

ეკონომიკური პროცესების კვლევა სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით

ნელი სესაძე — სტუ-ს ასოცირებული პროფესორი

ირმა კუცია — სტუ-ს ასოცირებული პროფესორი

ვალედა სესაძე — სტუ-ს პროფესორი

რეზიუმე

მიუხედავად ეკონომიკური თეორიის თვალსაჩინო პროგრესისა XX საუკუნეში, მის თანამედროვე მდგომარეობას ბევრი ავტორიტეტული უცხოელი და აგრეთვე ქართველი მკვლევარიც აფასებენ როგორც სისტემურ კრიზისს, აღიარებენ ფუძემდებლური მოდელების აქსიომების არაადეკვატურობას, რისი შედეგიც ხდება პასუხგაუცემელი მნიშვნელოვანი კითხვები ეკონომიკის სფეროში.

ეკონომიკური თეორიის ასეთი მდგომარეობა არ შემოიფარგლება მხოლოდ თეორიული პრობლემებით: ხშირ შემთხვევაში თეორიულ მაკროეკონომიკურ კანონზომიერებებზე დაყრდნობით ექსპერტები უძღურნი ხდებიან არა მხოლოდ გადაჭრან ეკონომიკური პრობლემები, არამედ უბრალოდ იწინასწარმეტყველონ კიდეც. პერმანენტული განვითარებული ეკონომიკური კრიზისები, რეცესია, დაცემა, აღმავლობა, გამოცოცხლება, დეპრესია ამის დასტურს წარმოადგენს.

საკვანძო სიტყვები: ეკონომიკური სისტემა, ლორენცის მოდელი, მდგრადი განვითარება, ქაოსი.

Research of Economic Systems with Synergetics Methods

N. Sesadze
I. Kutsia
V. Sesadze

Summary

The developed world financial and economic crisis sharply raised a question of opportunities of economic forecasting, of ability of science adequately to describe difficult social and economic processes and to predict their development. Synergy approach in researches of economic processes predetermines development of effective models of an exit of economy from a crisis state which does possible search of the universal principles of self-organization and evolution of difficult economic systems.

For modeling of economic systems in article it is used synergetic Lorentz's model. The offered method gives the chance to reveal the general regularities and when the system passes from one state into another.

ეკონომიკური სისტემები ეკონომიკურ პროცესთა დიდი სფეროა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია არასტაციონალურობა, არანრფივობა, შეუქცევადობა. მათში ვლინდება, სინერგიზმი, ფაზური და სტრუქტურული ტრანსფორმაციები, რომლებიც საბოლოო ჯამში ეკონომიკურ სისტემებში იწვევენ თვისობრივ გადასვლებს.

ეკონომიკური სინერგეტიკა მეცნიერული მიმართულებაა ეკონომიკურ თეორიაში, რომელიც გვთავაზობს ეკონომიკური განვითარების პრობლემების კვლევის მეთოდოლოგიას სინერგეტიკის საფუძველზე, რომელიც წარმოადგენს მეცნიერებას არანრფივ, უწონასწორო, შეუქცევად სისტემებში მიმდინარე პროცესების შესახებ. ეკონომიკური პროცესების კვლევაში სინერგეტიკული მეთოდების გამოყენების აქტუალობა განისაზღვრება იმ პროცესების არაერთმნიშვნელოვნებით, რომელიც მიმდინარეობს მსოფლიო ეკონომიკაში.

XXI საუკუნე მსოფლიო ეკონომიკაში აღინიშნა ახალი ტენდეციებით [4,5]:

- ეკონომიკური საქმიანობის გლობალიზაცია, რაც გამოვლინდა საერთაშორისო კავშირების გაფართოებით ინვესტიციების, წარმოების, მიმოქცევის, მომარაგებასა და გასაღების, ფინანსების, მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის, განათლების სფეროში.
- მსოფლიო ეკონომიკის ლიბერალიზაცია, რაც გამოიხატა ბარიერების თანდათანობით მოხსნაში საქონლის, მომსახურების, ინტელექტუალური საკუთრების ობიექტის, შრომის, კაპიტალის, ფინანსური რესურსების საერთაშორისო მოძრაობის გზაზე, იმპორტის რაო-

დენობრივი შეზღუდვების და საბაჟო გადასახადების მნიშვნელოვან შემცირებაში.

- მსოფლიო ეკონომიკის რეგიონალიზაცია, რაც გამოვლინდა ყველა კონტინენტზე საერთო სახელმწიფოებრივი გაერთიანებების შექმნაში (თავისუფალი ვაჭრობის ზონები, საბაჟო კავშირები, ეკონომიკური თანამეგობრობა და სხვ.), რომელთაც შექმნეს მასში მონაწილე ქვეყნების ეკონომიკური კავშირებისათვის ხელსაყრელი პირობები, მოხდა სავაჭრო-ეკონომიკური პროცესების ინტეგრაცია, რეგიონული ბარიერების მოხსნა და საერთაშორისო ბაზრების ფორმირება.
- ტექნოლოგიის სრულყოფის სფეროში მიღწეული პროგრესი, რომელმაც ხელი შეუწყო ინტეგრაციის გაღრმავებას. მსოფლიო ეკონომიკის ინფორმატიზაცია, რაც გამოვლინდა კომპიუტერული სისტემების, ტელეკომუნიკაციის, ინტერნეტის ქსელის ფართო გამოყენებით თანამედროვე ეკონომიკაში, მეცნიერებაში, განათლებაში, კულტურაში. ყველაფერმა ამან დააჩქარა კაპიტალის მსოფლიო ბაზრის ფორმირების პროცესი, ელექტრონული კომერციის განვითარება, მომარაგების ჯაჭვის შექმნა, აგრეთვე საერთაშორისო ვაჭრობისა და საერთაშორისო ინვესტიციების მოცულობის უპრეცედენტო ზრდა.

საქართველოს ეკონომიკა დღეს დგას ახალი ეკონომიკის განვითარების გზაზე, რომლის სტრატეგიულ ამოცანას წარმოადგენს ეკონომიკის მაღალი ტემპების უზრუნველყოფა და ევროპის ქვეყნებთან შედარებით ეკონომიკური და სოციალური განსხვავების თანდათანობითი შემცირება. ამასთან დაკავშირებით, ეკონომიკური ზრდის მოდერნიზირებული მოდელი აუცილებელია განხილულ იქნას მსოფლიო ტენდენციების და სინერგეტიკული მიდგომის ჩარჩოებში.

სისტემურ-სინერგეტიკული მიდგომა აყალიბებს ეკონომიკური მეცნიერების ახალ პარადიგმას. ახალი პარადიგმა აყალიბებს ახალ ეკონომიკურ ტექნოლოგიას, რომლის საფუძველზეც შესაძლოა შეიქმნას სხვადასხვა ეკონომიკური, ინოვაციურ-სინერგეტიკული მართვის პრაქტიკა.

სტატიაში ეკონომიკური სისტემების მოდელირებისათვის გამოყენებული იქნა ლორენცის

სინერგეტიკული მოდელი, რომელმაც შესაძლებელი გახდა თავიდან აგვეცილებინა წინააღმდეგობრივობა მაკრო-მიკროეკონომიკური პროცესების დეტალურ აღწერასა და სტრუქტურულ-პარამეტრულ აღწერას შორის. ლორენცის სინერგეტიკული მოდელი გვაძლევს შესაძლებლობას გამოვლინდეს სისტემის ზოგადი კანონზომიერებები იმ შემთხვევაშიც, როდესაც სისტემა მოულოდნელად გადადის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში.

მაგალითისათვის განვიხილოთ შემდეგი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა, რომელიც წარმოადგენს ლორენცის ცნობილ მოდელს [1,2,5]:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \sigma y - \sigma x \\ \dot{y}(t) &= -y + rx - xz \quad (1) \\ \dot{z}(t) &= -bz + xy\end{aligned}$$

სადაც σ, r, b – მუდმივი პარამეტრებია.

(1) განტოლებათა დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა აღწერს მრავალფეროვან ბუნებრივ პროცესებს. (1) სისტემას მის ფაზური სივრცის რაიმე სიმრავლეზე გააჩნია ფრაქტალური განზომილების „უცნაური“ ატრაქტორი. ამ სიმრავლეზე სისტემას გააჩნია საწყისი პირობებისადმი გაზრდილი მგრძნობიარობა, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება მოძრაობის ქაოსური რეჟიმები.

თავდაპირველად გამოვიკვლიოთ ლორენცის მათემატიკური მოდელის სტაციონალური მდგომარეობა, რისთვისაც განვიხილოთ ლორენცის მოდელი სწრაფივ მიახლოება. მასში კვადრატული წევრების უგულებელყოფის შედეგად მივიღებთ შემდეგი სახის განტოლებათა სისტემას:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \sigma(y - x) \\ \dot{y}(t) &= rs - y \quad (2) \\ \dot{z}(t) &= -bz\end{aligned}$$

(1) დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა აღწერს მრავალფეროვან ბუნებრივ პროცესებს. (1) სისტემას მის ფაზური სივრცის რაიმე სიმრავლეზე გააჩნია ფრაქტალური განზომილების „უცნაური“ ატრაქტორი. ამ სიმრავლეზე სისტემას გააჩნია საწყისი პირობებისადმი გაზრდილი მგრძნობიარობა, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება მოძრაობის ქაოსური რეჟიმები.

თავდაპირველად გამოვიკვლიოთ ლორენცის მათემატიკური მოდელის სტაციონალური

მდგომარეობა, რისთვისაც განვიხილოთ ლორენცის მოდელი სწორფივი მიახლოება. მასში კვადრატული წევრების უგულებელყოფის შედეგად მივიღებთ შემდეგი სახის განტოლებათა სისტემას:

$$\lambda^2 + (\sigma + 1)\lambda + \sigma(1 - r) = 0 \quad (2)$$

სინერგეტიკაში r პარამეტრს უწოდებენ მმართველ პარამეტრს. იმ შემთხვევაში, როდესაც, $r < 1$ -ზე, (3) განტოლების ფესვები უარყოფითია და შესაბამისად სტაციონალური მდგომარეობა წრფივად მდგრადია, როდესაც $r > 1$ -ზე, მაშინ (3) მახასიათებელი განტოლების ფესვებიდან ერთ-ერთი დადებითი ხდება და მდგომარეობა წრფივად არამდგრადია. ამგვარად (3) მახასიათებელი განტოლება წრფივად მდგრადია. ღოცა სრულდება პირობა $r \leq 1 \leq 1$ და არამდგრადია, როცა $r > 1$ -ზე.

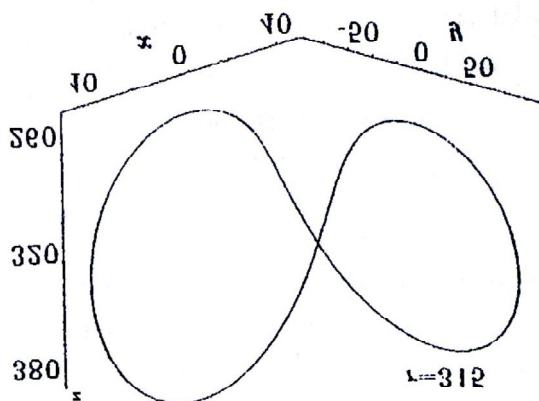
ლორენცის (1) მოდელის ყოფა-ქცევის ანალიზისათვის განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც მმართველი პარამეტრიც აკმაყოფილებს პირობას $r \gg 1$. ამისათვის გარდავექმნათ საწყისი განტოლებები ახალი ცვლადების შემოტანით [1,2]. იგი ჩაინერება შემდეგი სახით:

$$\xi(r) + (q - 1)\xi + \xi^3 = -\mu \xi(t)$$

$$\dot{\xi}(r) = -\frac{\mu}{\sigma + 1} [bq - (2\sigma - b)\xi^2] \quad (3)$$

შედაც $\mu = -\frac{\sigma + 1}{\sqrt{\sigma(r - 1)}}$ მცირე პარამეტრია.

(3) სისტემაში პირველი განტოლება აღწერს არანრფივი ოსცილატორის რხევას, $\omega_0^2 = q - 1$, რომელიც მდორედ იცვლება მეორე განტოლების $q(t)$ ამონახსნის შესაბამისად.



ნახ.1. ზღვრული ციკლის ფუნქციის გრაფიკი

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია მისი ფაზური პორტრეტი როცა $r = 315, \sigma = 10, b = 8/3$. მიღებული

ფაზური პორტრეტი ადასტურებს ზემოთ ჩამოყალიბებულ მოსაზრებებს.

ქაოსურობის წარმოშობის მიზეზების თვალნათელი წარმოდგენისათვის კვლავ გარდავექმნათ (1) ლორენცის განტოლება. თუ ჩავსვათ

$$y = x + \frac{1}{\sigma} \dot{x}(t) \quad \text{ცვლადი} \quad \text{პირველი}$$

განტოლებაში და ცვლადს $z = \frac{1}{b}(xy - \dot{z})$ -

მეორე განტოლებაში და შემოვიტანოთ პოტენციალი,

$$V = -\frac{r-1}{2}x^2 + \frac{1}{4b}x^4 \quad (5)$$

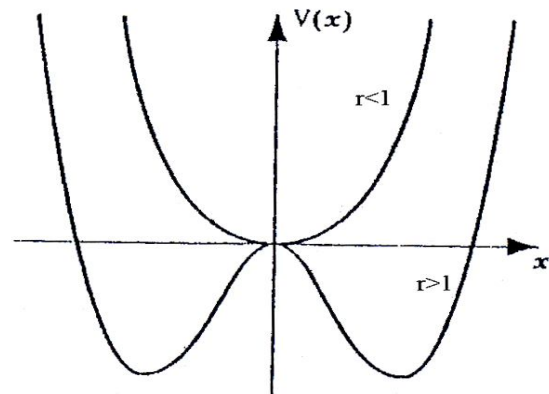
რომელსაც გააჩნია სხვადასხვა სახე, როცა $r > 1$ -ზე და $r < 1$ -ის შემთხვევაში (ნახ.2).

პოტენციალი (5) იზრდება სტაციონალური მდგომარეობის ორივე მხარეს. მმართველი პარამეტრის r -ის ერთიანზე გადასვლისას $r > 1$ წარმოიშობა ბიფურკაცია და წარმოიშობა ერთი არამდგრადი ($x_s = 0$) და ორი მდგრადი მდგომარეობა: $x_s = \pm \sqrt{b(r-1)}$

განტოლება ახლა შეგვიძლია ჩავწეროთ შემდეგი სახით, რომელიც მოსახერხებელია ხარისხობრივი ანალიზისათვის:

$$\frac{1}{\sigma} \ddot{x}(t) = -\frac{1+\sigma-x^2}{\sigma} \dot{x}(t) - \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{x}{b} \dot{z}(t), \quad (6)$$

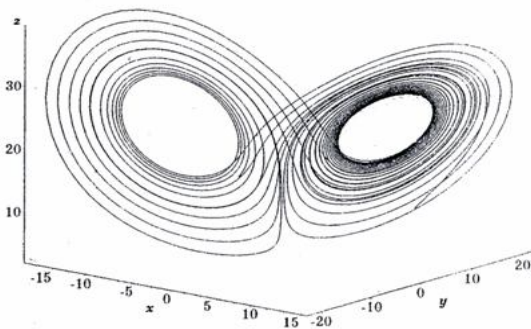
მიღებული (6) განტოლება ბოლო წევრის გარეშე წარმოადგენს მატერიალური წერტილის პოტენციალურ ორმოში მოძრაობის განტოლებას (ნახ.2). თუ კავშირს z და x -ს შორის უგულებელვყოფთ, მატერიალური წერტილი, რომელიც აღინერება (6) განტოლებით შემთხვევითი ძალის მოქმედებით იმოძრაავებს ორკუთხიან პოტენციურ ორმოში. ხახუნის კოეფიციენტი შეიძლება მიიღოს სხვადასხვა ნიშანი.



ნახ.2. პოტენციალური ფაზური პორტრეტი

წარმოდგენილი მოსაზრებები მიუთითებენ ლორენცის მოდელის ყოფაცემის, როგორც ატრაქტორის, რთულ ქაოსურ ხასიათზე. ნახ. 1 და ნახ. 3-ზე მოცემულია მოძრაობის პროცესები r პარამეტრის სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის, რაც ადასტურებს (1) ლორენცის მოდელის ტრაექტორიის რთულ ქაოსურ ხასიათს, რომლებიც აღინერება მესამე რიგის დეტერმინირებული დიფერენციალური განტოლებებით. დადგენილი ფაქტი ადასტურებს თანამედროვე არანრფივი დინამიკის განსაცვიფრებელ მოვლენას.

მაღალი $n \geq 3$ რიგის დეტერმინირებულ ობიექტებზე ბიფურკაციული მექანიზმების მოქმედების შედეგად შესაძლებელია წარმოიშვას რთული ქაოსური მოვლენები. ასეთი მოვლენების მათემატიკური მოდელები შეიცავენ ხარისხობრივ და კვადრატულ არანრფივობას, რომლებიც გავრცელებულია სხვადასხვა ბუნების ობიექტებში, მათ შორის ეკონომიკაში. ამასთან წარმოიშვება ქაოსის მართვის პრობლემა, რომელსაც მეცნიერულ ლიტერატურაში ექცევა სულ უფრო მეტი ყურადღება.



ნახ. 3. ლორენცის მოდელის ფაზური ტრაექტორია

სამგანზომილებიანი მოდელის შემთხვევაში ვაჩვენეთ, რომ არამარტო წარმოიქმნებიან მდგრადი ზღვრული ციკლები, არამედ არის იმის შესაძლებლობა რომ პროცესი აღმოჩნდეს ქაოსურ ატრაქტორზე. ეს საშიშროება არარის პროგნოზირებადი, რადგან ქაოსური ატრაქ-

ტორი შეიძლება წარმოიქმნას მმართველი პარამეტრის განსაზღვრული მნიშვნელობის შემთხვევაში (ნახ. 3). მმართველი პარამეტრის ცვლილების გზით შესაძლებელია თავიდან იქნეს აცილებული ქაოსური ატრაქტორი. ზღვრული ციკლების კონფიგურაცია განსაზღვრავს ეკონომიკური პროცესის სირთულეს, იმ შემთხვევაში, თუ ამ ვალდებულების შეცვლა არ არის შესაძლებელი, მაშინ უნდა შეიცვალოს რომელიმე სხვა მმართველი პარამეტრი.

უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი ლორენცის მოდელი არის საკმაოდ აბსტრაქტული. სტატიამ გადმოცემულია ზოგადი მეთოდოლოგიური მიდგომა, რომელიც პრინციპიალურად ახალ შესაძლებლობებს ქმნის ეკონომიკური პროცესების ანალიზისათვის სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით. წარმოდგენილი მოდელის გამოყენებით შესაძლებელია განხორციელდეს კომპანიების გაკოტრების ეკონომეტრიკული პროგნოზი და მათი საქმიანობის გადასვლა ოპტიმალურ ტრაექტორიაზე.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ა. გუგუშვილი. მართვის სისტემები, მესამე ნაწილი. სინერგეტიკა. სტუ. თბილისი. 690 გ., 2004.
2. ვ. სესაძე, ნ. სესაძე. სინერგეტიკა, არანრფივი სისტემების სინთეზი. სტუ. თბილისი. 275 გ., 2009.
3. ვ. სესაძე, ნ. სესაძე. სინერგეტიკა, ეკონომიკური პროცესების კვლევა. სტუ. თბილისი. 161 გ., 2009.
4. Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. Динамическая модель поведения общества. Синергетический подход в экономике // Новое в синергетике - М.: Наука, 2012. 286.
5. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала, новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. М.: Издательство «МИР», 2002. — 336 с.