

**თანამედროვე ეკონომიკური პროცესების ანალიზში
სინერგეტიკული მიდგომის გამოყენების
უშილახლოა**

*ვალიდა სესაძე, სტუ-ს პროფესორი
გელა ჭიკაძე, სტუ-ს პროფესორი
ვლადიმერ კეკელიძე, სტუ-ს პროფესორი
ნელი სესაძე, სტუ-ს პროფესორი
გოჩა დალაქიშვილი, სტუ-ს პროფესორი*

რეზიუმე

ნაშრომში გამოყენებულია არანრფივი დინამიკის მეთოდის, კერძოდ კატასტროფების თეორიის გამოყენება ეკონომიკური პროცესების ანალიზისათვის. სინერგეტიკის პრინციპების მიხედვით დაპირის სიბრტყეზე ასახვა მცირე ცვლილებებისას იშლება ნაკრებებისა და ნაკეცის ფორმებად, რომელსაც კატასტროფები ეწოდებათ. რადგანაც, ეკონომიკურ სისტემებში დასმულია ოპტიმიზაციის ამოცანები (მოგების ფუნქციის მაქსიმიზაცია ან დანახარჯების ფუნქციის მინიმიზაცია) და ამიტომაც კატასტროფების თეორია შესაძლებელია გამოვიყენოთ ეკონომიკურ სისტემებში ნახტომისებური გადასვლების, უეცარი თვისობრივი ცვლილებების კვლევისას; მნიშვნელოვანია ფუნქციის სტრუქტურული მდგრადობისა და ცნება სისტემებში მცირე აღშფოთებებზე არამგრძნობიარობის ცნებები.

საკვანძო სიტყვები: სინერგეტიკა, არანრფივობა, მმართველი პარამეტრი, კატასტროფების თეორია

Summary

In article use of a method of nonlinear dynamics, in particular a method of the catastrophe, for the analysis of economic processes is shown. According to the principle of synergetics, space at display to the planes, at small changes settles down on elementary forms which are called elementary catastrophes. As in economic systems optimization problems (maximization profit function or minimization of function of expense) are solved, the theory of catastrophe it is possible to use upon spasmodic transitions, at sudden high-quality changes.

Need use of methods of synergetics in the analysis of modern economic processes.

თანამედროვე პირობებში ძალიან ძნელია გამოყენებულ იქნას ეკონომიკური პროცესების ანალიზის ტრადიციული მეთოდები, რადგანაც დღევანდელი ეკონომიკა ატარებს არანრფივ ხასიათს, რადგანაც ეკონომიკური გარემოსათვის დამახასიათებელია

სწრაფი ცვალებადობა, არააქტუალური ხდება გრძელვადიანი პროგნოზები.

დღეს, ცოდნის თითქმის ყველა სფეროში კვლევები ტარდება სინერგეტიკის რუბრიკით. სინერგეტიკის თემაზე პუბლიკაციებისათვის დამახასიათებელია ის, რომ მათში ავტორები იძლევიან სინერგეტიკის პრინციპების თავისებურ განმარტებებს. ამასთან, ეს განმარტებები საკმაოდ მრავლადაა, თუმცა ყოველთვის არ არის არგუმენტირებული. ამის მიზეზი კი არის ის, რომ არ არსებობს სინერგეტიკის ძირითადი დებულებების საკმარისი განსაზღვრულობა.

სინერგია (სინერგია) ბერძნული წარმოშობის სიტყვაა და ნიშნავს თანამშრომლობას, თანამეგობრობას. ეკონომიკურ პრაქტიკაში ტერმინი „სინერგიზმი“ წარმოგვიდგება, როგორც მოვლენა საქმიან პრაქტიკაში, როდესაც საერთო შედეგი მეტია, ვიდრე ცალკეული ეფექტების ჯამი. ტერმინი „synergetic“-ის გამომგონებელია შტუტგარტის უნივერსიტეტის პროფესორი, თეორიული ფიზიკის და სინერგეტიკის ინსტიტუტის დირექტორი გერმან ჰაკენი [1]. აღნიშნული ტერმინი გ. ჰაკენმა პირველად გამოიყენა 1973 წელს თავის მოხსენებაში „კოოპერატიული მოვლენები ძლიერ უწონასწორო და არაფიზიკურ სისტემებში“.

გ. ჰაკენის მიხედვით, სინერგეტიკა შეისწავლის სისტემებს, რომლებიც შედგებიან დიდი (ძალიან დიდი) რაოდენობის ნაწილებისაგან, კომპონენტებისაგან, ქვესისტემებისაგან, ანუ ერთმანეთზე მჭიდროდ ურთიერთდაკავშირებული დეტალებისაგან, რომლებიც შეთანხმებულად ფუნქციონირებენ და გამოვლინდებიან სისტემის, როგორც მთლიანის ქცევაში.

თვითორგანიზებად პროცესებს საფუძვლად უდევს დაქვემდებარების სინერგეტიკული პრინციპი, რომლის თანახმადაც საწყისი რთული სისტემა შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს იერარქიული სისტემების სახით, რომელიც შედგება დინამიკური ქვესისტემების ერთობლიობისაგან, რომლებიც ექვემდებარებიან ერთმანეთს და იმყოფებიან ერთმანეთთან გარკვეულ დინამიკურ ურთიერთკავშირში.

სინერგეტიკას რთულ წრფივ დინამიკურ სისტემებში საფუძვლად უდევს თვითორგანიზაციის ფუნდამენტალური მოვლენა. თუმცა სინერგეტიკაში ჯერ არ შეუქმნიათ ზოგადი და ერთიანი თვითორგანიზაციის თეორია, რომელიც სამართლიანი იქნება

ყველა სახის ბუნებრივი და ტექნიკური სისტემებისათვის, ამიტომ, სინერგეტიკული მიდგომა იძენს განმასხვავებელ თავისებურებებს და შინაარსს. ამასთან დაკავშირებით, ჩვენ შეგვიძლია ვილაპარაკოთ სინერგეტიკულ მიდგომაზე, როგორც შესაბამისი მეცნიერების ერთგვარ მმართველ კონცეფციაზე. სინერგეტიკა გადაიქცა ევოლუციურ ბუნებისმეტყველების დარგად, რომელიც გვაძლევს საშუალებას სხვადასხვა ბუნებრივი და ტექნიკური მოვლენების ერთგვარ საფუძველზე აიგოს სხვადასხვა ბუნებრივი და ტექნიკური მოვლენების მეცნიერული კონცეფციის ერთიანი ენა.

თავისი იდეოლოგიით სინერგეტიკასთან ახლოს არის ისეთი ფუნდამენტალური მეცნიერება, როგორიცაა მართვის თეორია, რომელიც შეისწავლის არანრფივი დინამიკური სისტემების ქცევას მმართველი პარამეტრის ცვლილებისას წონასწორობის მდგომარეობიდან მოშორებით. ამასთან დაკავშირებით, მართვის თეორიის განვითარებისათვის საჭიროა სინერგეტიკული სისტემების ძირითადი მეთოდების გადატანა არანრფივი ტექნიკური ობიექტების მართვის სისტემების კონსტრუირებაზე. თუმცა ამ მეცნიერებების მიდგომებში არსებობენ გარკვეული განსხვავებები. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ სინერგეტიკას გააჩნია პრობლემური და დისციპლინათშორისი ხასიათი. მრავალი კვლევებისა და აზრთა სხვაობის მიუხედავად, მეცნიერული შეცნობისათვის სინერგეტიკას გააჩნია პროდუქტიული სისტემანარმოქმნელი მნიშვნელობა და სამეცნიერო საზოგადოებაზე ახდენს პროგრესულ ზეგავლენას.

თანამედროვე ეკონომიკა წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომელშიც მიმდინარე მოულოდნელი ცვლილებები რთულად ექვემდებარებიან ანალიზისა და პროგნოზის შესწავლის მეთოდებს, რადგანაც სისტემაში, რომელზედაც მოქმედებს სხვადასხვა ბუნების ფაქტორები, მიმდინარეობს არა მარტო გლუვი, არამედ ნახტომისებური ცვლილებები..

სხვადასხვა ბუნების სისტემების (მექანიკური, თერმოდინამიკური, ეკოლოგიური, სოციალური, ეკონომიკური და სხვ.) მოდელირება, რომლებშიც შინაგანი პარამეტრების მდორე ცვლილება იწვევს სისტემის მდგომარეობის ნახტომისებრ შეცვლას, გვაძლევს საშუალებას ავლენოთ სისტემის ყოფაქცევა რომელიმე ფუნქციის საშუალებით. ასეთი ფუნქციის როლში გვევლინება სრული ენერგია, პოტენციალური ენერგია, სარგებლიანობის ფუნქცია (ბიოლოგია), საწარმოო (ეკონომიკა) და ა.შ.

კატასტროფების თეორიის ობიექტს წარმოადგენს სისტემების ნახტომისებური გადასვლა ერთი მდგომარეობიდან მეორეში, სისტემის ყოფაქცევაში წარმოქმნილი მყისიერი ხარისხობრივი ცვლილებები.

ეკონომიკური სისტემა საფეხუროვანი, მრავალდონიანი სისტემაა. სისტემის რომელიმე დონეზე შემავალი პარამეტრების ნებისმიერი განუზღვრელობა ან შემთხვევითობა უფრო მაღალი დონის ქვესისტემაში (ან სისტემაში მთლიანად) იწვევს სისტემის გამოსასვლელი პარამეტრების განუზღვრელობას და

შემთხვევითობას. ასეთი ხასიათის სისტემები შეიცავენ კატასტროფას [4].

როგორც ცნობილია, ნებისმიერი ეკონომიკური სისტემის ამოცანას წარმოადგენს ოპტიმიზაცია, რომლის მიზანს წარმოადგენს მოგების მაქსიმიზაცია ან დანახარჯების მინიმიზაცია. სწორედ უიტნის განსაკუთრებულობის თეორია გამოიყენება ისეთი სისტემებისთვის, რომლებშიც დროის ნებისმიერ მომენტში ხორციელდება რომელიმე ფუნქციის მინიმიზაცია ან მაქსიმიზაცია.

თუ წერტილი ზედაპირზე მოცემულია კოორდინატებით (X_1, X_2), ხოლო სიბრტყის წერტილი (Y_1, Y_2) — კოორდინატებით სიბრტყეზე, მაშინ გარდასახვა მოიცემა შემდეგი ორი ფუნქციის საშუალებით: $y_1 = f(x_1, x_2); y_2 = f(x_1, x_2)$. ნებისმიერი სისტემის ევოლუციური პროცესი, მათ შორის ეკონომიკურიც, მათემატიკურად ფაზურ სივრცეში აღიწერება ვექტორული ველით. ფაზური სივრცის წერტილები განსაზღვრავენ სისტემის მდგომარეობას. ამ წერტილში მოდებული ვექტორი მიუთითებს სისტემის მდგომარეობის ცვლილების სიჩქარეზე. ზოგიერთ წერტილში ვექტორი შეიძლება იყოს ნულის ტოლი. ასეთ წერტილებს უწოდებენ წონასწორობის მდგომარეობას. ამ წერტილებში სისტემის მდგომარეობა დროში არ იცვლება.

ნებისმიერი ეკონომიკური სისტემა არ შეიძლება იმყოფებოდეს დიდხანს წონასწორობის მდგომარეობაში. მასზე მოქმედებს სხვადასხვა ფაქტორები, ამიტომაც შეიძლება აღიძვრეს არანაწარმოებული მდგომარეობა (რხევები), ე.ი. სისტემა შეიძლება გახდეს არამდგრადი. დამყარებული რხევები გამოისახება შეკრული მრუდებით — ფაზურ სიბრტყეზე ზღვრული ციკლებით.

დამყარებული რეჟიმი შეიძლება იყოს სხვა მდგრადი სტაციონალური რეჟიმი, ან მდგრადი რხევები, ან უფრო სხვა რთული მოძრაობები. მოძრაობის ასეთ რეჟიმებს უწოდებენ ატრაქტორებს, რადგანაც ისინი “მიიზიდვენ” მეზობელ რეჟიმებს (გარდამავალი პროცესები).

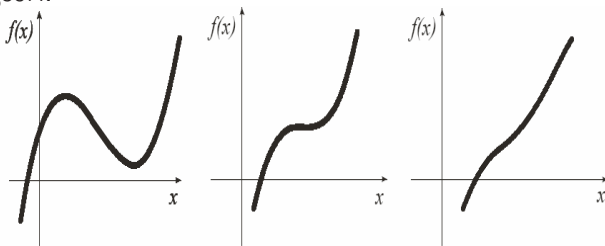
ატრაქტორები (ინგლ. სიტყვს to attract - მიზიდვა) დინამიკური სისტემის მიზიდვის სიმრავლეა. ფაზური სივრცის კომპაქტური ინვარიანტული ქვესიმრავლეა, რომელიც ასიმპტოტურად მდგრადია, იგი მდგრადია ლიაპუნოვის მიხედვით, და ყველა სხვა ტრაექტორია მისი რომელიმე არიდან მიისწრაფის მისკენ, როდესაც $t \rightarrow \infty$.

წონასწორობის მდგომარეობის მდგრადობის დაკარგვა დამოკიდებულია ბიფურკაციასთან. სისტემამ შეიძლება დაკარგოს წონასწორობა თვითშემაკავებელი რხევების გაზრდის შედეგად.

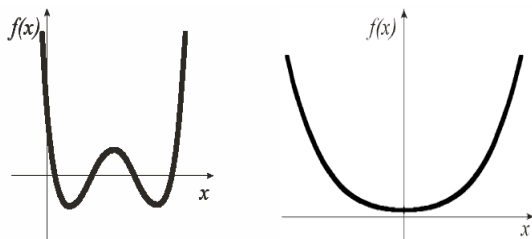
გარკვეული ფაქტორების ზემოქმედებისას ეკონომიკური სისტემა იმყოფება მდგრად წონასწორობის მდგომარეობაში, თუ პოტენციალურ ფუნქციას გააჩნია მკაცრი მინიმუმი. როდესაც მოქმედი ფაქტორები გადააჭარბებენ განსაზღვრულ მნიშვნელობას, სისტემა მდორედ შეიცვლის მდგომარეობას, თუ

კრიტიკული წერტილი გადაუგვარებელია. დატვირთვის გაზრდისას კრიტიკული წერტილი ხდება გადაგვარებული, გადაგვარებული კრიტიკული წერტილი როგორც სტრუქტურულად არამდგრადი იშლება, ან საერთოდ ქრება. ამ დროს სისტემა ნახტომისებურად გადადის ახალ მდგომარეობაში (მდგრადობის დაკარგვა, დანგრევა, პლასტიკური დეფორმაცია და სხვ.). ზოგადად, სისტემის კვლევისათვის კატასტროფების თეორიაში დამუშავებულია შემდეგი მიდგომა:

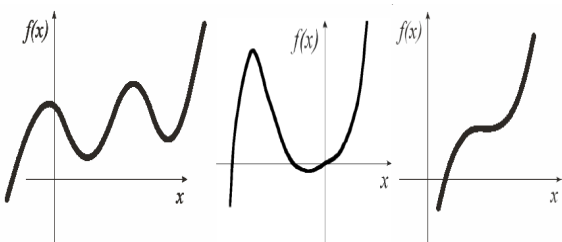
f ფუნქცია იშლება ტეილორის მწკრივად. განსაზღვრული რაოდენობის მმართველი პარამეტრებისათვის მოითხოვება მწკრივის იმ რაოდენობის წევრების მოძებნა, რომლებიც ადექვატურად ასახავენ სისტემის მდგომარეობას კრიტიკული წერტილების მახლობლობაში. გამოთვლების სიზუსტე დამოკიდებულია ტეილორის მწკრივების წევრების სწორად უგულებელყოფაში და “უფრო მნიშვნელოვანი” წევრების გათვალისწინებაში. ჩლუვი ფუნქციისათვის ყველაზე მეტად გავრცელებული კრიტიკული წერტილების სახეებია: ლოკალური მინიმუმი, მაქსიმუმი და გადაღუნვის წერტილები. ორი და მეტი ცვლადების შემთხვევაში ამოცანა რთულდება გეომეტრიული შესაძლებლობების ფართო დიაპაზონის გამო.



ნახ.3 $f(x) = x^3$ ფუნქციის ყოფაქცევა ალმ-ფოთების შედეგად



ნახ.4 $f(x) = x^4$ ფუნქციის ყოფაქცევა ალმ-ფოთების შედეგად



ნახ. 5. $f(x) = x^5$ ფუნქციის ყოფაქცევა ალმ-

ფოთების შედეგად

კატასტროფების თეორიის მათემატიკურ საფუძველს წარმოადგენს კრიტიკული წერტილების ტიპების

კლასიფიკაცია: $R^n \rightarrow R$ დაფუძნებით გლუვი ფუნქციაა.

f ფუნქციისათვის წერტილს $u \in R^n$ უწოდებენ კრიტიკულს, თუ სრულდება პირობა:

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \Big|_u = 0, \quad i = \overline{1, n}$$

ფუნქციის გრაფიკს კრიტიკულ წერტილებში აქვს ჰორიზონტალური მხები (ნახ.5). X_0 კრიტიკულ წერტილს უწოდებენ იზოლირებულს, თუ მოიძებნება მისი ისეთი მიდამო, რომელშიც არ იქნება სხვა კრიტიკული წერტილი. ნახ.3 ა-გ-ზე კრიტიკული წერტილები არიან იზოლირებულნი, ხოლო ნახ.4 დ, ე-ზე მდებარეობენ წრფეზე (კრიტიკულ წერტილთა სიმრავლე).

f ფუნქცია სტრუქტურულად მდგრადია, თუ ყოველი საკმარისად გლუვი f და $f + p$ ფუნქციისათვის P კრიტიკული წერტილები არიან ერთი და იგივე ტიპის. მაგალითისათვის განვიხილოთ ფუნქცია და $f(x) = x^2$ და $p = 2\epsilon x$ სადაც ϵ - მცირე კონსტანტაა. აღმოფოთებული ფუნქცია მიიღებს სახეს:

$$f(x) = x^2 + 2\epsilon x = (x + \epsilon)^2 - \epsilon^2$$

კრიტიკული წერტილი გადაადგილდა (ამასთან გადაადგილების სიდიდე მდორედ არის დამოკიდებული ϵ -ზე, მაგრამ არ შეუცვლია ფორმა.

რაც მეტია n , უფრო მეტად მახინჯდება x^n . ალმ-ფოთება $f(x) = x^5$ გვაძლევს 4 კრიტიკულ წერტილს (ორ მინიმუმს და ორ მაქსიმუმს), იმისდა მიუხედავად რამდენად მცირეა ϵ (ნახ. 5-7).

ამრიგად, ეკონომიკური პროცესის ამსახველი პოტენციალური ფუნქცია მცირე ცვლილებებისას იშლება ნაკრებებისა და ნაკეცის ფორმებად, რომელსაც კატასტროფები ეწოდებათ. ამიტომაც, კატასტროფების თეორია შესაძლებელია გამოვიყენოთ ეკონომიკურ სისტემებში ნახტომისებური გადასვლების, უეცარი თვისობრივი ცვლილებების კვლევისას.

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. Арнольд В.И. Теория катастроф: 3-е изд., доп. М.: Наука, 1990. 128с.
4. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и её приложения. М.: Мир, 1980. 607с.