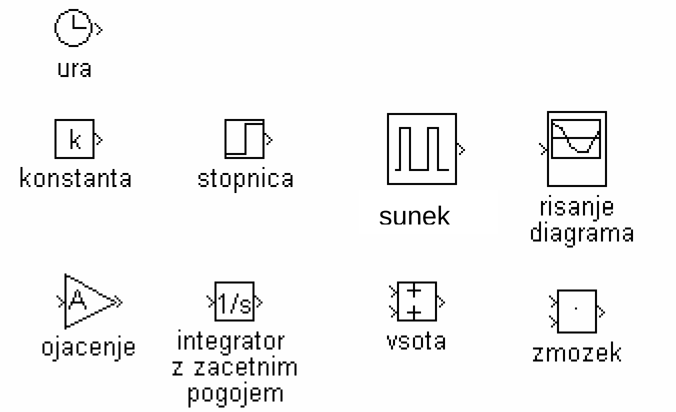
Vaja 1

Ime in priimek: .... **Datum:**.......................................

SIMULINK – simulacijsko orodje

Z nekaj preprostimi primeri si oglejmo način, s katerim v časovnem prostoru neposredno zapišemo odvisnosti v sistemu nastopajočih spremenljivk in simuliramo obnašanje sistema pri danih začetnih pogojih.

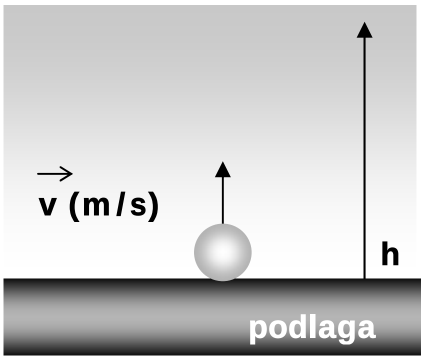
Osnovni elementi simulacijske sheme
Prikličemo jih, če v MATLABu zapišemo `simulink` *in odpremo ustrezno knjižnico (viri, ponori, diskretni/linearni/nelinearni elementi, povezave, posebni elementi) in jih prenesemo v novoodprto okno.*



1. Primer: nelinearni sistem – kroglica

Imamo sistem elastične kroglice in trde podlage.

Opazujmo spreminjanje hitrosti v in višine h od časa!



Obnašanje sistema vnesemo v računalnik - spet s pomočjo matematičnega modela – torej z diferencialno enačbo. Opišimo gibanje pri navpičnem metu z diferencialnima enačbama:

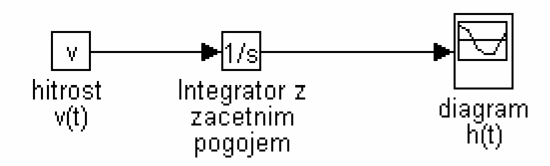
$$-g = \frac{dv}{dt} = \dot{v} = \ddot{h} \qquad v = \frac{dx}{dt} = \dot{h}$$

Težnostni pospešek ima negativen predznak, ker za pozitivno smer hitrosti proglasimo smer dviganja kroglice, težnostni pospešek pa kaže proti središču izvora težnosti – sredini Zemlje.

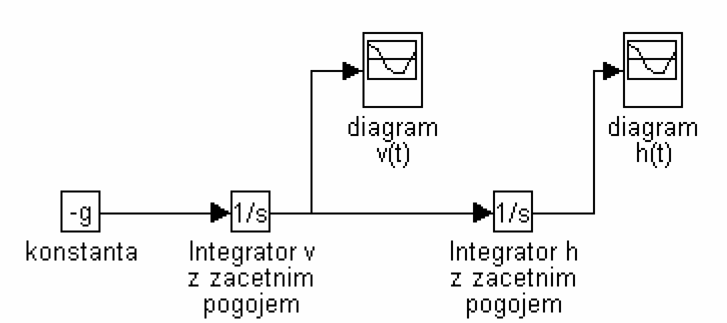
Enačbi lahko zapišemo tudi v obliki integralov, v kateri nastopijo začetni pogoji:

$$v = \int -g(t)dt + v_0 \qquad\qquad h = \int v(t)dt + h_0$$

Z integralskima enačbama že lahko začnemo graditi simulacijsko shemo:



Če vežemo integratorja zaporedno, dobimo možnost istočasne simulacije in opazovanja hitrosti in višine:



Gibanje smo že dosegli, toda gibanje se ob dotiku s podlago v trenutku preusmeri. Stik s podlago pomeni nelinearen pojav v sistemu kroglica-podlaga, zato ga tudi opisujemo z nelinearno enačbo oziroma simuliramo z nelinearnimi elementi.

Bistven element, ki dela sistem nelinearen, je v našem primeru reset integrator. Dokler je kroglica v zraku igra vlogo navadnega integratorja, ko pa kroglica trči s podlago (h=0) se mora hitrost ohraniti (ali zaradi nepopolne elastičnosti trka zmanjšati) in spremeniti predznak. Stalno opazovanje višine dosegamo s povratno vezavo.

- *Prikličite program* `kroglica.mdl`.

Izriše se simulacijska shema, v kateri so že upoštevane vse zahteve, vključno z začetnima pogojema: v(0)=2m/s in h(0)=25m.

- *Poglejte, kaj je trenutno vpisano v oknu Simulation/Parameters*

V oknu Simulation/Parameters so zapisani pogoji simulacije: metoda integracije (poznamo več postopkov numerične integracije) začetni čas, končni

čas, najmanjši in največji korak integracije ter natančnost računanja integralov.
Poženite simulacijo s Simulation/Start

Poročilo o simulaciji pri danih pogojih:

Parametri simulacije (Simulation/Parameters):

metoda integracije: ______________________

celoten čas trajanja: ____________

min. časovni korak: ____________

max. časovni korak: ____________

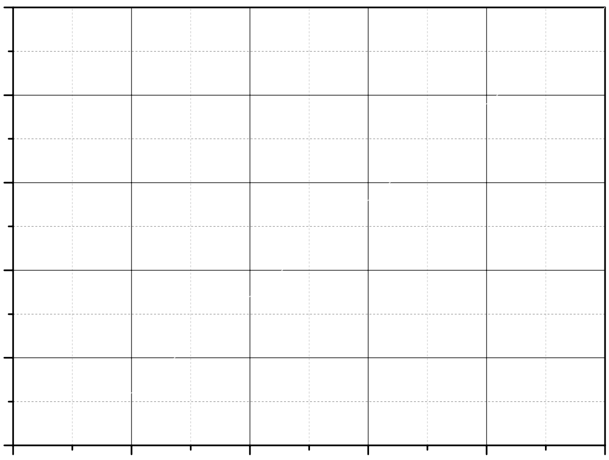
natančnost: ____________

Elastičnost kroglice: ……………………

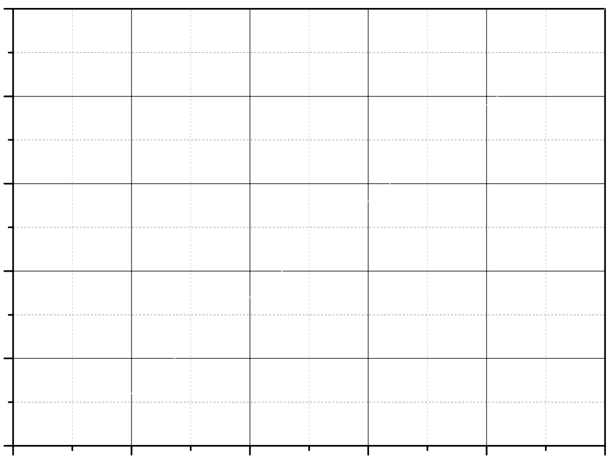
Začetne vrednosti poskusa: $v(0)$ = ____________

$h(0)$ = ____________

Po simulaciji narišite odvisnost hitrosti kroglice od časa v(t)



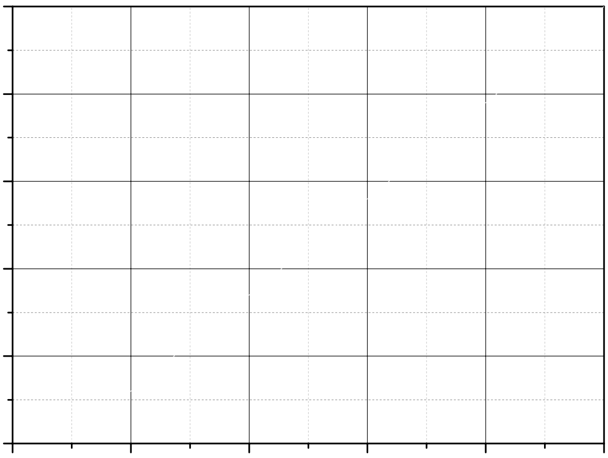
Po simulaciji narišite odvisnost višine od časa h(t)



- *Spreminjajte pogoje (v(0), h(0), elastičnost) in opazujte v(t) in h(t)!*

Parametri simulacije (Simulation/Parameters):
metoda integracije: ______________________________
celoten čas trajanja: ________________
min. časovni korak: ________________
max. časovni korak: ________________
natančnost: ________________
Elastičnost kroglice: ………………………
Začetne vrednosti poskusa: *v(0) =* ________________
h(0) = ________________

Po simulaciji narišite odvisnost višine kroglice od časa h(t)



Zapišite kaj ste opazili, ko ste spremenili v začetku nastavljene vrednosti!

2. Primer: ribnik – ekološki problem

Model vodnega ekosistema za umetni ribnik, ki so ga naredili z umetnim jezom in je namenjen športnemu ribištvu. Ribniku dovajajo gnojila: spomladi in potem periodično skozi vse poletje, da bi povzročili razvoj rastlinske hrane. Nastajanje hranilnih snovi se prenese po prehranjevalni verigi in povzroči povečan prirastek v ribji populaciji.
Model ribnika, v katerem je predpostavljena konstantna temperatura, je opisan z naslednjimi enačbami:

$$
\begin{aligned}
&\dot{x}_1(t) = -30{,}8x_1(t) + 616 + 200\sin 0{,}524t \\
&\dot{x}_2(t) = 2{,}13x_1(t) - 17{,}4x_2(t) + 0{,}0458x_9(t) \\
&\dot{x}_3(t) = 1{,}67x_1(t) - 8{,}66x_3(t) + 0{,}0553x_9(t) \\
&\dot{x}_4(t) = 0{,}457x_2(t) + 0{,}553x_3(t) - 0{,}941x_4(t) + 0{,}148x_6(t) \\
&\dot{x}_5(t) = 0{,}0925x_3(t) + 0{,}0814x_4(t) - 0{,}349x_5(t) + 0{,}00224x_6(t) \\
&\dot{x}_6(t) = 5{,}97x_2(t) - 1{,}94x_6(t) \\
&\dot{x}_7(t) = 0{,}346x_2(t) + 2{,}73x_3(t) + 0{,}0193x_6(t) - 0{,}314x_7(t) + 0{,}23 \\
&\dot{x}_8(t) = 0{,}0898x_4(t) + 0{,}0166x_5(t) + 0{,}0166x_7(t) - 0{,}104x_8(t) \\
&\dot{x}_9(t) = 13{,}5x_1(t) + 5{,}45x_2(t) + 4{,}23x_3(t) + 0{,}213x_4(t) + 0{,}0703x_5(t) \\
&+ 0{,}382x_6(t) + 0{,}0628x_7(t) + 0{,}0207x_8(t) - 0{,}816x_9(t)
\end{aligned}
$$

Spremenljivke x_1, x_2 in x_3 pomenijo količine nastajajočih hranilnih snovi, ki nastanejo kot rezultat pognojevanja.
Spremenljivke x_4, x_5, x_6, x_7 in x_8 pomenijo količine posameznih vrst rib v umetnem ribniku. Spremenljivka x_9 ponazarja količino proda, ki nastaja pod vremenskimi vplivi.
Simulirajmo model ribnika (`ribnik.mdl`*) za obdobje 12 mesecev pri naslednjih začetnih vrednostih (v kcal/m²): x_1=20; x_2=3,5; x_3=6,4; x_4=7,16; x_5=3,44; x_6=10,8; x_7 =61; x_8=16,5 in x_9=100.*

Kaj, glede na rezultate simulacije, sklepate, da se v ribniku dogaja?

Literatura

*Kocijan, J., **Načrtovanje vodenja dinamičnih sistemov – zbirka nalog**, FE, Ljubljana, 1996.*
*Dabney, J. B., Harman, T.L., **Mastering Simulink 4**, Prentice Hall, New Jersey, ZDA, 2001, str 134.*