

CHAOTINIŲ SISTEMŲ ORBITŲ SU NEŽINOMAIS PERIODAIS ADAPTYVUSIS VALDYMAS



Viktoras Pyragas, Kęstutis Pyragas

Įvadas

Uždelsito grįžtamojo ryšio valdymo (UGRV) metodas [1] yra vienas iš populiariausių taikomojoje netiesinėje dinamikoje [2]. Metodas leidžia neinvazyviai stabilizuoti dinamininių sistemų nestabiliąsias periodines orbitas (NPO) ta prasme, kad valdymo trikdžiai virsta nuliu, kai įvyksta norimos būsenos stabilizacija. UGRV metodo grįžtamojo ryšio trikdžiai konstruojami kaip skirtumas tarp sistemos išėjimo esamo signalo ir to pačio signalo uždelsito per norimos orbitos periodą. Gautas skirtumas pastiprinamas ir rezultatas paduodamas atgal į valdomą sistemą. Metodas leidžia žiūrėti į valdomą sistemą kaip į juodą dėžę; nereikia žinoti tiksliai nei orbitos formos, nei valdomos sistemos lygčių. Vienas iš UGRV metodo taikymo aspektų yra tinkamos delsos valdymo trikdžyje radimas. Realiose eksperimentinėse sistemose norimos orbitos periodas gali būti nežinomas, todėl reikalingas algoritmas, kuris adaptyviai rastų norimos orbitos periodą ir tą orbitą stabilizuotų. Lyg šiol buvo pasiūlyti keli algoritmai, kurie buvo grindžiami iteracijomis diskretiniame laike (pvz. [3]). Neseniai publikuotame darbe [4] buvo pasiūlytas adaptyvusis valdiklis, kuriame delsa bei grįžtamojo ryšio stipris yra dinamiškai kintamieji. Šis metodas duoda monotonišį grįžtamojo ryšio stiprio augimą, tuo tarpu šios modifikacijos teorija yra pagrįsta prielaida, jog valdomos sistemos trajektorijos išlieka baigtiniame faziniame tūryje. Todėl kintama delsa prie orbitos periodo konverguoja tik apytiksliai.

Darbo tikslas

Mūsų tikslas yra sukonstruoti adaptyvią UGRV algoritmą veikiantį tolydiniame laike, kuris užtikrintų delsos konvergavimą prie norimos orbitos periodo ir ta orbita būtų stabilizuota [5]. Naudosime potencialo nuolydžio metodą (gradient – descent method) pasiūlytą [6] darbe laike kintančių sudėtingų tinklų sinchronizavimui būsenai palaikyti. Mūsų adaptyvusis UGRV metodas turi stabilizuoti chaotinių sistemų nestabiliąsias periodines orbitas, kai šių orbitų periodai iš anksto yra nežinomi. Tuo tikslu sukonstruosime funkcionalą, kurį panaudosime pagalbinėse dinaminėse lygčių užrašymui. Šios pagalbinės lygtys padės rasti spėjamą delsą. Mes demonstruojame metodo veiksmingumą Roesslerio bei Mackey Glasso sistemoms.

Literatūra
 [1] K. Pyragas, Phys. Lett. A **170**, 421-427 (1992).
 [2] E. Schoell and H.G. Schuster, *Handbook of Chaos Control*, (Weinheim, 2008).
 [3] A. Kittel, J. Parisi, K. Pyragas, Phys. Lett. A **198**, 422 (1995).
 [4] W. Lin, H. Ma, J. Feng, and G. Chen, Phys. Rev. E **82**, 046214 (2010).
 [5] V. Pyragas, K. Pyragas, Phys. Lett. A **375**, 3868 (2011)
 [6] F. Sorrentino and E. Ott, Phys. Rev. Lett. **100**, 114101 (2010).

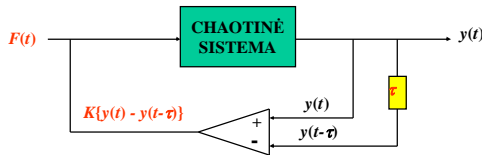
Uždelsitojo grįžtamojo ryšio metodas K. Pyragas, Phys. Lett. A **170**, 421 (1992)

$$\frac{dy}{dt} = P(\bar{x}, y) + F(t)$$

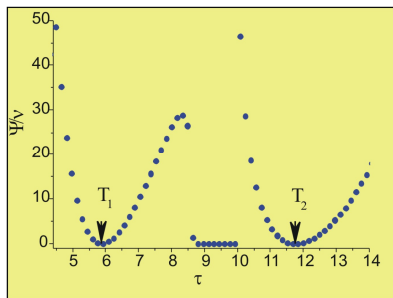
$$\frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{Q}(\bar{x}, y)$$

$$F(t) = K[y(t) - y(t-\tau)]$$

$\tau = T$ - nestabiliosios orbitos periodas



Skaitiškai gautas funkcionalas Roesslerio sistemai

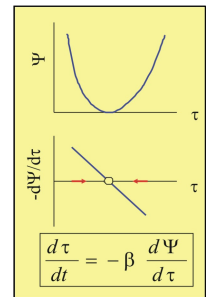


Algoritmo idėja

Gradientinio nuolydžio metodas
(gradient descent method)

$$\dot{x} = f(x) - K[x(t) - x(t - \tau(t))]$$

$$\Psi = \int_0^t dt' e^{-\nu(t-t')} [x(t') - x(t' - \tau(t'))]^2$$



Pilna sistema su adaptyvuoju delsos radimu

$$\dot{x} = f(x) - K[x(t) - x(t - \tau(t))],$$

$$\dot{u} = \gamma[x(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{G} = -\nu G + 2\gamma[x(t) - x(t - \tau(t))][x(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{\tau} = -\beta G.$$

$$G(t) \equiv \frac{d\Psi}{d\tau}$$

$$T \ll 1/\nu \ll 1/\beta,$$

$$1/\gamma \ll T.$$

Čia nėra integralinių išraiškų!

Roesslerio sistemos 1-os NPO stabilizavimas

$$\dot{x} = -y - z,$$

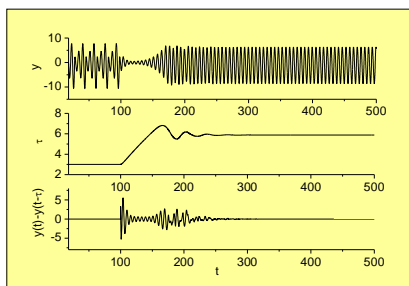
$$\dot{y} = x + ay - K[y(t) - y(t - \tau(t))],$$

$$\dot{z} = b + z(x - c),$$

$$\dot{u} = \gamma[y(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{G} = -\nu G + 2\gamma[y(t) - y(t - \tau(t))][y(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{\tau} = -\beta G.$$



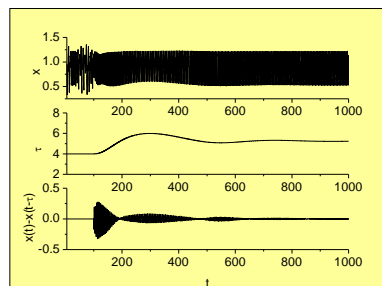
Mackey Glasso sistemos 1-os NPO stabilizavimas

$$\dot{x} = \frac{ax(t - \tau_s)}{1 + x^b(t - \tau_s)} - cx - K[x(t) - x(t - \tau(t))],$$

$$\dot{u} = \gamma[x(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{G} = -\nu G + 2\gamma[x(t) - x(t - \tau(t))][x(t - \tau(t)) - u],$$

$$\dot{\tau} = -\beta G.$$



Išvados

- Pasiūlėme adaptyvią UGRV metodą, kuriame panaudojome gradientinį nuolydį spėjamai delsai rasti.
- Spėjama delsa sukonverguoja prie norimos orbitos periodo netgi tada, kai startuojame iš palyginus tolimų pradinių verčių.
- Algoritmas leidžia surasti uždelsitų sistemų orbitas nenaudojant Puankare pjūvio (uždelsioms sistemoms šis pjūvis yra gana problematiškas).
- Algoritmą galima naudoti eksperimentinėms sistemoms stabilizuoti, kai jas aprašančios lygtys yra nežinomos.