

## Chaotinių osciliatorių fazės dinamikos prognozė

### Anticipating of phase dynamics of chaotic oscillators

Tatjana Pyragienė, Kęstutis Pyragas

Fizinių ir technologijos mokslų centro Puslaidininkių fizikos institutas, A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius  
pyragiene@pfi.lt

Chaotinių sistemų synchronizacijos reiškinys yra ypač svarbus komunikacinėse, biologinėse, fizikinėse sistemose ir technikoje. Chaotines būsenas galima prognozuoti pasitelkus prognozuojančios synchronizacijos režimą, kai atsako sistema synchronizuojasi su valdančios sistemos ateitimi, t.y. imtuvas numato siųstuvo dinamikos ateitį [1]. Dažniausiai chaotinių sistemų prognozės uždaviniuose siekiama gauti kiek įmanoma ilgesnį prognozės laiką [2]. Stabilus prognozuojančios synchronizacijos režimo palaikymą labai komplikuoja uždelstas grįžtamasis ryšis.

Šiame darbe mes nagrinėjame vienusiškai sujungtų chaotinių sistemų be delsos fazinės synchronizacijos reiškinį. Mes parodome, kad šiuo atveju gali pasireikšti pirmaujančios fazės synchronizacijos reiškinys, kuris, didinant ryšio stiprį, pereina į prognozuojančios synchronizacijos režimą. Chaotinių sistemų nagrinėjime efektyviai taikomas paprastų nechaotinių modelių analizinis tyrimas. Mes analizavome dviejų vienusiškai surištų fazinių osciliatorių sistemą

$$\begin{aligned}\dot{\varphi}_1 &= \omega_1, \\ \dot{\varphi}_2 &= \omega_2 + \varepsilon \sin(\varphi_1 - \varphi_2),\end{aligned}\quad (1)$$

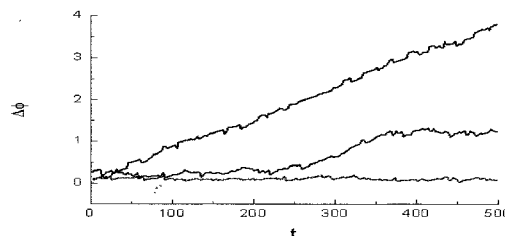
kur  $\varphi_{1,2}$  ir  $\omega_{1,2}$  yra pirmo ir antro osciliatoriaus fazė ir dažnis,  $\varepsilon > 0$  yra ryšio stipris. Kai antras osciliatorius yra greitesnis nei pirmas ( $\omega_2 > \omega_1$ ), stebimas pirmaujančios fazės synchronizacijos efektas

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \theta_0 = \arcsin((\omega_2 - \omega_1)/\varepsilon) > 0. \quad (2)$$

T. y., imtuvo fazė  $\varphi_2$  pralenkia siųstuvo fazę  $\varphi_1$  kampu  $\theta_0$ . Natūralu tikėtis, kad panašus fenomenas pasireiškis ir vienusiškai surištų chaotinių osciliatorių sistemoje su sąlyga, kad imtuvas greitesnis už siųstuvą. Mes nagrinėjome dviejų vienusiškai sujungtų chaotinių Rösslerio sistemų modelį

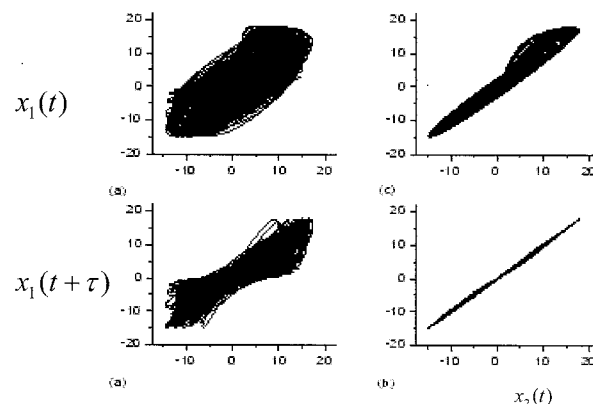
$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -\omega_1 y_1 - z_1, & \dot{x}_2 &= -\omega_2 y_2 - z_2 + \varepsilon(x_1 - x_2), \\ \dot{y}_1 &= \omega_1 x_1 + a y_1, & \dot{y}_2 &= \omega_2 x_2 + a y_2, \\ \dot{z}_1 &= b + z_1(x_1 - c), & \dot{z}_2 &= b + z_2(x_2 - c).\end{aligned}$$

Dinaminės sistemos parametrai turi tokias pat vertes, kaip ir darbe [3], kur pateiktas ir išnagrinėtas fazės synchronizacijos reiškinys *abipusiškai* sujungtų chaotinių Rösslerio osciliatorių sistemoje. Chaotinės sistemos fazės sąvoka nėra triviali [4]. Mes panaudojome chaotinės Rösslerio sistemos fazės apibrėžimą  $\varphi_{1,2} = \arctan(y_{1,2}/x_{1,2})$ . Skaitmeniniai skaičiavimai ir asimptotiniai analiziniai tyrimai patvirtino pirmaujančios fazės reiškinį (1 pav.).



1 pav. Vienpusiškai sujungtų Rioslerio sistemų fazių skirtumo  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$  dinamika. Viršutinė linija atitinka  $\varepsilon = 0.01$ , antra -  $\varepsilon = 0.075$  ir apatinė horizontali linija atitinka ryšio stiprį  $\varepsilon = 0.15$ .

Didinant ryšio stiprį pirmaujančios fazės synchronizacija pereina į prognozuojančią synchronizaciją. Šiuo atveju imtuvas prognozuoja siųstuvo dinamiką (2 pav.) nesant delsos (atminties) elementams.



2 pav. Vienpusiškai sujungtų Rioslerio sistemų faziniai portretai. Pirmą kolonėlę atitinka ryšio stiprį  $\varepsilon = 0.15$ , antra -  $\varepsilon = 0.4$ .

*Reikšminiai žodžiai:* chaotinių būsenų prognozė, chaoso synchronizacija, chaotinių osciliacijų fazė.

#### Padėka

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

#### Literatūra

- [1] H. U. Voss, Phys. Rev. E **61**, 5115 (2000).
- [2] K. Pyragas, T. Pyragienė, Phys. Rev. E **78**, 046217 (2008). K. Pyragas, T. Pyragienė, Philos. T. Roy. Soc. A: Mat. Phys. Eng. Sci. **368**, 305 (2010).
- [3] M. Rosenblum, A. Pikovsky, J. Kurths, PRL **78**, 4193 (1997).