

Desinchronizacijos signalo optimizavimas



Irmantas Ratas, Kęstutis Pyragas
Fizinių ir technologijos mokslų centras, A. Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius
irmantas.ff.vu@gmail.com



Įvadas

Sinchronizacija yra procesas, kurio metu autovirpesinės sistemos dėl silpnos sąveikos suvienodina savo periodus. Šis fenomenas stebimas tiek fizikinėse, tiek biologinėse sistemose. Patologiškai sinchronizuoti neuronai nulemia ligų tokių kaip Parkinsono liga sindromus. Todėl reikia suprasti ir išmokti valdyti sinchronizacijos mechanizmus.

Darbo tikslas: Surasti optimalų desinchronizacijos signalą, nenaudojant grįžtamojo ryšio, kai signalo fazės kitimo greitis lygus centriniam sinchronizuotų osciliatorių skirstinio dažniui.

Išvados: Optimizuotas signalas per stimuliacijos periodą vidutiniškai sistemą desinchronizuoja nežymiai, todėl **tokiu būdu sukonstruoti signalai nėra tinkami desinchronizacijai. Gersenį desinchronizacijos lygį galima pasiekti naudojant trūkų signalą.**

Modelis

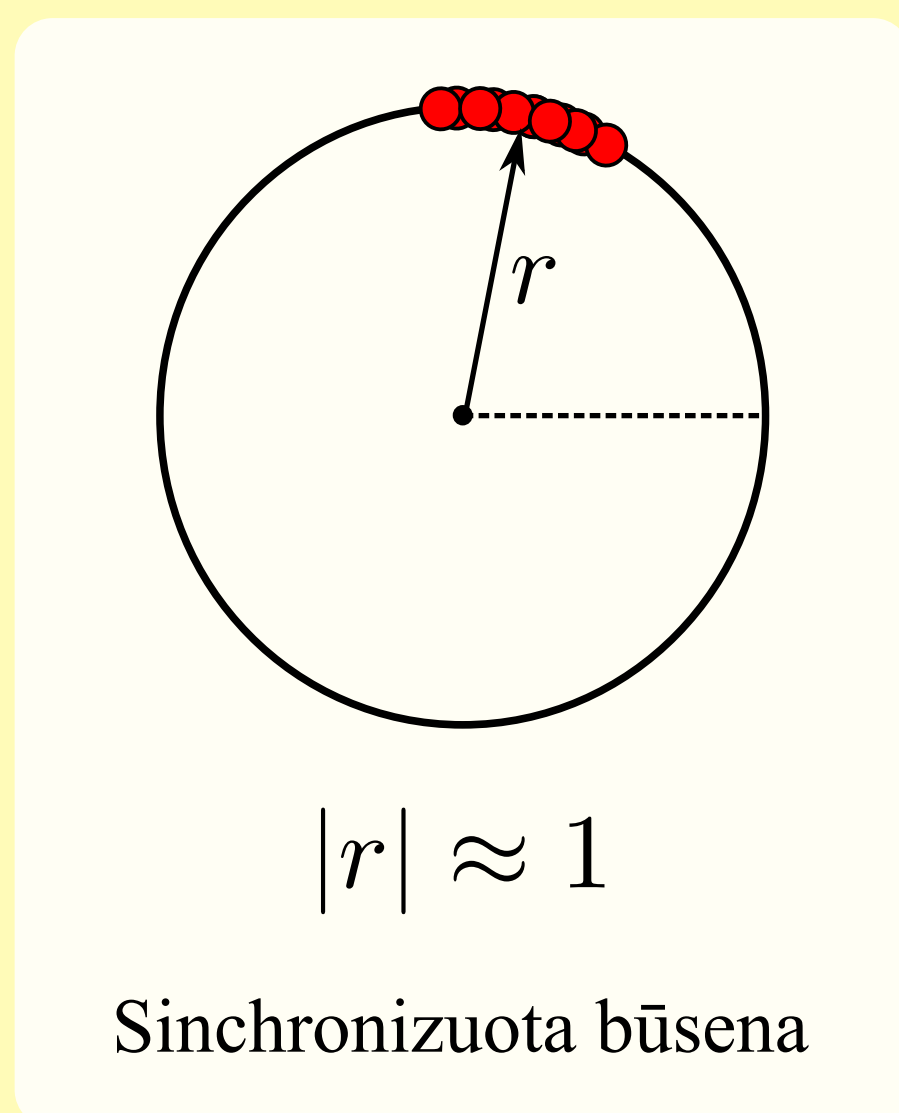
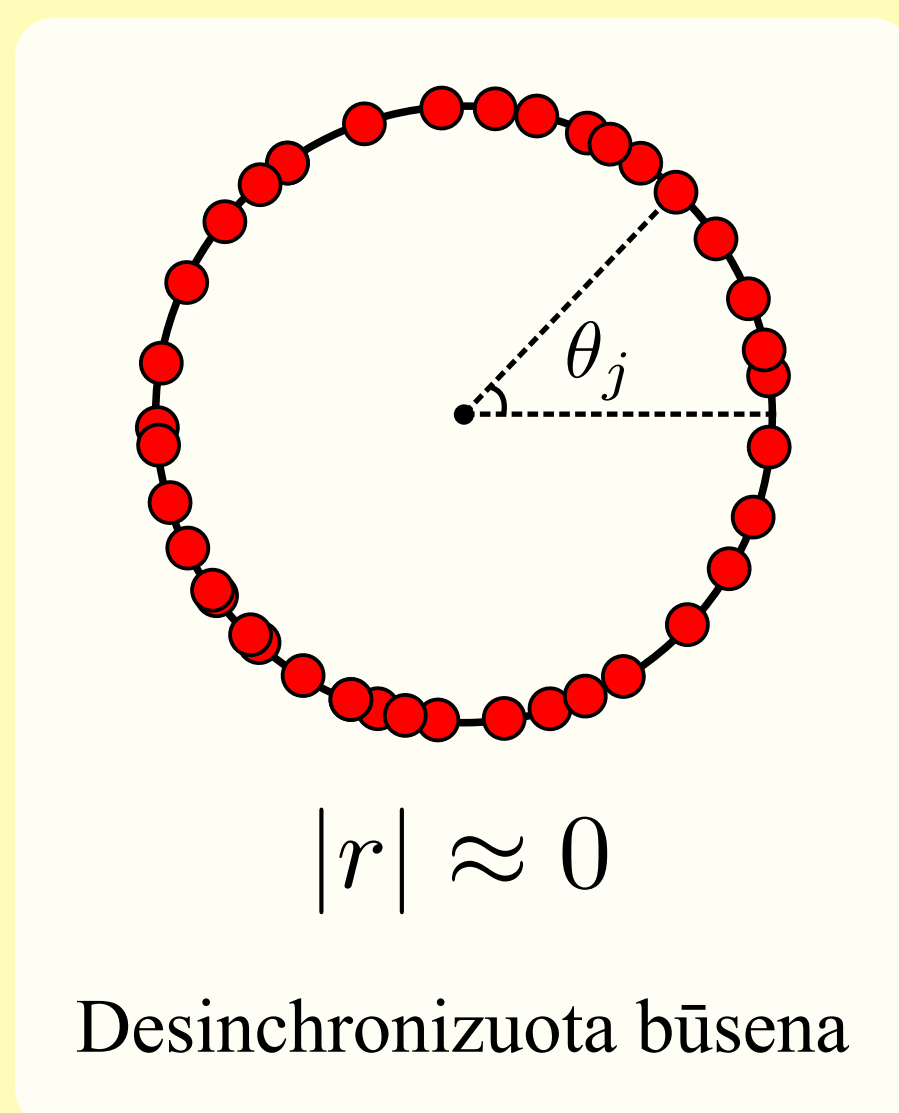
Sinchronizuota sistema modeliuojama naudojant Kuramoto [1] modelį:

$$\dot{\theta}_j = \omega_j + \frac{K}{N} \sum_{l=1}^N \sin(\theta_l - \theta_j) + F_j(t)$$

Čia θ_j - osciliatoriaus fazė, ω_j - savasis dažnis, antrasis narys dešinėje pusėje aprašo sujungimą, o trečiasis - sistemą veikiančią jėgą.

Sinchronizaciją nusako kompleksinės eksponentės vidurkis, vadinamas *tvarkos parametru*:

$$r = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \exp(i\theta_j)$$



Osciliatorių savieji dažniai pasiskirstę pagal Lorencio skirstinį su centriniu dažniu ω_0 .

Pridėtos jėgos forma aprašoma lygtimi:

$$F_j(t) = A(t) \sin(\omega_0 t - \theta_j)$$

$A(t)$ yra mūsų ieškoma jėga. Reikalaujame, kad jėga būtų periodinė ir turėtų ribotą galią.

Tvarkos parametro lygtis

Galima parodyti [2], kad besisukančioje koordinačių sistemoje tvarkos parametras kinta pagal diferencialinės lygties dėsnį:

$$\dot{r} = -\frac{1}{2}r^2(Kr^* + A(t)) + \frac{1}{2}(Kr + A(t)) - r\Delta.$$

Jėgos ir tvarkos parametro fazių kitimo greičiai sutampa, todėl menamoji tvarkos parametro dalis bus lygi nuliui.

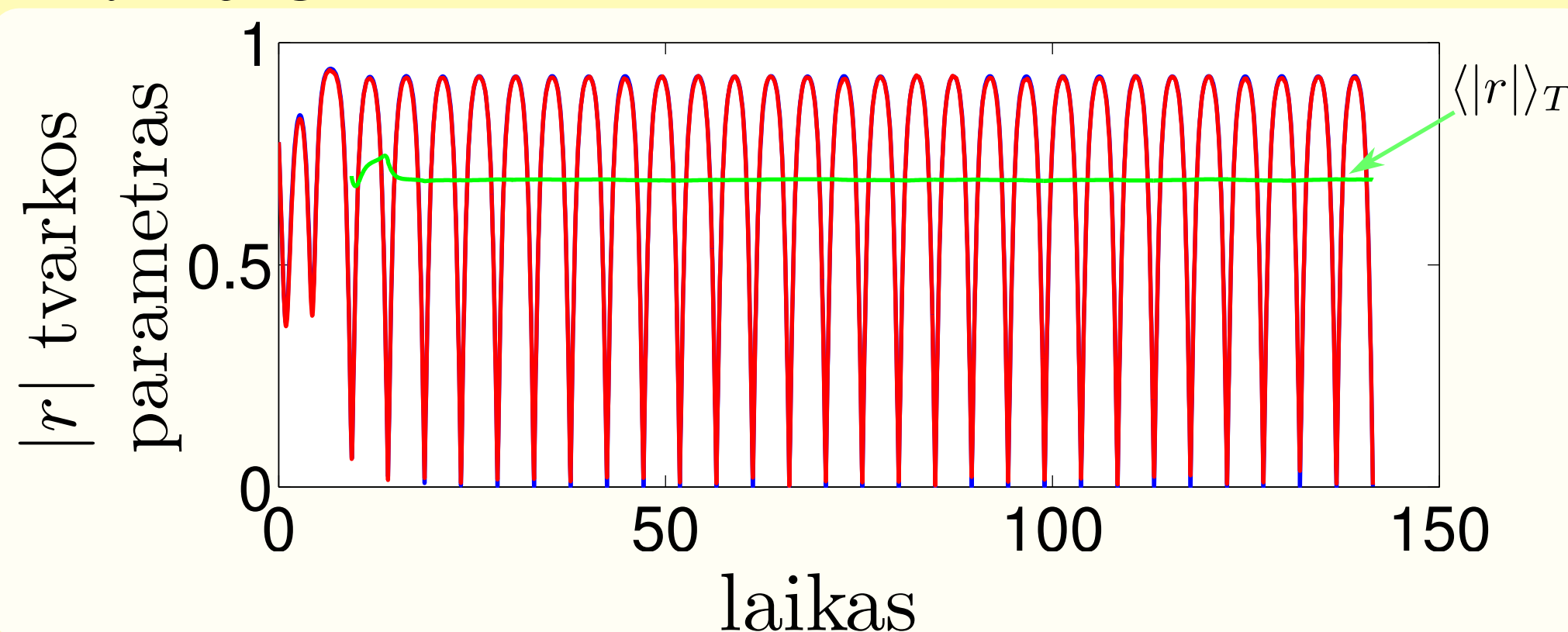
Taigi siekiant surasti jėgą, kuri minimizuoja tvarkos parametro absoliutinės vertės vidurkį per stimuliacijos periodą, reikia minimizuoti funkcionalą:

$$I(x(t)) = \int_0^T x^2(t) dt.$$

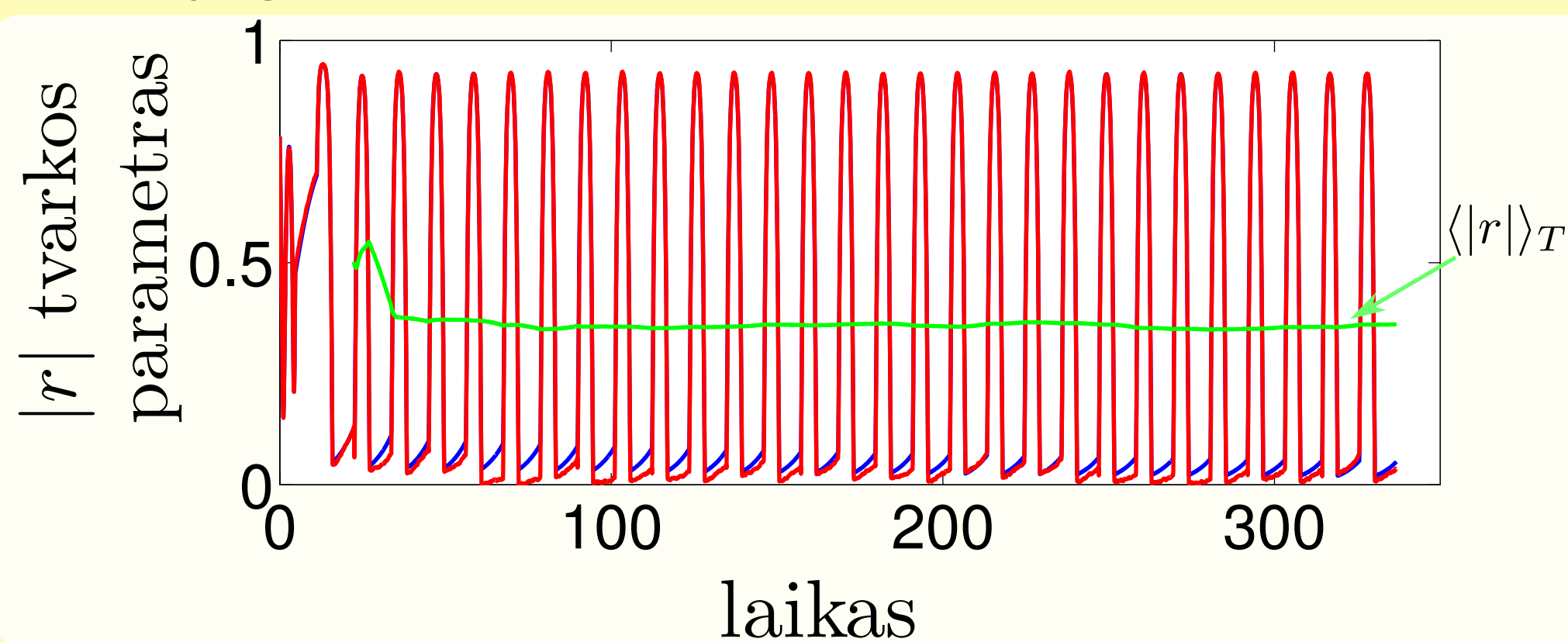
Sprendžiant optimizacijos uždavinį reikia įskaityti jėgos galios ribojimą, bei patenkinti iš tvarkos parametro lygties gauto sprendinio stabilumo sąlygą. Uždavinys sprendžiamas skaitmeniškai.

Rezultatai

Tolydi jėga:



Trūki jėga:



Tvarkos parametro absoliutinė vertė gauta sprendžiant lygtis dėl tvarkos parametro (mėlyna) ir fazių kitimo (raudona), kur naudojama jėga gauta iš optimizacijos uždavinio. Žalia spalva rodo slenkantį tvarkos parametro vidurkį per stimuliacijos periodą.

Padėka

Darbas parengtas pagal visuotinės dotacijos projektą Nr. VP1-3.1-ŠMM-07-K-01-025.

Literatūra

- [1] Y. Kuramoto, Chemical Oscillations, Waves and Turbulence (Springer-Verlag, Tokyo, 1984)
- [2] E. Ott and T. M. Antonsen, Chaos 18, 037113 (2008).