VII Simpozijum MATEMATIKA I PRIMENE,
Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2016

Uticaj sile Jarkovskog i rezonanci u srednjem kretanju na kretanje asteroida u Glavnom asteroidnom pojasu

Ivana Milić Žitnik

Astronomska opservatorija, Beograd, Srbija
ivana@aob.rs

Uvod

- Gravitacioni i negravitacioni mehanizmi

  Rezonance u srednjem kretanju (RSK)

  Sila Jarkovskog

- Funkcionalna veza između snage rezonance (SR), sile Jarkovskog (da/dt) i vremena (dtr)

  (Milić Žitnik i Novaković, 2016)

- Proširena analiza i novi rezultati

  (Milić Žitnik, 2016)

Metode

- Ispitivanje interakcije između RSK i sile Jarkovskog

  Milić Žitnik i Novaković (2015, 2016)
- Generisanje orbitalnih elemenata za 66000 test asteroida
- Integrator ORBIT9 (Milani i Nobili, 1988)
- Dva dinamička modela
- 10 različitih vrednosti sile Jarkovskog

  $\{-4^{x}10^{-5}, \ldots, -2^{x}10^{-3}$ AU/Myr$\}$
- 11 izolovanih RSK sa Jupiterom

- Vreme koje asteroid provede u rezonanci:

  $dtr=\Delta t-\Delta a\,/\,yark$

  $\Delta t=t_2-t_1$

  $\Delta a=a_2-a_1$

  $yark=da\,/\,dt$

- Asimetrična Laplasova statistička raspodela (Đorić et al., 2007)

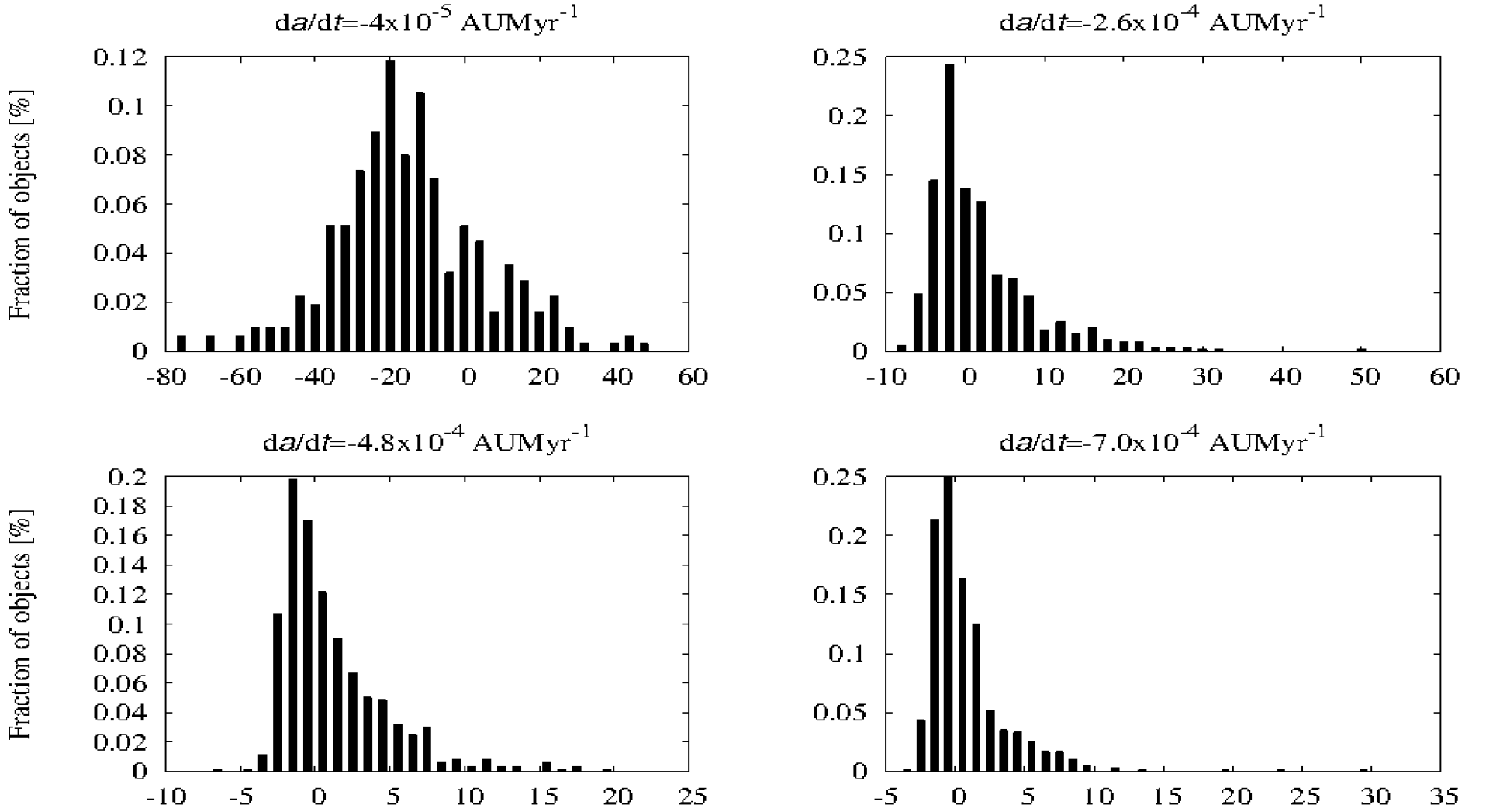
  $g(x)=(1-p)/l\ \exp(-|x-a|/l),\ x\leq a$

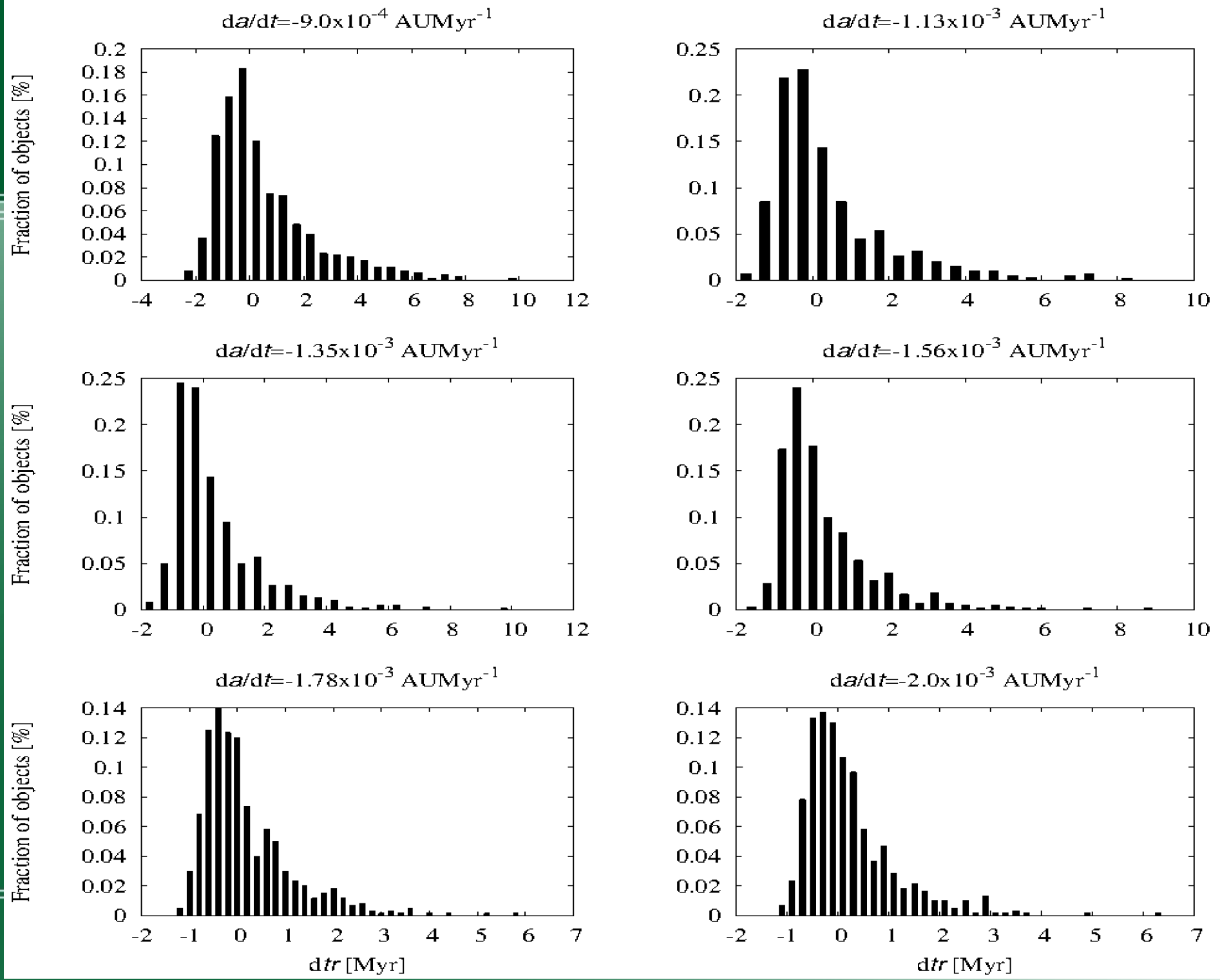
  $g(x)=p/l\ \exp(-|x-a|/l),\ x>a$

  a – parametar lokacije, $l>0,\ 0<p<1$

Rezultati

- Raspodela *dtr* za test asteroide u 9:4 rezonanci




da/dt=-9.0x10^-4 AUMyr^-1
da/dt=-1.13x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.35x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.56x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.78x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-2.0x10^-3 AUMyr^-1
Fraction of objects [%]
dtr [Myr]

- Kolmogorov-Smirnov test:

Testirana je nulta hipoteza H_0: P_0=P_1 sa nivoom značajnosti α=0.05 i α=0.01 nad ~ 31% histograma za različite rezonance i vrednosti efekta Jarkovskog.

Za α=0.05 H_0 je prihvatljivo za 20 parova histograma

(od ispitivanih 26 parova).

Za α=0.01 H_0 je prihvatljivo za 21 par histograma

(od ispitivanih 26 parova).

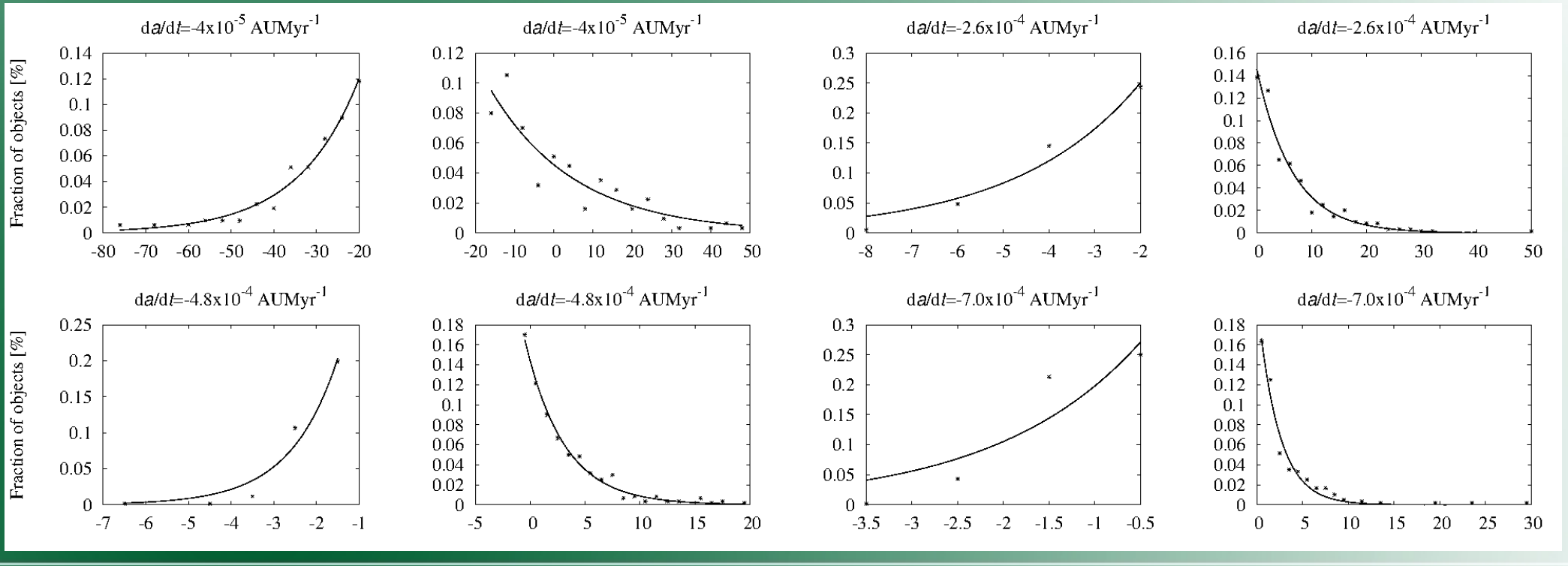
=> Podaci za *dtr* prikazani na histogramima pripadaju istoj raspodeli ili sličnim raspodelama.

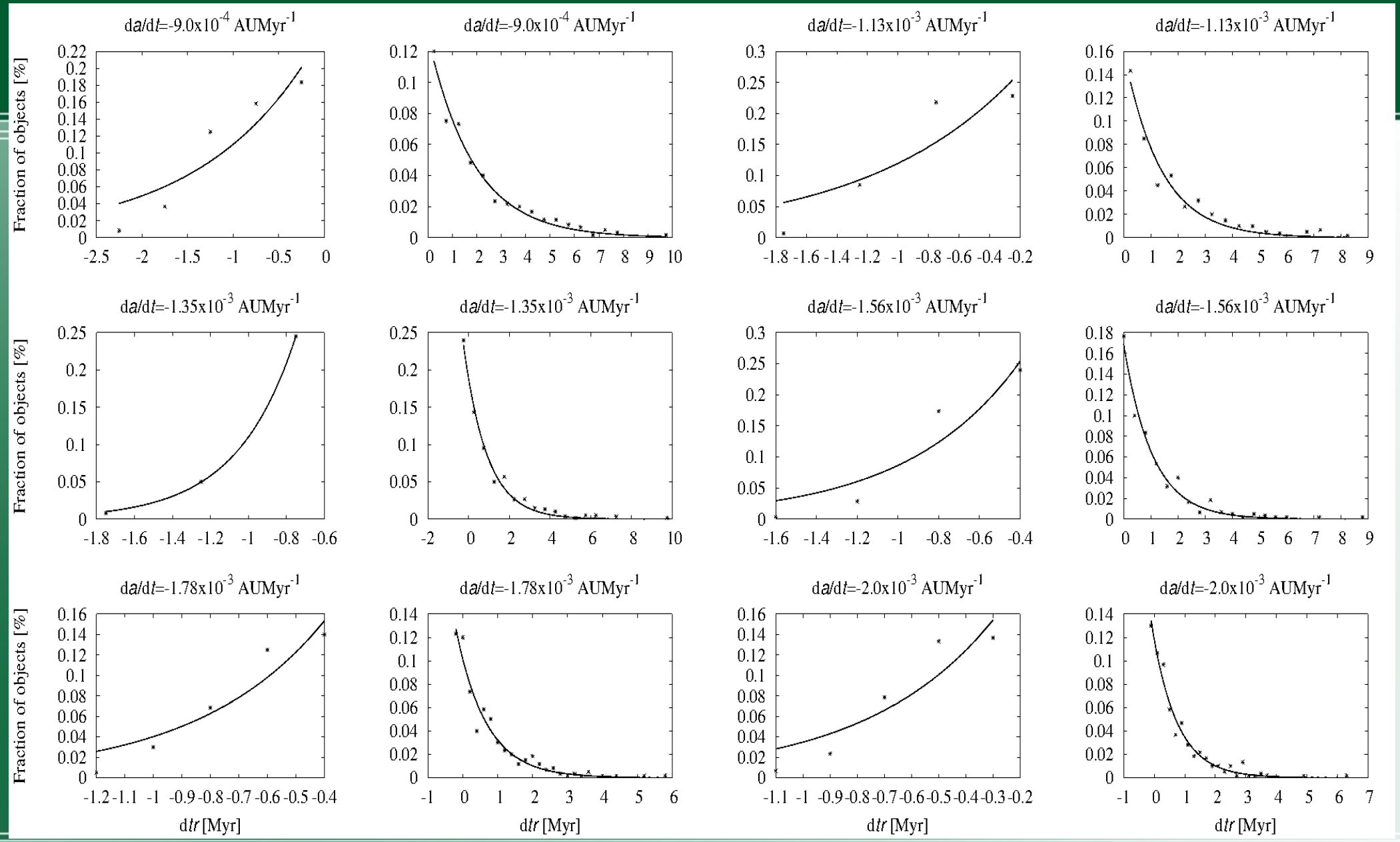
- Laplasova modifikovana asimetrična raspodela (Milić Žitnik, 2016):

$$g(x)=(1-p_l)/l_l \exp(-|x-a|/l_l),\ x\leq a$$

$$g(x)=p_r/l_r \exp(-|x-a|/l_r),\ x>a$$

a – parametar lokacije, $\{l_l, l_r\} > 0,\ 0 < \{p_l, p_r\} < 1$




da/dt=-9.0x10^-4 AUMyr^-1
da/dt=-9.0x10^-4 AUMyr^-1
da/dt=-1.13x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.13x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.35x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.35x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.56x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.56x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.78x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-1.78x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-2.0x10^-3 AUMyr^-1
da/dt=-2.0x10^-3 AUMyr^-1
Fraction of objects [%]
dtr [Myr]

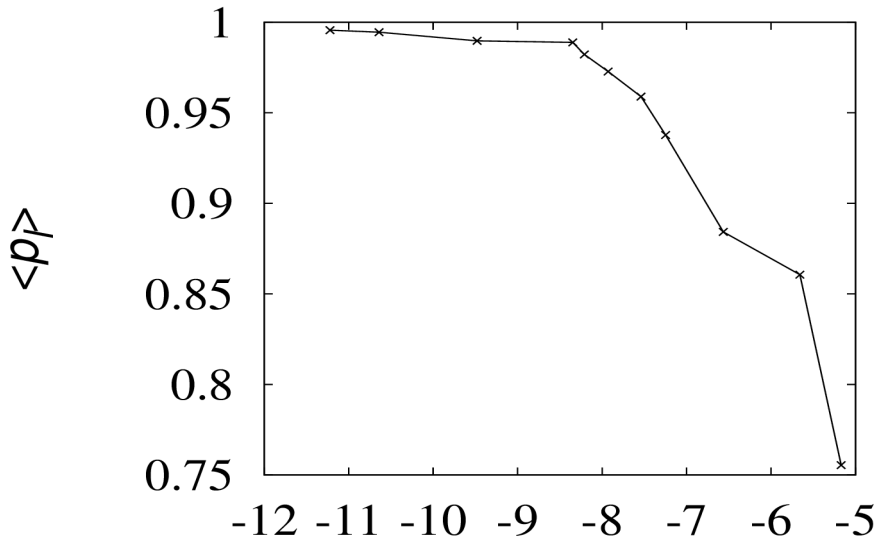
- Pirsonov (χ^2) test

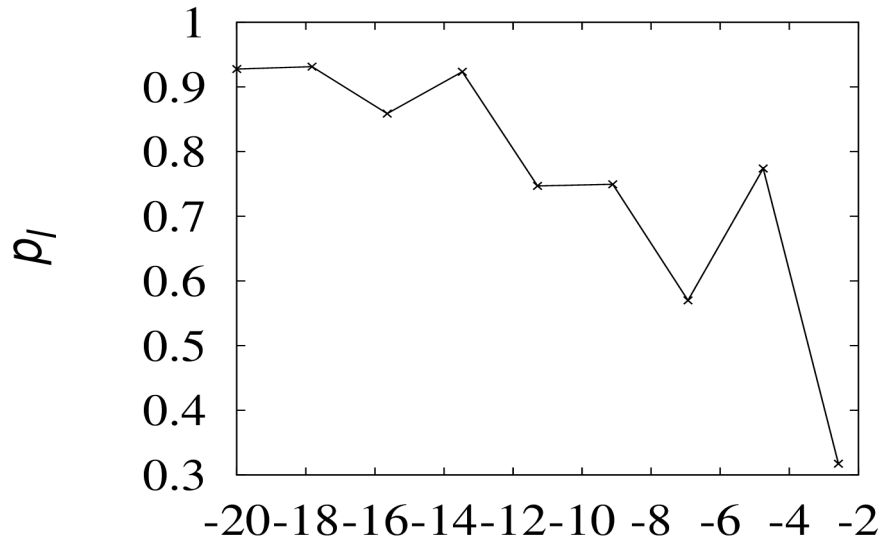
  Testirana je nulta hipoteza H_0: "Podaci za *dtr* imaju modifikovanu Laplasovu asimetričnu raspodelu" sa nivoom značajnosti α=0.05.

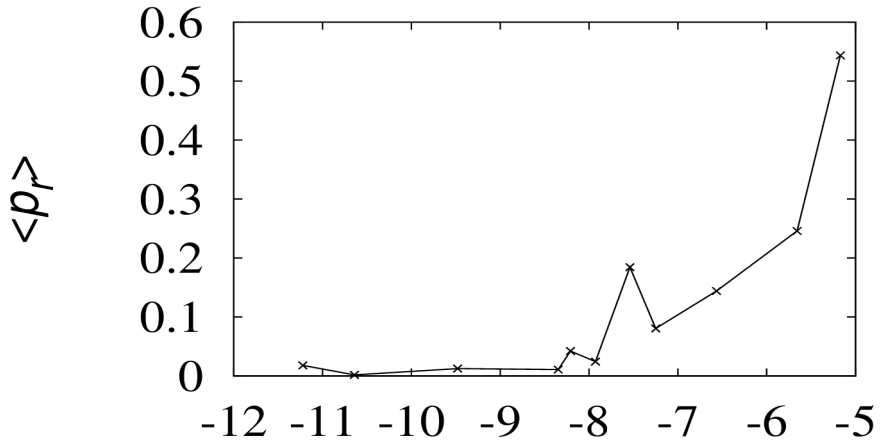
  Test je prošlo 80% podataka.

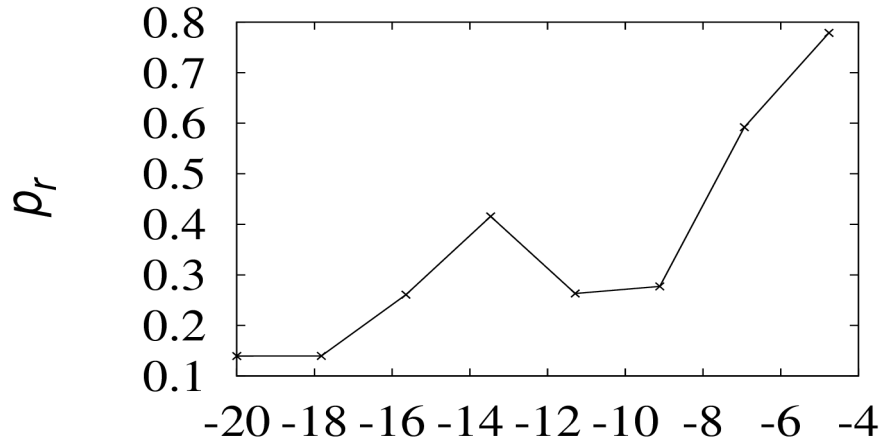
  Velika disperzija kod preostalih 20% podataka.

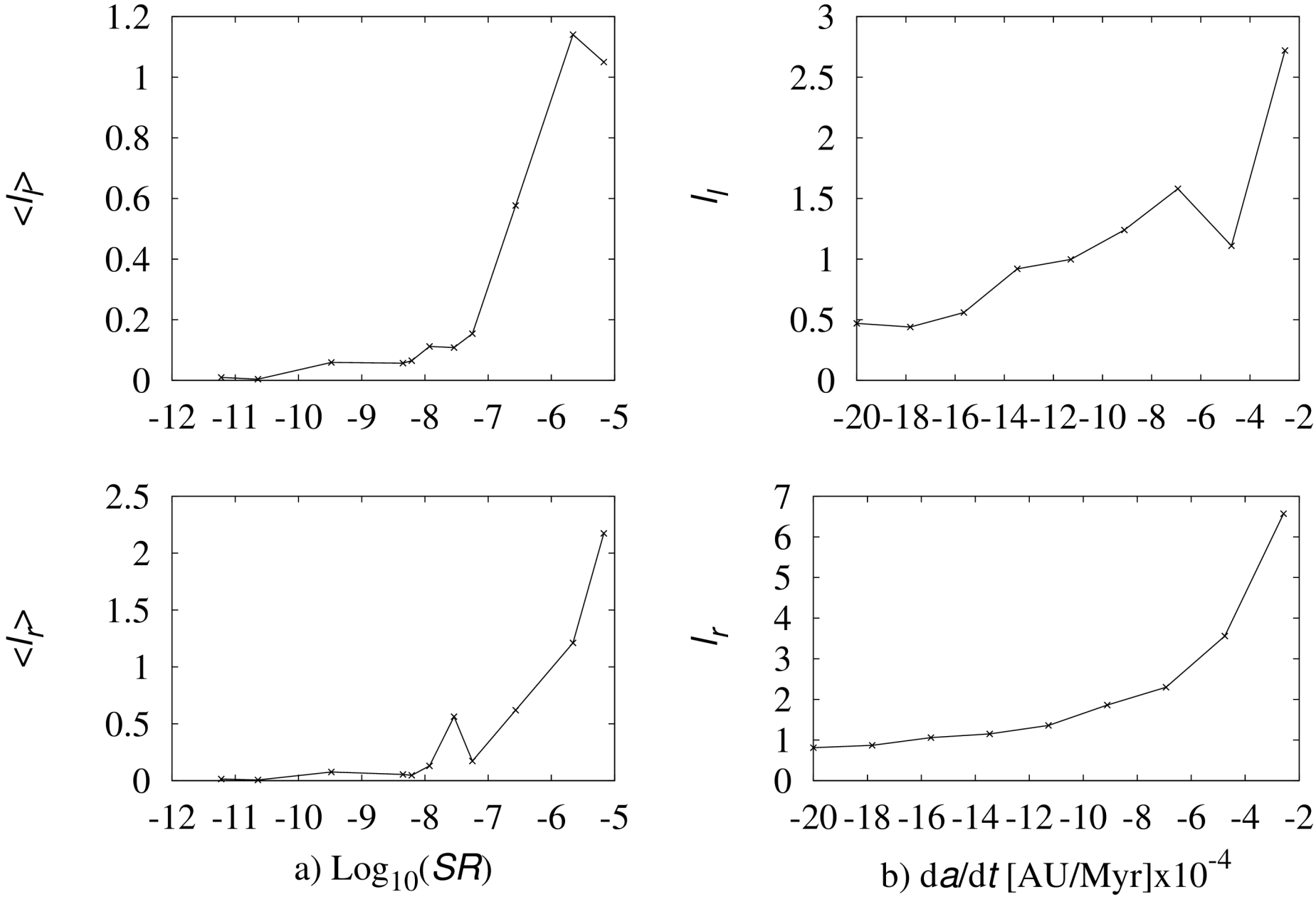
Analiza parametara modifikovane Laplasove asimetrične raspodele










<I_l>
<I_r>
a) Log10(SR)
I_l
I_r
b) da/dt [AU/Myr]x10^-4

- Funkcionalna veza između $\{l_l, l_r, p_l, p_r\}$, da/dt i SR

$$\log_{10}(\{l_l, l_r, p_l, p_r\}) = a\log_{10}(SR) + b\log_{10}(da/dt) + c$$

	$a \pm \sigma_a$	$b \pm \sigma_b$	$c \pm \sigma_c$
l_l	0.397±0.014	-0.919±0.055	-0.980±0.205
l_r	0.434±0.019	-0.928±0.077	-0.619±0.284
p_l	-0.018±0.003	0.069±0.012	0.035±0.044
p_r	0.426±0.024	-0.926±0.094	-1.206±0.344

- Jednačina veze između $\langle dtr \rangle$, SR, da/dt, e

$\langle dtr \rangle = c_1 (SR)^{\beta} (da/dt)^{\gamma} / \log_{10}$

$\log_{10}(\langle dtr \rangle) = \beta \log_{10}(SR) + \gamma \log_{10}(da/dt) + c_2$

Za $e \sim 0.1$:

$\beta = 0.44 \pm 0.03$, $\gamma = -1.09 \pm 0.20$, $c_2 = 4.35 \pm 0.66$ za 11 RSK

$\beta = 0.47 \pm 0.04$, $\gamma = -0.97 \pm 0.15$, $c_2 = 5.11 \pm 0.54$ za 6 RSK

Za $0.025 \leq e \leq 0.4$:

(Tabela 3 iz Milić Žitnik, 2016)

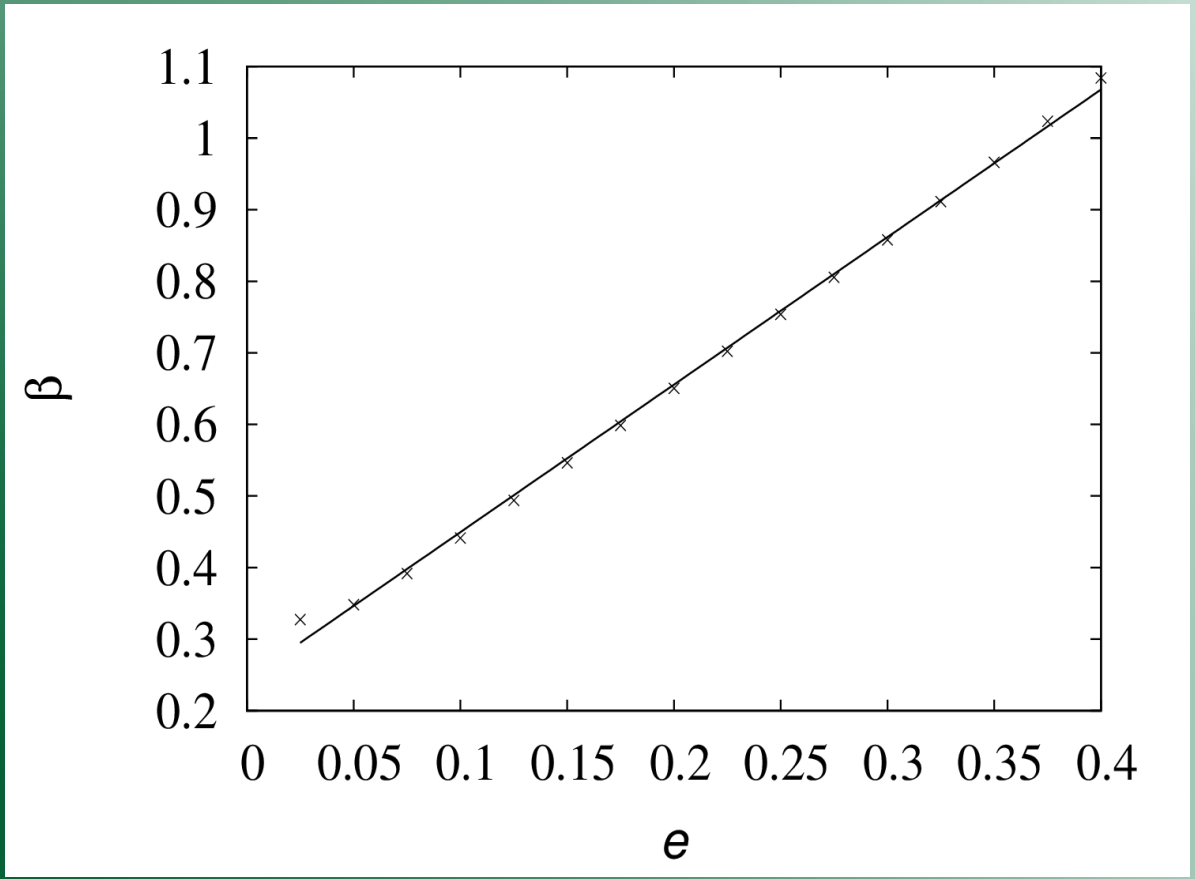
=> β raste sa e (za sve RSK)

$\gamma = -1.092$ (za sve vrednosti e)

c_2 raste sa e (osim za e=0.025)

- Zavisnost između e i β

$$\beta = ae + b$$



$a = 2.06 \pm 0.02$, $b = 0.24 \pm 0.01$

Zaključak

- Jednačina koja važi za $0.025 \leq e \leq 0.4$:

  $\log_{10}(\langle dtr \rangle) = (2.06e + 0.24)\log_{10}(SR) - 1.09\log_{10}(da/dt) + c_2$.

- Modifikovana Laplasova asimetrična raspodela može poslužiti za generisanje *dtr* za određeni broj objekata sa poznatim vrednostima brzine Jarkovskog u RSK sa poznatom jačinom.
- Ovi rezultati mogu biti implementirani u različite Monte-Karlo metode za kretanje asteroida preko RSK u glavnom asteroidnom pojasu.
- Trenutno radimo na simulaciji kretanja asteroida preko rezonance 17:8 sa novim vrednostima sile Jarkovskog.

Hvala vam na pažnji!