

## Chaotinių sistemų orbitų su nežinomais periodais adaptyvusis valdymas

### Adaptive control of orbits in chaotic systems with unknown periods

Viktoras Pyragas, Kęstutis Pyragas

Fizinių ir technologijos mokslų centro Puslaidininkių fizikos institutas, A.Goštauto 11, LT-01108 Vilnius  
[viktpy@pfi.lt](mailto:viktpy@pfi.lt)

Uždelsto grįžtamojo ryšio valdymo (UGRV) metodas [1] yra vienas iš populiariausių taikomojoje netiesinėje dinamikoje [2]. Metodas leidžia neinvazyviai stabilizuoti dinaminį sistemų nestabiliąsias periodines orbitas (NPO) ta prasme, kad valdymo trikdys virsta nuliu, kai įvyksta norimos būsenos stabilizacija. UGRV metodo grįžtamojo ryšio trikdys konstruojamas kaip skirtumas tarp sistemos išėjime esamo signalo ir to pačio signalo uždelsto 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. Norimos orbitos sėkminga stabilizacija priklauso ne tik nuo tiesinio stabilumo, bet ir nuo valdymo trikdžio įjungimo momento, t.y. nuo pradinių sąlygų.

Šią UGRV metodo taikymo problemą nagrinėjome [3] straipsnyje, kur, pasinaudodami chaotinių sistemų ergodiškumu, pritaikėme žemų dažnių filtrą (ŽDF) nestabilių periodinių orbitų atrankai bei tinkamiausiam valdymo trikdžio įjungimo momentui nustatyti. Kitas UGRV metodo taikymo aspektas yra tinkamos delsos valdymo trikdyje 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. [4]). Šiame darbe siūlome adaptyvųjį UGRV algoritmą veikiantį tolydiniame laike. Čia delsos vertė randama potencialo nuolydžio metodu (gradient – descent method). Algoritmas aprašomas diferencialinėmis lygtimis su delsa priklausančia nuo sistemos kintamųjų (state dependent delay differential equations). Šis matematinis aparatas yra mažai ištirtas, tačiau pastaruoju metu jam skiriama daug dėmesio. Šiame darbe parodėme, kad adaptyvusis UGRV metodas gali stabilizuoti chaotinių sistemų nestabiliąsias periodines orbitas, kai šių orbitų periodai iš anksto yra nežinomi. Sukonstravome funkcionalą, kurį panaudojome pagalbinį dinaminį lygčių užrašymui. Šios pagalbinės lygtys padeda rasti spėjamą delsą. Įjungus valdymą ji sukonverguoja prie norimos orbitos periodo, ir įvyksta sėkminga stabilizacija. Metodo

veiksmingumą pademonstravome Roesslerio bei Mackey Glasso sistemai. Reikia pažymėti, kad Mackey Glasso sistema jau turi savo delsą, kuri ją padaro chaotinę. Vadinasi šis algoritmas leidžia surasti uždelstų sistemų orbitas nenaudojant Puankare pjūvio (uždelstoms sistemoms šis pjūvis yra gana problematiškas). Spėjama delsa sukonverguoja prie orbitos periodo netgi tada, kai startuojame iš palyginus tolimų pradinių verčių.

Pažymėtina, kad neseniai publikuotame darbe [5] buvo pasiūlytas adaptyvusis valdiklis, kuriame delsa bei grįžtamojo ryšio stipris yra dinaminiai kintamieji. Šis metodas duoda monotonišią 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. Tuo tarpu mūsų algoritme delsa konverguoja prie tikslios norimos orbitos periodo vertės. Algoritmas stabilizuoja valdomą orbitą nekeisdamas jos formos. Adaptyvaus UGRV valdomų orbitų tiesinis stabilumas patvirtintas Liapunovo rodiklių skaičiavimu.

*Reikšminiai žodžiai: uždelsto grįžtamojo ryšio valdymo metodas, gradientinio nuolydžio metodas, adaptyvusis valdymas.*

#### Padėka

Darbas buvo parengtas pagal Visuotinės Dotacijos projektą Nr. VP1-3.1-ŠMM-07-K-01-025.

#### Literatūra

- [1] K. Pyragas, Phys. Lett. A **170**, 421 (1992).
- [2] E. Schoell and H.G. Schuster, *Handbook of Chaos Control* (Weinheim, 2008).
- [3] K. Pyragas and V. Pyragas, Phys. Rev. E **80**, 067201 (2009).
- [4] A. Kittel, J. Parisi, K. Pyragas, Phys. Lett. A **198**, 422 (1995).
- [5] W. Lin, H. Ma, J. Feng, and G. Chen, Phys. Rev. E **82**, 046214 (2010).