMESTART_BTN, wxID_MAINFRAMESTEP_LBL, wxID_MAINFRAMESTEP_SLDR,
21. wxID_MAINFRAMETIME_RANGE_LBL, wxID_MAINFRAMETIME_SLDR,
22. wxID_MAINFRAMEVAR1_LBL, wxID_MAINFRAMEVARIABLES_TEXTCTRL,
23.] = [wx.NewId() for _init_ctrls in range(26)]
24.
25.class Mainframe(wx.Frame):
26.    def _init_ctrls(self, prnt):
27.        # generated method, don't edit
28.        wx.Frame.__init__(self, id=wxID_MAINFRAME, name=u'Mainframe',
29.              parent=prnt, pos=wx.Point(392, 181), size=wx.Size(946, 554),
30.              style=wx.DEFAULT_FRAME_STYLE, title=u'Terminal')
31.        self.SetClientSize(wx.Size(946, 554))
32.        self.SetToolTipString(u'Main window')
33.        self.SetIcon(wx.Icon(u'/home/stanke/Documents/s.ico',
34.              wx.BITMAP_TYPE_ICO))
35.
36.        self.adresa = wx.TextCtrl(id=wxID_MAINFRAMEADRESA, name=u'adresa',
37.              parent=self, pos=wx.Point(0, 0), size=wx.Size(272, 31), style=0,
38.              value=u'localhost:all')
39.        self.adresa.SetToolTipString(u'Adress and port of listening server')
40.        self.adresa.SetEditable(True)
41.        self.adresa.Enable(True)
```

```
        self.adresa.Bind(wx.EVT_CHAR, self.adress_key_enter)

        self.connect_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMECONNECT_BTN,
              label=u'Connect', name=u'connect_btn', parent=self,
              pos=wx.Point(272, 0), size=wx.Size(144, 31), style=0)
        self.connect_btn.SetToolTipString(u'Connect to server')
        self.connect_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.connect_to_server,
              id=wxID_MAINFRAMECONNECT_BTN)

        self.richTextCtrl1 = wx.richtext.RichTextCtrl(id=wxID_MAINFRAMERICHTEXTCTRL1,
              parent=self, pos=wx.Point(0, 32), size=wx.Size(416, 232),
              style=wx.richtext.RE_MULTILINE, value=u'Succesfully started')
        self.richTextCtrl1.SetLabel(u'')
        self.richTextCtrl1.SetToolTipString(u'Server-related informations')
        self.richTextCtrl1.SetEditable(False)
        self.richTextCtrl1.SetHelpText(u'')
        self.richTextCtrl1.Enable(False)

        self.load_vars_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMELOAD_VARS_BTN,
              label=u'Load variables', name=u'load_vars_btn', parent=self,
              pos=wx.Point(0, 264), size=wx.Size(120, 32), style=0)
        self.load_vars_btn.SetToolTipString(u'Re/Load variables from param file')
        self.load_vars_btn.Enable(False)
        self.load_vars_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.load_variables,
              id=wxID_MAINFRAMELOAD_VARS_BTN)

        self.start_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMESTART_BTN,
              label=u'Start simulation', name=u'start_btn', parent=self,
              pos=wx.Point(120, 264), size=wx.Size(120, 32), style=0)
        self.start_btn.SetToolTipString(u'Start simulation on server')
        self.start_btn.Enable(False)
        self.start_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.start_simulation,
              id=wxID_MAINFRAMESTART_BTN)

        self.plot_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMEPLOT_BTN,
              label=u'Draw graph', name=u'plot_btn', parent=self,
              pos=wx.Point(666, 0), size=wx.Size(126, 32), style=0)
        self.plot_btn.SetToolTipString(u'Plot all data received from server')
        self.plot_btn.Enable(False)
        self.plot_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.plot_values,
              id=wxID_MAINFRAMEPLOT_BTN)

        self.help_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMEHELP_BTN, label=u'Help',
```

```
85.             name=u'help_btn', parent=self, pos=wx.Point(352, 264),
86.             size=wx.Size(64, 31), style=0)
87.         self.help_btn.SetToolTipString(u'Help me please, I am stuck!')
88.         self.help_btn.Enable(True)
89.         self.help_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.get_help,
90.             id=wxID_MAINFRAMEHELP_BTN)
91.
92.         self.step_sldr = wx.Slider(id=wxID_MAINFRAMESTEP_SLDR, maxValue=100,
93.             minValue=10, name=u'step_sldr', parent=self, pos=wx.Point(104,
94.             296), size=wx.Size(312, 24), style=wx.SL_HORIZONTAL, value=20)
95.         self.step_sldr.SetLabel(u'')
96.         self.step_sldr.Bind(wx.EVT_COMMAND_SCROLL_THUMBTRACK,
97.             self.step_size_modified, id=wxID_MAINFRAMESTEP_SLDR)
98.
99.         self.step_lbl = wx.StaticText(id=wxID_MAINFRAMESTEP_LBL,
100.             label=u'Step size 20ms', name=u'step_lbl', parent=self,
101.             pos=wx.Point(0, 296), size=wx.Size(104, 19), style=0)
102.
103.         self.time_range_lbl = wx.StaticText(id=wxID_MAINFRAMETIME_RANGE_LBL,
104.             label=u'Time range 10s', name=u'time_range_lbl', parent=self,
105.             pos=wx.Point(0, 320), size=wx.Size(104, 19), style=0)
106.
107.         self.time_sldr = wx.Slider(id=wxID_MAINFRAMETIME_SLDR, maxValue=100,
108.             minValue=1, name=u'time_sldr', parent=self, pos=wx.Point(104,
109.             320), size=wx.Size(312, 21), style=wx.SL_HORIZONTAL, value=10)
110.         self.time_sldr.Bind(wx.EVT_COMMAND_SCROLL_THUMBTRACK,
111.             self.time_range_modified, id=wxID_MAINFRAMETIME_SLDR)
112.
113.         self.variables_textctrl = wx.richtext.RichTextCtrl(id=wxID_MAINFRAMEVARIABLES_TEXTCTRL,
114.             parent=self, pos=wx.Point(0, 400), size=wx.Size(208, 184),
115.             style=wx.richtext.RE_MULTILINE,
116.
    value=u'M0=4\nM1=0.36\nM=M0+M1\ns=0.451\ntheta=0.08433\nN=0.1624\nN01=0.3413**0.5\nFr=10\n
    C=0.00145\ng=9.81\nF=0')
117.         self.variables_textctrl.SetToolTipString(u'Conditions and variables')
118.         self.variables_textctrl.SetLabel(u'')
119.         self.variables_textctrl.SetName(u'variables_textctrl')
120.
121.         self.var1_lbl = wx.StaticText(id=wxID_MAINFRAMEVAR1_LBL,
122.             label=u'Variables', name=u'var1_lbl', parent=self, pos=wx.Point(0,
123.             344), size=wx.Size(208, 24), style=0)
124.
125.         self.condt_txtctrl = wx.richtext.RichTextCtrl(id=wxID_MAINFRAMECONDT_TXTCTRL,
```

```
126.             parent=self, pos=wx.Point(208, 368), size=wx.Size(208, 224),
127.             style=wx.richtext.RE_MULTILINE,
128.             value=u'x1_0=1\nx2_0=0\nx3_0=0\nx4_0=0\nxf_0=0')
129.         self.condt_txtctrl.SetLabel(u'')
130.         self.condt_txtctrl.SetName(u'condt_txtctrl')
131. 
132.         self.condt_lbl = wx.StaticText(id=wxID_MAINFRAMECONDT_LBL,
133.             label=u'Conditions', name=u'condt_lbl', parent=self,
134.             pos=wx.Point(208, 344), size=wx.Size(208, 24), style=0)
135. 
136.         self.databaza = wx.richtext.RichTextCtrl(id=wxID_MAINFRAMEDATABAZA,
137.             parent=self, pos=wx.Point(416, 32), size=wx.Size(528, 520),
138.             style=wx.richtext.RE_MULTILINE, value=u'')
139.         self.databaza.SetLabel(u'')
140.         self.databaza.SetToolTipString(u'Database')
141.         self.databaza.SetName(u'databaza')
142. 
143.         self.show_x1 = wx.CheckBox(id=wxID_MAINFRAMESHOW_X1, label=u'X1',
144.             name=u'show_x1', parent=self, pos=wx.Point(416, 0),
145.             size=wx.Size(50, 32), style=0)
146.         self.show_x1.SetValue(True)
147. 
148.         self.show_x2 = wx.CheckBox(id=wxID_MAINFRAMESHOW_X2, label=u'X2',
149.             name=u'show_x2', parent=self, pos=wx.Point(466, 0),
150.             size=wx.Size(50, 32), style=0)
151.         self.show_x2.SetValue(True)
152. 
153.         self.show_x3 = wx.CheckBox(id=wxID_MAINFRAMESHOW_X3, label=u'X3',
154.             name=u'show_x3', parent=self, pos=wx.Point(516, 0),
155.             size=wx.Size(50, 32), style=0)
156.         self.show_x3.SetValue(True)
157. 
158.         self.show_x4 = wx.CheckBox(id=wxID_MAINFRAMESHOW_X4, label=u'X4',
159.             name=u'show_x4', parent=self, pos=wx.Point(566, 0),
160.             size=wx.Size(50, 32), style=0)
161.         self.show_x4.SetValue(True)
162. 
163.         self.show_f = wx.CheckBox(id=wxID_MAINFRAMESHOW_F, label=u'F',
164.             name=u'show_f', parent=self, pos=wx.Point(616, 0),
165.             size=wx.Size(50, 32), style=0)
166.         self.show_f.SetValue(True)
167. 
168.         self.anime_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMEANIME_BTN,
```

```
            label=u'Reserved', name=u'anime_btn', parent=self,
            pos=wx.Point(240, 264), size=wx.Size(112, 32), style=0)
        self.anime_btn.SetToolTipString(u"Show result")
        self.anime_btn.Enable(False)

        self.draw_btn = wx.Button(id=wxID_MAINFRAMEDRAW_BTN,
            label=u'Draw animation', name=u'draw_btn', parent=self,
            pos=wx.Point(792, 0), size=wx.Size(152, 32), style=0)
        self.draw_btn.SetToolTipString(u'Show animation of process')
        self.draw_btn.Bind(wx.EVT_BUTTON, self.draw_anim,
            id=wxID_MAINFRAMEDRAW_BTN)

        self.ki_ctrl = wx.SpinCtrl(id=wxID_MAINFRAMEKI_CTRL, initial=10,
            max=1000, min=0, name=u'ki_ctrl', parent=self, pos=wx.Point(104,
            368), size=wx.Size(104, 31), style=wx.SP_ARROW_KEYS)
        self.ki_ctrl.SetToolTipString(u'Regulator speed multiplier')

        self.kp_ctrl = wx.SpinCtrl(id=wxID_MAINFRAMEKP_CTRL, initial=10,
            max=1000, min=0, name=u'kp_ctrl', parent=self, pos=wx.Point(0,
            368), size=wx.Size(104, 31), style=wx.SP_ARROW_KEYS)
        self.kp_ctrl.SetToolTipString(u'Stabilisator response multiplier')

    def __init__(self, parent):
        self._init_ctrls(parent)
        #own variables
        self.connected=False


    def connect(self, adress):
        try:
            self.s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
            HOST,PORT=adress.split(":")
            if PORT=="all": #vyskusa vsetky porty od 20000 do 30000
                for i in range(20000,30000):
                    try:
                        self.s.connect((HOST, int(i)))
                        PORT=i
                        break
                    except:pass
                if PORT=="all":
                    self.richTextCtrl1.SetValue("No host available")
                    raise socket.error
            else:
```

```
212.             self.s.connect((HOST, int(PORT)))
213.
214.         self.richTextCtrl1.SetValue("Connected to %s:%s"%(HOST, PORT))
215.         self.adresa.SetValue("%s:%s"%(str(HOST), str(PORT)))
216.         self.adresa.Disable()
217.         self.connect_btn.SetLabel("Disconnect and Close")
218.         self.connect_btn.SetToolTipString(u'Terminate communication with host server and exit program')
219.         self.connected=True
220.         self.load_vars_btn.Enable()
221.
222.     except socket.error:
223.         self.richTextCtrl1.SetValue("Connection refused (no host listening?)")
224.     except socket.gaierror:
225.         self.richTextCtrl1.SetValue("Connection refused (unknown host?)")
226.     except ValueError:
227.         self.richTextCtrl1.SetValue("Connection refused (bad port?)")
228.
229. def connect_to_server(self, event=None):
230.     if self.connected:
231.         self.richTextCtrl1.SetValue("Exitting")
232.         self.s.sendall("exit")
233.         self.s.close()
234.         quit()
235.     else:
236.         self.connect(self.adresa.GetValue())
237.         self.load_vars_btn.SetFocus()
238.
239. def step_size_modified(self, event):
240.     self.step_lbl.SetLabel(u'Step size %dms'%self.step_sldr.GetValue())
241.     self.load_vars_btn.SetFocus()
242.
243. def time_range_modified(self, event):
244.     self.time_range_lbl.SetLabel(u'Time range %ds'%self.time_sldr.GetValue())
245.     self.load_vars_btn.SetFocus()
246.
247. def adress_key_enter(self, event):
248.     if event.GetKeyCode()==13:
249.         self.connect_to_server()
250.     else:
251.         event.Skip()
252.
253. def start_simulation(self, event):
254.     vrange=int(self.time_sldr.GetValue())
```

```
255.        vstep=int(self.step_sldr.GetValue())
256.        self.s.sendall("simu")
257.        while self.s.recv(128)[0:3]!="gmt": pass
258.
259.        self.richTextCtrl1.SetValue("Sending time frame")
260.        self.t=[t/1000.0*vstep for t in range(int(vrange*1000/vstep))]
261.
262.        self.s.sendall(str(len(self.t)+128))
263.        while self.s.recv(128)[0:3]!="ack": pass
264.
265.        self.s.sendall("t=[t/1000.0*%d for t in range(int(%d*1000.0/%d))] "%(vstep, vrange, vstep))
266.
267.        while self.s.recv(1024)[0:3]!="gmx": pass
268.        self.richTextCtrl1.SetValue("Sending default values")
269.        self.s.sendall("x0=[%f,%f,%f,%f,%f]\nK=%f"%
    (self.x1_0,self.x2_0,self.x3_0,self.x4_0, self.xf_0,self.xf_0))
270.
271.        data=self.s.recv(1024)
272.        while data[0:4] != "data": data=self.s.recv(1024)[0:4]
273.
274.        self.richTextCtrl1.SetValue("Receiving values")
275.
276.        f = self.s.makefile('rb', int(data[4:])+1024 )
277.        data = pickle.load(f)
278.        f.close()
279.
280.        text=""
281.        for i in data:
282.            for j in i:
283.                text+="%.3f "%j
284.            text+="\n"
285.        self.databaza.SetValue(text)
286.
287.        self.sol=data
288.        self.plot_btn.Enable()
289.        self.anime_btn.Enable()
290.        self.richTextCtrl1.SetValue("Simulation finished succesfully!\nData ready for plotting.")
291.
292.        subor=file("simulation.dat","w")
293.        subor.write(str(self.step_sldr.GetValue())+"\n"+self.databaza.GetValue())
294.        subor.close()
295.
296.        self.plot_btn.SetFocus()
```

```
297.
298.     def plot_values(self, event):
299.         plt.ion()
300.         plt.figure()
301.
302.         if self.show_x1.GetValue(): plt.plot(self.t,self.sol[:,0],label="x1")
303.         if self.show_x2.GetValue(): plt.plot(self.t,self.sol[:,1],label="x2")
304.         if self.show_x3.GetValue(): plt.plot(self.t,self.sol[:,2],label="x3")
305.         if self.show_x4.GetValue(): plt.plot(self.t,self.sol[:,3],label="x4")
306.         if self.show_f.GetValue():  plt.plot(self.t,self.sol[:,4],label="F")
307.
308.         plt.grid()
309.         plt.xlabel('Time')
310.         plt.ylabel('')
311.         plt.title('Values')
312.         plt.legend(loc=0)
313.
314.     def get_help(self, event):
315.         info = wx.AboutDialogInfo()
316.         info.Name = 'pySim'
317.         info.Version = '1.0.0'
318.         info.Copyright = '(C) Stanislav Rubint 2013'
319.         info.Description = 'Client-server based simulation and regulation program written in python 2.7.3'
320.         wx.AboutBox(info)
321.
322.     def draw_anim(self, event):
323.         os.system("python animacia.py")
324.
325.     def load_variables(self, event): #nasleduje vypocet bulharskych konstant
326.         vars="kP=%f\nkI=%f\n"%(self.kp_ctrl.GetValue(),self.ki_ctrl.GetValue())
    +self.variables_textctrl.GetValue()+"\nb2=-theta/(N01**2)\nb4=-N/(N01**2)\na22=-theta*Fr/
    (N01**2)\na23=-N**2*g/(N01**2)\na24=N*C/(N01**2)\na25=theta*N/(N01**2)\na42=N*Fr/
    (N01**2)\na43=M*N*g/(N01**2)\na44=-M*C/(N01**2)\na45=-N**2/(N01**2)"
327.
328.         self.s.sendall("exec"+vars)
329.         while self.s.recv(16)[0:3]!="ack":pass
330.         self.richTextCtrl1.SetValue("Variables transmitted to server")
331.         self.load_vars_btn.SetLabel("Reload variables")
332.         exec(self.condt_txtctrl.GetValue().replace("x","self.x"))
333.         self.start_btn.Enable()
334.         self.start_btn.SetFocus()
335.
336.
```

```
337.if __name__ == '__main__':
338.    app = wx.PySimpleApp()
339.    frame = create(None)
340.    frame.Show()
341.    #app.MainLoop()
```

animacia.py – zdrojovy kod

```
1.  import numpy as np
2.  from math import sin, cos
3.  import matplotlib.pyplot as plt
4.  import matplotlib.animation as animation
5.
6.  class Animacia:
7.      def __init__(self):
8.          self.ls=0.451
9.      def update_line(self,n, data, line, ls):
10.         x=float(data[n].split(" ")[0])
11.         fi=float(data[n].split(" ")[2])
12.         line.set_data([x,x-ls*sin(fi)],[0,ls*cos(fi)])
13.         return line,
14.
15.     def rozpohybuj(self):
16.         fig1 = plt.figure()
17.         subor=file("simulation.dat","r")
18.         data=subor.read().split("\n")
19.         cas=data[0]
20.         data=data[1:]
21.         subor.close()
22.         a=[]
23.         for i in data:
24.             a.append(abs(float(i.split(" ")[0])))
25.
26.         l, = plt.plot([], [], '-o')
27.         a=max(a)
28.         a=max([a,self.ls])
29.         plt.xlim(-a-self.ls, a+self.ls)
30.         plt.ylim(-a, a+self.ls)
31.         plt.xlabel('x1')
32.         plt.title('Real time animation @%dfps'%(1000/int(cas)))
33.
34.         line_ani = animation.FuncAnimation(fig1, self.update_line, np.arange(0,len(data)), fargs=(data, l,self.ls),
35.             interval=int(cas), blit=True)
36.
37.         plt.show()
38.
39. def animuj(event=None):
40.     anim1=Animacia()
41.     anim1.rozpohybuj()
```

```
42.
43.if __name__=="__main__":
44.    animuj()
```