# ქაოსი და რთული სისტემების მართვის ამოცანები

ვალიდა სესაძე, შორენა დავითელაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

განხილულია ქაოსის მართვის ტიპური ამოცანები, როგორიცაა: არარეგულარული რხევების სტაბილიზაცია, სინქრონიზაცია და მოდიფიკაცია. მოყვანილია ქაოსური სისტემის მქონე ამოცანებისათვის მმართველი ზემოქმედების სინთეზის მათემატიკური ფორმულირება. გამოკვეთილია ქაოსური სისტემებისათვის დამახასიათებელი ნიშანთვისებები. თანამედროვე არაწრფივი მეთოდების განვითარებამ აჩვენა, რომ უმეტეს ტექნიკურ სისტემებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ქაოსური დისიპატიური სტრუქტურები. ასეთი ქაოსური რეჟიმების არსებობა არასასურველია, მაგრამ მოთხოვნადია. ლორენცის მოდელის მაგალითზე ქაოსური დინამიკის მქონე სისტემებისათვის შემოთავაზებულია „მმართველი პარამეტრის" სინთეზის მეთოდი. აგებული მათემატიკური მოდელი რეალიზებულია Matlab-პროგრამაში და მოყვანილია საილუსტრაციო შედეგები.

**საკვანძო სიტყვები:** ქაოსი. ქაოსის მართვა. რხევები. არარეგულარული რხევები. უკუკავშირი. მმართველი პარამეტრი. ლორენცის მოდელი.

## 1. შესავალი

საუბრისას, სიტყვაში - „ქაოსი" ჩვენ, როგორც წესი, ვგულისხმობთ სრულ უწესრიგობას და შემთხვევითობას. მათემატიკური თვალსაზრისით, ქაოსი და წესრიგი არ არის ურთიერთგამომრიცხავი ცნებები. ქაოსი ხდება არაწრფივ დინამიკურ სისტემებში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ნებისმიერი პროცესი, რომელიც დროთა განმავლობაში მიმდინარეობს, შეიძლება ქაოსური გახდეს (მაგალითად, რამე სახეობის პოპულაცია).

ქაოსური სისტემები მგრძნობიარეა მმართველი ზემოქმედების მიმართ. რეგულარული დინამიკის მქონე სისტემებისაგან განსხვავებით, რომლებზეც ზემოქმედებისათვის აუცილებელია ფუნქციონირების პირობების მნიშვნელოვანი შეცვლა, მასზე მცირე მმართველი ზემოქმედების შედეგად.

სხვადასხვა ბუნების სისტემებში ქაოსური რხევების ფართოდ გავრცელებამ მკვლევართა ყურადღება მიიპყრო. არაწრფივი რხევების თეორია დიდი ხანია ცალკე მეცნიერულ მიმართულებად იქცა. მის განვითრებას ხელი შეუწყო გამოჩენილ მეცნიერთა მთელმა პლეადამ: ა. პუანკარე, ა.ა. ანდრონოვი, ნ.მ. კრილოვი, ბ.ვან დერ პოლი, ე.ლორენცი. აღნიშნულ პროგრესს უპირველეს ყოვლისა უკავშირებენ, შესაბამისი მათემატიკური კონსტრუქციების აგებასა და ფორმალიზებულ მეთოდებს.

ამ თვალსაზრისით აქტუალური ხდება რხევითი რეჟიმების მიზანმიმართული მოდიფიკაციის ან დეზორგანიზაციის პრობლემა სხვადასხვა ბუნების სისტემებსა და პროცესებში, რაც არაწრფივი ქაოსური რხევების მართვის პრობლემას წარმოადგენს.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში დეტერმინირებული ქაოსის მოვლენის აღმოჩენას მოჰყვა დიდ რაოდენობით სამეცნიერო კვლევები და ამ დროიდან იგი კვლავ მეცნიერთა

ინტენსიური ყურადღების ცენტრშია. მართლაც ძნელია ქაოსური სისტემის დინამიკის განსაზღვრა, მაგრამ მისი მართვა შესაძლებელია.

## 2. ძირითადი ნაწილი

სისტემის „ქაოსურობის" ხარისხზე ზემოქმედებას, უპირველეს ყოვლისა, პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან აღმოჩნდა სისტემათა მთელი რიგი, რომლებშიც არასასურველია ან პირიქით სასურველია არარეგულებადი რხევები. მაგალითად, მექანიკაში სხვადასხვა მეთოდს იყენებენ ქანქარიან სისტემებში, მტკიცე კონსტრუქციებში, კოსმოსურ აპარატებში და სხვ. მეორეს მხრივ, ქცევის განზრახ „ქაოსიზაციამ" შესაძლებელია მნიშვნელოვნად დააჩქაროს მექანიკური სისტემების დინამიკა [1].

პრაქტიკული მახასიათებლების ანალიზი ქაოსური სისტემების მართვის შემდეგი ტიპური ამოცანების გამოყოფის საშუალებას იძლევა [2]:

1) *არარეგულარული რხევების სტაბილიზაციის ამოცანა.* ამ შემთხვევაში მართვის საშუალებით ხდება რხევების ჩახშობა და სისტემა მოიყვანება სტაბილურ წონასწორულ მდგომარეობაში. მსგავსი ამოცანები წარმოიქმნება არასასურველი ხმაურის, კონსტრუქციის ვიბრაციის და ა.შ. გამოსარიცხად.

2) *არარეგულარული რხევების გენერაციის ამოცანა (ქაოსურობის ამოცანა).* აქ მართვის ფუნქციის დანიშნულებაა სისტემის წესრიგის დარღვევა და არარეგულარული რხევების გამოწვევა. ქაოსური დინამიკის წარმოქმნაზე შეიძლება ვისაუბროთ ირიბი მაჩვენებლების მიხედვით: ლიაპუნოვის უდიდესი მაჩვენებელი, ცვლადების სიმძლავრის სპექტრი, ატრაქტორის ფრაქტალობა.

3) *არარეგულარული რხევების სინქრონიზაცია.* სინქრონიზაციაში იგულისხმება რამოდენიმე ოსცილიატორის რხევების შეთანხმება ზოგიერთი მაჩვენებლების მიხედვით, როგორებიცაა სიხშირე, ამპლიტუდა, ფაზა და ა.შ. ქაოსური რხევების შემთხვევაში სიმძლავრის სპექტრი მთლიანია. ამიტომ სინქრონული ქაოსის ფორმულირებისათვის არ გამოდგება კლასიკური მიდგომა.

4) *რხევების მოდიფიკაციის ამოცანა.* ამ შემთხვევაში მმართველი ზემოქმედებით არარეგულარული რხევები პერიოდულად (კვაზიპერიოდული) გარდაიქმნება და პირიქით. ანუ ყალიბდება შეკუმშვის რეჟიმი. მსგავსი სახეობის ამოცანები აქტუალურია ტელეკომუნიკაციურ, ლაზერულ, ქიმიურ ტექნოლოგიებში, ბიოლოგიასა და მედიცინაში.

ქაოსური რხევების რეგულარულში გადასვლას ზოგჯერ არამდგრადი პერიოდული გადაწყვეტილებების სტაბილიზაციას უწოდებენ. ამ შემთხვევაში არარეგულარული რხევების სტაბილიზაციისა და მოდიფიკაციის ამოცანებს ქაოსის დამრთგუნველ ამოცანებს ან ანტიქაოსური მართვის ამოცანებს უწოდებენ.

განვიხილოთ ქაოსური სისტემებისათვის მმართველი ზემოქმედების სინთეზის ამოცანების დამახასიათებელი მათემატიკური მოდელი:

$$\dot{x}(t) = F(x, u) \tag{1}$$

სადაც x – დინამიკური სისტემის n განზომილების მდგომარეობის ვექტორია, u – არის m განზომილების მმართველი ზემოქმედების ვექტორი.

ზოგჯერ მართვას განიხილავენ - მართვას პარამეტრების შეცვლის მიხედვით (პარამეტრული მართვა) და მართვას გარეშე ზემოქმედების დახმარებით (ძალისმიერი მართვა) [3]. არაწრფივი სისტემის კლასისათვის, რომელსაც ყველა ქაოსური სისტემა განეკუთვნება, არაპრინციპულია ასეთი განსხვავება, (1) მოდელი კი ორივე შემთხვევისათვის სამართლიანია.

არარეგულარული რხევების დათრგუნვის ამოცანების ამოხსნის დროს მართვის მიზანი ფორმალურად შემდეგნაირად განისაზღვრება

$$\lim_{t\to\omega}\left(x(t)-\dot{x}(t)\right)=0 \qquad (2)$$

სადაც $x(t)$ და $\dot{x}(t)$ სისტემის მიმდინარე და სასურველი მდგომარეობაა.

სისტემის სასურველი მდგომარეობა ის განსაზღვრული სტაციონარული რეჟიმია, რომელიც შეესაბამება ან რხევების შენელებას, ან ამ რხევებისათვის რეგულარულ თვისებების მინიჭებას. ხშირად (2) სახის მართვის მიზანი ფორმულირდება სისტემის ცალკეული ცვლადისათვის და არა მდგომარეობის მთელი ვექტორისათვის.

მმართველი ზემოქმედების სინთეზის ამოცანა ნიშნავს მართვის ვექტორის, როგორც დროითი ფუნქციის მოძებნას

$$u = u(t) \qquad (3)$$

ან ცვლადების მდგომარეობის განსაზღვრას

$$u = ut(x), \qquad (4)$$

რომელიც უზრუნველყოფს (2) პირობის შესრულებას სისტემის საწყისი მნიშვნელობებისათვის.

განვიხილოთ „მმართველი პარამეტრების“ გენერატორების სინთეზის მეთოდი ქაოსური დინამიკის მქონე სისტემებში. ლორენცის მოდელი ჩვენთვის საინტერესოა იმის გამო, რომ აქ მართვის არარსებობის დროს წარმოიქმნება ქაოსური რეჟიმები.

ჩავწეროთ ლორენცის მოდელი შემდეგი სახით:

$$\ddot{x}(t)+(1+\sigma)\dot{x}(t)+\sigma(1-r-z)x=0$$
$$\dot{z}(t)=-b\;\;+\frac{1}{\sigma}x\dot{x}(t)+x^2 \qquad (5)$$

(5) სისტემის მეორე განტოლებაში მივუმატოთ $x^2$ და გადავწეროთ შემდეგი სახით

$$\dot{z}(t)+b\;\;-x^2+\left(1-\frac{b}{2\sigma}\right)x^2-\frac{1}{\sigma}x\dot{x}(t)=0 \qquad (6)$$

ახლა, მაკრო ცვლადის შემოტანისას

$$\psi_1=z-\frac{1}{2\sigma}x^2 \qquad (7)$$

(5) და (6) განტოლებათა სისტემის პირველი განტოლების საფუძველზე ჩავწეროთ ლორენცის მოდელი შემდეგი ფორმით:

$$\ddot{x}(t)+(1+\sigma)\dot{x}(t)+\sigma\left(1-r+\frac{1}{2\sigma}x^2+\psi_1\right)x=0$$
$$\psi_1(t)+b\psi_1-\left(1-\frac{b}{2\sigma}\right)x^2=0 \qquad (8)$$

ლორენცის მოდელის (8) მიღებული ფორმა საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მისი დამატებითი ფუნქციების იდენტიფიცირება. ასე მაგალითად, თუ ჩვენ ვივარაუდებთ, რომ

$$b\geq 2\sigma \qquad (9)$$

მაშინ ლორენცის მოდელი (8) მიიღებს აგრეგირებული რეგულატორების ანალიტიკური კონსტრუირების მეთოდის შესაბამის სტანდარტულ ფორმას. ამ შემთხვევაში ლორენცის მოდელი, დაწყებული ნებისმიერი საწყისი პირობებიდან $x_0, \dot{x_0}, z_0$, მმართველი პარამეტრის r-ის ნებისმიერი მნიშვნელობისთვის $t = \frac{3 \div 4}{\sigma}$ დროის შემდეგ, აუცილებლად შედის ორგანზომილებიან ინვარიანტულ მრავალფეროვნებაში $\psi_1 = 0$ (7). მოძრაობა აღწერილია შემდეგი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\ddot{x}_\psi(t) + (1+\sigma)\dot{x}_\psi(t) + \sigma\left(1 - r + \frac{1}{2\sigma}x_\psi^2\right)x_\psi = 0 \tag{10}$$

ასე რომ, თუ პარამეტრული პირობა (9) დაკმაყოფილებულია, ლორენცის მოდელი (8) იქნება მესამე რიგის დიფერენციალური განტოლებებით წარმოდგენილი არაწრფივი სისტემა.

რომელსაც გააჩნია ორგანზომილებიანი მიზიდვის მრავალფეროვნება, აღწერილი (10) განტოლებით. თუ (8)-ში პარამეტრი $r \leq 1$, მაშინ (10)-ის თანახმად, (8) ლორენცის სისტემა ფლობს ასიმპტოტურ მდგრად წონასწორულ მდგომარეობას: $x_s = \dot{x}_s = z_s = 0$. როდესაც $r > 1$ ლორენცის მოდელი (9) პირობის დროს გადის ატრაქტორზე „ჩანგლის“ ტიპის ბიფურკაციით.

ახლა მოვახდინოთ „მმართველი პარამეტრის" r(t) გენერატორის სინთეზირება. ამისათვის ჩავწეროთ ლორენცის მოდელი შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= y, \\ \dot{y}(t) &= -(1+\sigma)y - \sigma(1 - r + z)x, \\ \dot{z}(t) &= -b \quad + \frac{1}{\sigma}x \quad + x^2, \\ \dot{r}(t) &= u(x, y, z) = F(t), \end{aligned} \tag{11}$$

სადაც $u(x, y, z) = F(t)$ – „მმართველი პარამეტრის“ სასურველი ცვლილების გენერატორია r(t), რათა შეიქმნას შესაბამისი სტრუქტურები – ატრაქტორები ლორენცის მოდელში.

ამრიგად, ისმება შემდეგი ამოცანა: სინთეზირდეს u(x, y, z) უკუკავშირი, რომელიც უზრუნველყოფს ნებისმიერი საწყისი პირობებისას $x_0, y_0, z_0, r_0$ ლორენცის მოდელის სტრუქტურაში სასურველი ატრაქტორების შესაბამისი ბიფურკაციებით ფორმირებას. მაგალითად, „ჩანგლის“ ტიპი. ამ ამოცანის ამოსახსნელად შემოვიტანოთ შემდეგი მაკრო ცვლადი:

$$\psi = z - r + \mu - \alpha \tag{12}$$

$\psi$ მაკრო ცვლადის წარმოებული:

$$\dot{\psi}(t) = \frac{\partial}{\partial}\dot{z}(t) + \frac{\partial}{\partial}\dot{r}(t) + \frac{\partial}{\partial}\dot{x}(t) \tag{13}$$

სადაც, $\frac{\partial}{\partial} = 1, \frac{\partial}{\partial} = -1, \frac{\partial}{\partial} = \alpha$ .

ჩავსვავთ რა $\psi$-ს (12) $\dot{\psi}(t)$ (13) ფუნქციაში $T\dot{\psi}(t) + \psi = 0$ მივიღებთ:

$$\dot{z}(t) - \dot{r}(t) + \alpha \qquad + \frac{1}{T}\psi = 0$$

შევცვალოთ ამ განტოლებაში შესაბამისი ასახვა z(t) და r (t) -სათვის (11)-დან, მივიღებთ

$$-b \quad + \frac{1}{\sigma}x \quad + x^2 - u + \alpha \qquad + \frac{1}{T}\psi_2 = 0, \text{ საიდანაც,}$$

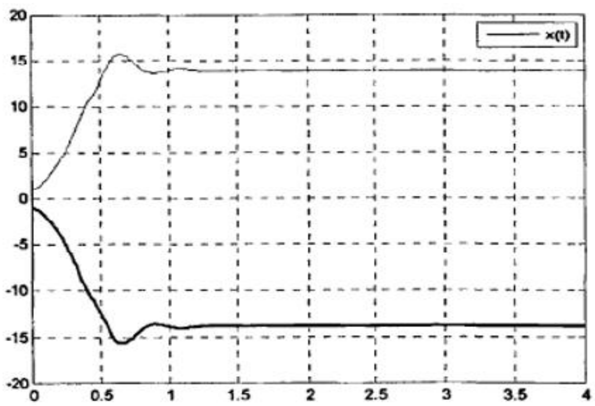
$$u = -b \quad + \frac{1}{\sigma}x \quad + x^2 + \alpha \qquad + \frac{1}{T}\psi \tag{14}$$

აშკარაა, რომ (11) და (14) სისტემა დაწყებული $x_0, y_0, z_0, r_0$ თვითნებური საწყისი პირობებიდან, $t = (3 \div 4)$ დროის შემდეგ T გადის მრავალსახეობაზე $\psi = 0$ (11), რომლის გასწვრივ მოძრაობაც აღიწერება დიფერენციალური განტოლებით

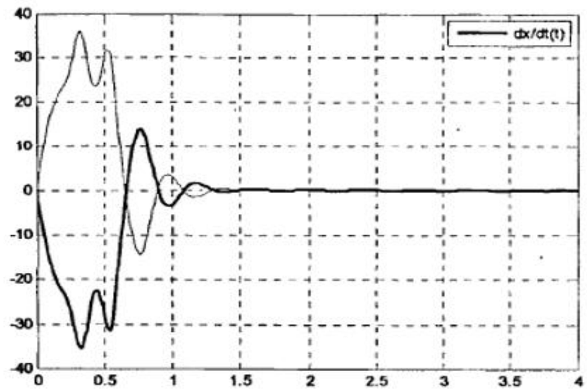
$$\ddot{x}_\psi(t) + (1+\sigma)\dot{x}_\psi(t) + \sigma\big(1 - \mu + \alpha \quad x_\psi\big)x_\psi = 0 \qquad (15)$$

1-:-5 ნახაზებზე ნაჩვენებია (11), (14) სისტემის მოდელირების შედეგები, $\sigma = 10; b = \frac{8}{3}; \mu = 0{,}5; \alpha = -2; T = 0{,}2$ პარამეტრებისათვის, როდესაც საწყისი პირობებია:

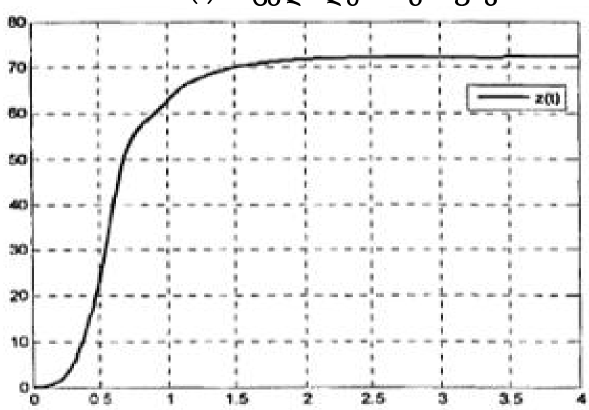
$$r(0) = 28, x(0) = 1, \dot{x}(0) = 02, z(0) = 0.$$



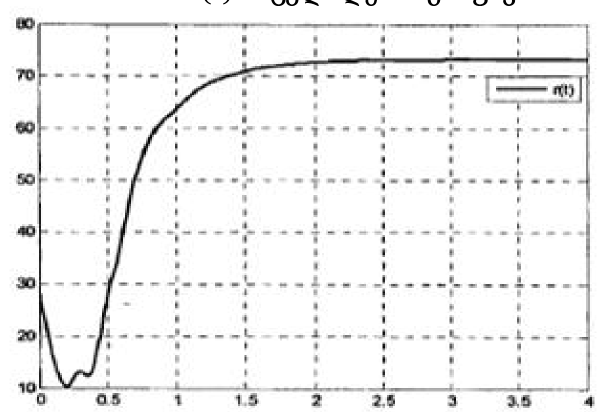

ნახ.1. x(t) -ს ცვლილების გრაფიკი



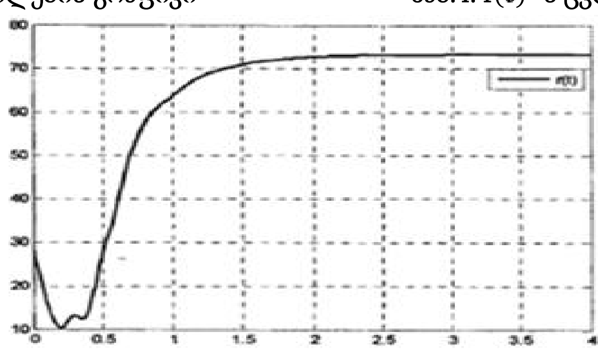

ნახ.2 $\dot{x}(t)$ -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.3. z(t) -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.4. r($t$) -ს ცვლილების გრაფიკი



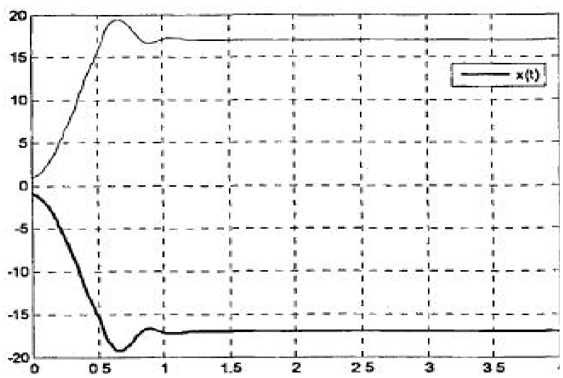
ნახ.5. ψ(t)-ს ცვლილების გრაფიკი

ამ შემთხვევაში, (15) განტოლების სტრუქტურიდან გამომდინარე, (11) და (14) სისტემა თავისი მოძრაობის ფინალურ ეტაპზე გადის „ჩანგლის“ ტიპის ბიფურკაციის ატრაქტორზე.

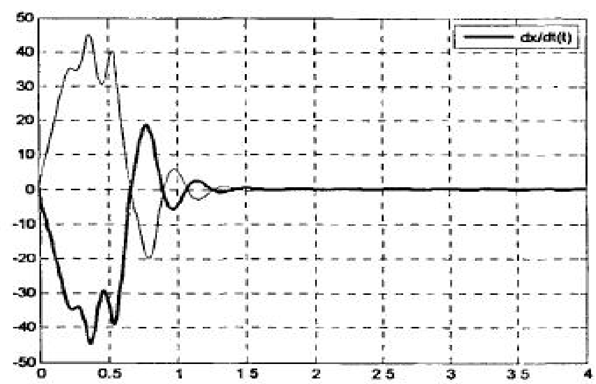
მისი პარამეტრები დამოკიდებულია $\pm x_0$ -ის საწყისი კოორდინატის ნიშანზე, რაც თვალნათლივ ჩანს 1-ელ ნახაზზე.

ამასთან ერთად, $z(t), r(t)$, $\psi(t)$-ს ცვლილებების გრაფიკი ერთმანეთისგან პრაქტიკულად არ განსხვავდება. 1-:-5 ნახაზებიდან ჩანს, რომ (11), (14) სისტემაში არ ხდება რაიმე ქაოსური მოძრაობა. თუმცა, როგორც ცნობილია, ლორენცის მოდელში პარამეტრებით $\sigma = 10; b = \frac{8}{3}$; $r_0 = 28$, ასეთი რეჟიმი ყოველთვის არსებობს, მითუმეტეს დამყარებულ რეჟიმში, როდესაც პარამეტრი r = 72.

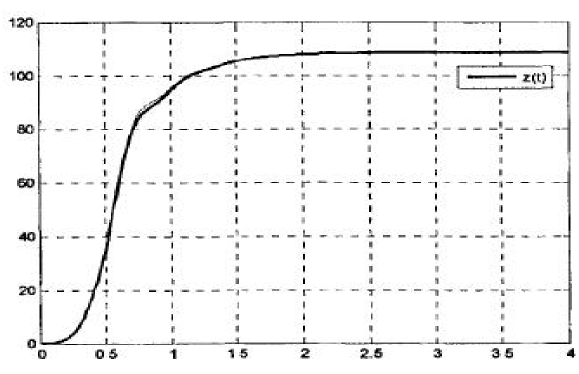
ანალოგიურად, 6-:-10 ნახაზებზე ნაჩვენებია (11), (14) სისტემის მოდელირების შედეგები პარამეტრებისათვის $\sigma = 10; b = \frac{8}{3}$; $\mu = 0{,}5$; $\alpha = -2; T = 0{,}2$, როდესაც საწყისი პირობება: $r(0) = 28, x(0) = 1, \dot{x}(0) = 0{,}2$, $z(0) = 0$. ამ შემთხვევაში (11) და (14) სისტემა თავისი მოძრაობის ფინალურ ეტაპზე გადის „ჩანგლის“ ტიპის ბიფურკაციის ატრაქტორზე. მისი პარამეტრები დამოკიდებულია $\pm x_0$ -ის საწყისი კოორდინატის ნიშანზე. აღნიშნული თვალნათლივ ჩანს მე-6 ნახაზზე. ამასთან ერთად, $z(t), r(t), \psi(t)$ -ს ცვლილებათა გრაფიკები ერთმანეთისგან თითქმის არ განსხვავდება. 6-:-10 ნახაზებიდან ჩანს, რომ (11) და (14) სისტემებში არ ხდება რაიმე ქაოსური მოძრაობის რეჟიმი.



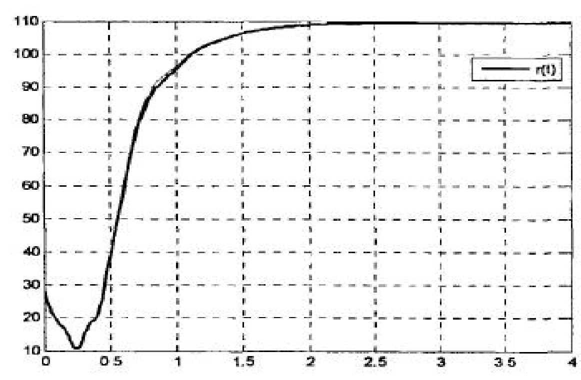

ნახ.6. x(t) -ს ცვლილების გრაფიკი



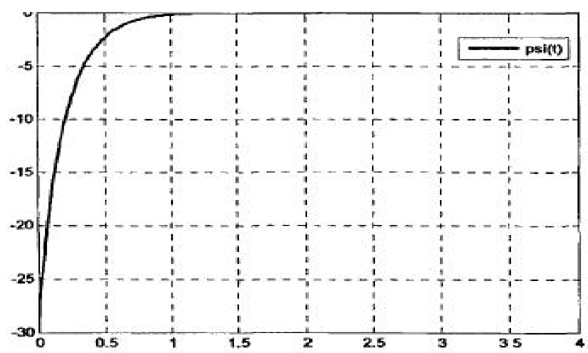

ნახ.7. $\dot{x}(t)$ -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.8. z(t) -ს ცვლილების გრაფიკი

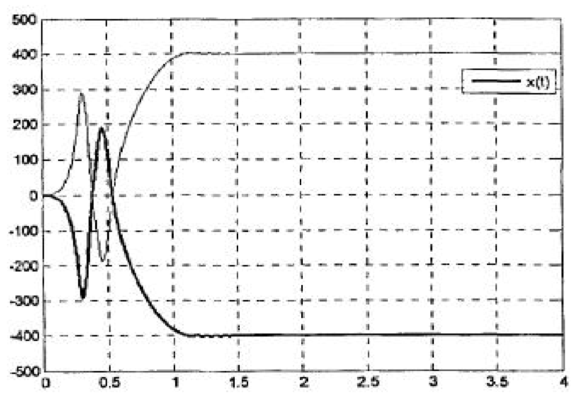



ნახ.9. r($t$) -ს ცვლილების გრაფიკი

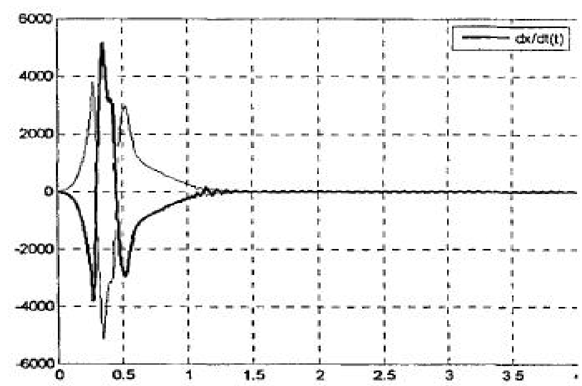



ნახ.10. ψ(t)-ს ცვლილების გრაფიკი

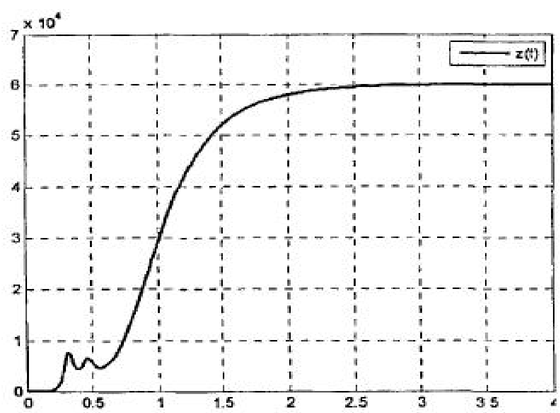
r პარამეტრის დიდი მნიშვნელობის შემთხვევაში, მიღებული (11)-(14) სისტემის მოდელირების შედეგები, ნაჩვენებია 11-:-15 ნახაზებზე. ამჯერად მოხდა შემდეგი პარამეტრების შერჩევა: $\sigma = 10; b = \frac{8}{3}$; $\mu = 0{,}5$; $\alpha = 2; T = 0{,}2$ და საწყისი პირობებია $r(0) = 150, x(0) = \pm 0{,}5, \dot{x}(0) = 0, z(0) = 0{,}5$. ამ შემთხვევაში (11), (14) სისტემა თავისი მოძრაობის ფინალურ ეტაპზე გადის „ჩანგლის“ ტიპის ბიფურკაციის ატრაქტორზე. მისი პარამეტრები დამოკიდებულია $\pm x_0$ -ის საწყისი კოორდინატის ნიშანზე (ნახ.11).



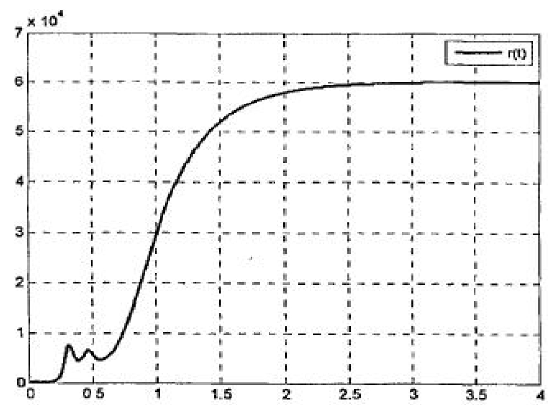

ნახ.11. x(t) -ს ცვლილების გრაფიკი



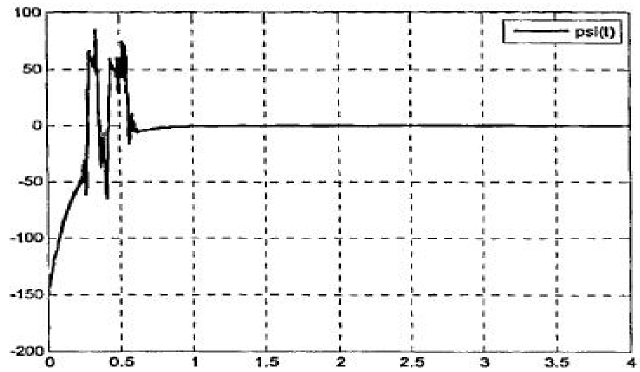

ნახ.12. $\dot{x}(t)$ -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.13 – z(t) -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.14. r($t$) -ს ცვლილების გრაფიკი




ნახ.15. ψ(t)-ს ცვლილების გრაფიკი

## 3. დასკვნა

ამრიგად, მოდელის კომპიუტერული კვლევის შედეგები გვიჩვენებს იმ ფაქტს, რომ თუ ჩვენ შევძლებთ $r(t)$ გენერატორის „მმართველი პარამეტრის" სინთეზირებას, მაგალითად, (14), მაშინ ლორენცის მოდელი ხდება ჩვეულებრივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა, სადაც არ არსებობს უცნაური ატრაქტორი, ფრაქტალური განზომილება და ქაოსი. ასეთი სახით შეგვიძლია ვმართოთ რთული სისტემები.

თუ სინთეზირდება (14) სახის „მმართველი პარამეტრის" r(t) გენერატორი, მაშინ ლორენცის მოდელი ჩვეულებრივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემად გადაიქცევა, სადაც არ იქნება უცნაური ატრაქტორი, ფრაქტალური განზომილება და ქაოსი. აქედან გამომდინარე კი, რთული სისტემების მართვა შესაძლებელია.

თუმცა, რეალურ პირობებში ყოველთვის არ არის შესაძლებელი სამართავი სისტემების პროგნოზირება და შესაბამისად მისი პროგრამირება.

ქაოსის მართვის სფეროში თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევების დახმარებით გამოვლინდა ქაოსური სისტემების შესანიშნავი თვისება – გარე ზემოქმედებისადმი მოჭარბებული მგრძნობელობა და შედეგად მისი კარგი მართულობა.

პირველი შეხედვით ეს მოცემულობა მოულოდნელი ფაქტია, მაგრამ მისი ახსნა შესაძლებელია შემდეგნაირად: ქაოსური სისტემების მახასიათებელ თვისებებია ტრაექტო-რიების ექსპონენციალური არამდგრადობა და მოძრაობის გადაჭარბებული დამოკიდებულება საწყის პირობებზე. ამიტომ ასეთი სისტემების „საჭირო მიმართულებით" მიმართვა მარტივია.

გარდა ამისა, არარეგულარული რეჟიმების წარმოქმნის პროცესებში საკვანძო როლს თამაშობს ე.წ. ბიფურკაციული მექანიზმები, რომლებიც ხარისხობრივად ცვლის სისტემის ქცევას მმართველი პარამეტრების უმნიშვნელო ცვლილების შემთხვევაში.

ლიტერატურა – References – Литература:

1. Андриевский Б.Р. (2004). Управление хаосом: методы и приложения. II. Приложения, Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков, „Автоматика и телемеханика“. № 4. ст. 3-34

2. Андриевский Б.Р. (2003). Управление хаосом: методы и приложения. I. Методы, Б.Р. Андриевский, А.JI. Фрадков, „Автоматика и телемеханика“. № 5. ст. 3-45

3. Лоскутов А.Ю. (2001). Проблемы нелинейной динамики. II. Подавление хаоса и управление динамическими системами. Вест. МГУ, сер. физ.-астр., № 3, ст. 3-1.

## CHAOS AND NONLINEAR SYSTEMS MANAGEMENT TASKS

Sesadze Valida, Davitelashvili Shorena
Georgian Technical University

Summary

The article discusses the existing typical tasks of chaos management (stabilization of irregular fluctuation, synchronization and modification of irregular fluctuations). The mathematical formulation of the synthesis of management influences for tasks with the chaos system is given. Characteristic features for chaotic systems are exposed. Development of modern nonlinear sciences has shown that chaotic dissipative structures play an important role in many complex natural and technical systems. Chaotic modes of such systems are as undesirable as well as in technological processes. The method of synthesis of the "managerial parameter" on the example of the Lorentz model for systems with chaotic dynamics is proposed. The mathematical model of the project is implemented in Matlab and results are presented.

## ХАОС И СЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

Сесадзе В., Давителашвили Ш.
Грузинский технический университет

**Резюме**

Рассматриваются типичные существующие задачи управления хаосом (стабилизация нерегулярных колебаний, хаосизация, синхронизация нерегулярных колебаний, модификация колебаний). Дана математическая формулировка синтеза управленческих воздействий для задач с системой хаоса. Он также характеризуется характеристиками хаотических систем. Развитие современных нелинейных наук показало, что хаотические диссипативные структуры играют важную роль во многих сложных природных и технических системах. Хаотические режимы таких систем столь же нежелательны, как и в технологических процессах. Предложен метод синтеза «управленческого параметра» на примере модели Лоренца для систем с хаотической динамикой. Математическая модель проекта реализована в Matlab и представлены результаты.