

ეკონომიკური პროცესები და სპაციალური პოლიტიკა

მერაბ ახოვაძე, სტუ-ს პროფესორი
ნინო ვარძიაშვილი, სტუ-ს დოქტორანტი

რეზიუმე

თანამედროვე ეკონომიკა — სივრცული, ევოლუციური (შეუქცევადი) ეკონომიკაა. სივრცული ეკონომიკის დროს საქმე გვაქვს ურთიერთდამოკიდებულ და ურთიერთმოქმედ დინამიკურ ეკონომიკურ პროცესებთან, რომლებიც მიმდინარეობენ დროის სხვადასხვა მასშტაბებში. ამ პროცესების აღმოჩენა და მათზე დაკვირვება მეტადძნელია, როგორც წონასწორულ მდგომარეობაში, ასევე მეგასისტემასთან ურთიერთობისას. ზოგადად, როდესაც გარემო პირობები მნიშვნელოვნად იცვლება, ხშირად საბაზრო მექანიზმები უკვე უძლებენ არიან შეინარჩუნონ ეკონომიკური სისტემის წონასწორობა „ძველი“ მდგომარეობის ან „ახლის“ მიმართ.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ სივრცე-დროითი არესათვის და მახასიათებელი უწყვეტი მათემატიკის პრინციპები (დიფერენციალური და ინტეგრალური განტოლებები), ხშირ შემთხვევაში არასაკმარისია ინტელექტუალური სისტემების — წარმოების და საინვესტიციო პოლიტიკის მართვის სისტემების — მოდელირებისა და მართვისათვის. და მოითხოვს ალგებრულ და ტოპოლოგიური მეთოდების გამოყენებას.

ჩვენს ნაშრომში მათემატიკის ორივე პრინციპი (უწყვეტი და დისკრეტული მათემატიკა) გამოყენებული: სივრცული ევოლუციური ეკონომიკის მოდელის სტრუქტურა აიგება მაკროსისტემურ მდგომარეობაში, სადაც ინვესტიციების ნაკადის ფორმირება ხდება ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის საფუძველზე. ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპი საშუალებას გვაძლევს კლასიკური იდეა — წონასწორული ბაზრისა, ტრანსფორმირებული იქნას ლოკალურ საბაზრო წონასწორობათა პრინციპად, რომლებიც ერთმანეთს ენაცვლებიან ძირითადი ევოლუციური ეკონომიკური პროცესის განვითარებისას.

ალგებრული ტოპოლოგიის Q-ანალიზის მეთოდის საფუძველზე შესწავლილია სივრცული ეკონომიკური პროცესის სტრუქტურა, რომლის გამოყენება ინვესტორს საშუალებას აძლევს შეარჩიოს წარმოების ის დარგები, საწარმოები და ტექნოლოგიები, რომლებშიც განხორციელებული ინვესტიცია მოუტანს მოგებას.

საკვანძო სიტყვები: სივრცული ეკონომიკა, ინვესტიციები, მათემატიკური მოდელირება, ინვესტიციების მართვა.

Evolutionary Economic Processes and

Investment Policy

Merab Akhobadze -
Professor of GTU

Nino Vardziashvili -
Doctoral student of GTU

Summary

New Economy is the spatial, evolutionary (irreversible) economy. Spatial Economics at dealing interdependent and interactive dynamic economic processes, which are implemented at different time scales. It is difficult to identify and observe these processes as a steady-state, as well as communicating with megasystems. Overall, when the environmental conditions vary considerably, the market mechanisms often are vulnerable to maintain equilibrium of economic system in “old” or “new” conditions.

It should be noted that the space-time-zone characterized by the continuous mathematical principles (differential and integral equations), in many cases is insufficient for intellectual systems - as manufacturing and for control systems of investment policy - as modeling and management. And requires the use of algebraic and topological methods.

The article uses both mathematical principles (continuous and discrete mathematics): the structure of spatial evolutionary economical model is represented by the approach of macrosystem, where the investment flow is formed based on the principle of entropy maximization. Entropy maximization principle gives us a classic idea of the equilibrium of the market, to be transformed as the local market equilibrium principle, which are used interchangeably in the evolutionary process of economic development.

The structure of the spatial economic process is researched based on the method of Q-analysis of Algebraic Topology, which allows the investor to select the fields of production, technology and enterprises in which investment will bring profit.

Keywords: Spatial economy, Investment, Mathematical modeling, Investment management.

* * * * *

თანამედროვე ეკონომიკა — სივრცული, ევოლუციური (შეუქცევადი) ეკონომიკაა. ტრადიციულ ეკონომიკაში ეკონომიკური პროცესის ანალიზი

დაიყვანება წონასწორული მდგომარეობების პოვნაზე. რადგანაც, ტრადიციულ ეკონომიკაში განხილუბაისეთი ეკონომიკური პროცესები, როდესაც გარემო პირობების ცვლილება ეკონომიკურ პროცესზე უმნიშვნელოა. ხოლო როდესაც ასეთი ეკონომიკური სისტემა მცირედ გადაიხრება წონასწორული მდგომარეობიდან, მის მდგრადობას უზრუნველყოფენ საბაზრო მექანიზმები. სივრცული ეკონომიკის დროს კისაქმე გვაქვს ურთიერთდამოკიდებულ და ურთიერთმოქმედ დინამიკურ ეკონომიკურ პროცესებთან, რომლებიც მიმდინარეობენ დროის სხვადასხვა მასშტაბებში. ამ პროცესების აღმოჩენა და მათზე დაკვირვება მეტად ძნელია, როგორც წონასწორულ მდგომარეობაში, ასევე მეგასისტემასთან ურთიერთობისას. ზოგადად, როდესაც გარემო პირობები მნიშვნელოვნად იცვლება, ხშირად საბაზრო მექანიზმები უკვე უძლურები არიან შეინარჩუნონ ეკონომიკური სისტემის წონასწორობა „ძველი“ მდგომარეობის ან „ახლის“ მიმართ.

თავისუფალი კონკურენციის პირობებში ეკონომიკური საქმიანობის რეგულირების ძირითად მექანიზმს წარმოადგენს ბაზარი („ბაზრის“ შესწავლა არის ეკონომიკური მეცნიერების ძირითადი საგანი კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე). ბაზრის პოლიტიკონომიკური კონცეფცია გულისხმობს ეკონომიკური აგენტების რაციონალურ ქცევას, რომელსაც მიყვარათ ბაზრის წონასწორულ მდგომარეობამდე. ამ კონცეფციის რეალიზაცია ხორციელდება სპეციალური საბაზრო რეგულატორებით: ადმინისტრაციული, საგადასახადო, საბიუჯეტო, სამართლებრივი და სხვა. ამ მექანიზმების დანიშნულებაა დაეხმარონ ეკონომიკურ აგენტებს ინდივიდუალური გეგმების კოორდინირებაში და ოპერატიულ საქმიანობაში. იმ მიზნით, რომ ეკონომიკური სისტემა მივიდეს წონასწორულ მდგომარეობამდე.

რეალურ ეკონომიკურ პროცესებს თუ დავაკვირდებით, ზემოთ მოყვანილი ბაზისური კონცეფცია საკმარისი არაა იმ დესტაბილიზაციის, დეზინტეგრაციის და კოორდინაციის დარღვევათა ახსნისათვის, რომლებსაც ხშირად მიყვარათ წონასწორობის მიღმა განვითარებულ ეგზოტიკურ ეკონომიკურ დინამიკამდე. სადაც, უკვე, ზემოთ მოყვანილი საბაზრო რეგულატორები „უსუსურები“ არიან მიიყვანონ ეკონომიკური სისტემა წონასწორულ მდგომარეობამდე.

აქედან გამომდინარე, ცხადია, აუცილებელია ისეთი ზოგადი კონცეფციის შექმნა, რომელიც ახსნის, როგორც ეკონომიკური წონასწორობის წარმოშობის ასევე ეკონომიკური განვითარების, მისი ზრდის მექანიზმებს. ასეთ ზოგად კონცეფციას უწოდებენ „ეკოლუციურ ეკონომიკას“.

ეკონომიკური მეცნიერების ეს მიმართულება შედარებით ახალია და მისი თეორიული ბაზა ახლა ყალიბდება. პრობლემა განპირობებულია იმით, რომ წონასწორული მდგომარეობა და მასთან დაკავშირებული პროცესების ანალიზი და ახსნა იოლია, ვიდრე სხვადასხვა დროით მასშტაბებში მიმდინარე ურთი-

ერთმოქმედი დინამიკური ეკონომიკური პროცესების ანალიზი. რადგანაც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მათი აღმოჩენა და დაკვირვება შეუძლებელია როგორც წონასწორულ მდგომარეობაში, ასევე ეკონომიკური სისტემების ურთიერთქმედებისას მაკროსისტემასთან.

იმ ნაშრომებში [1], რომლებიც ეკოლუციურ ეკონომიკას ეხება, ძირითადად განიხილავენ სამი მოვლენას, რომლებიც მიიჩნევიან საბაზრო წონასწორობის მადესტაბილიზებელ ფაქტორებად: ინოვაციური (1) ქმედება ეკონომიკური სუბიექტის ის ფაქტორია, რომელიც წარმოადგენს ეკონომიკის განვითარების მიზეზს და წყაროს. ეს ის ფაქტორია, რომელიც უწყვეტად აგზავნის იმპულსებს და უბიძგებს ეკონომიკას შეჯიბრებადობისაკენ, რესტრუქტურიზაციისაკენ. აქედან გამომდინარე ეკოლუციური ეკონომიკის ძირითადი კვლევის საგანია - „როგორ იბადება ინოვაცია“, ანუ: პირადი შემოქმედებითი პრობლემატიკა, ახალი ტექნიკის ტექნოლოგიების, ობიექტების გაჩენა, პროდუქციის ხარისხის და თვისებების ცვლილება და სხვა.

საბაზრო არეში ინოვაციური ქმედებების და შეჯიბრებადობის გავრცობა, დიფუზიის საშუალებით, ეკონომიკურ სისტემაში წარმოქმნიან მაკროეფექტებს, რომლებიც აიძულებენ ეკონომიკურ სისტემას გადავიდეს ახალ წონასწორულ მდგომარეობაში, რაც დაკავშირებულია სტრუქტურულ ცვლილებებთან. სტრუქტურის ყოველი უმნიშვნელო ცვლილება კი სისტემაში ინვევს გარკვეულ დინამიკურ პროცესებს, ახალი მახასიათებლების გაჩენას, რაც მოითხოვს მათ შესწავლას სპეციალური მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით.

ეკონომიკურ სისტემას გააჩნია **თვით ორგანიზაციის (2)** ელემენტები. ესაა მისი უნარი დაბადოს ახალი დინამიკური რეჟიმები, როდესაც სისტემა ერთი წონასწორული მდგომარეობიდან გადადის მეორეში. ეკონომიკური სისტემის ეს თვისება რელიზდება საბაზრო და სახელმწიფო რეგულატორების საშუალებით, რომლებიც ხელს უწყობენ იმ სიახლეებს, რომლებიც აიძულებენ სისტემას გადავიდეს ახალ სტაციონალურ მდგომარეობაში. ხელს უწყობენ ამ სიახლეების დანერგვას და ამკვიდრებს სიახლეთა ახალ ფორმებს და სტრუქტურებს. ამ დროს ჩნდება ახალი დინამიკა მაკოორდინირებული და დემაკოორდინირებული პროცესებით. არამდგრადი შუალედური წონასწორობებით და ფაზური გადასვლებით.

შემდეგი მოვლენა, რომელიც ინვევს საბაზრო წონასწორობის დესტაბილიზაციას დაკავშირებულია ეკონომიკური სისტემის **ურთიერთქმედებასთან (3)** სხვა სისტემებთან. ისეთ სისტემებთან, რომლებსაც განსხვავებული ფუნქციური დანიშნულება აქვს, ვიდრე ეკონომიკურ სისტემას. მაგალითად, როგორებიცაა: პოლიტიკური, ბუნებრივი და სხვა.

ზემოთ მოყვანილი მოვლენების, ფაქტორების, საერთო და მნიშვნელოვანი განსაკუთრებულობებია: სივრცული განაწილება. თითოეულ მათგანში ისეთი შიგა პროცესების არსებობა, რომლებსაც გააჩნიათ

სხვადასხვა დროითი მახასიათებლები, რელაქსაციები.

ეკონომიკის განვითარებას თანსდევს ეკონომიკური საქმიანობის დივერსიფიკაცია (მრავალფეროვნება), მასში მიმდინარე პროცესების დინამიკურობა და მონაწილეთა რაოდენობის ზრდა. ყოველივე ეს პრობლემებს უქმნის ინვესტორებს, ეკონომიკურ აგენტებს, რომ ამ დროს მათი ქცევა იყოს რაციონალური. ეს განპირობებულია იმით, რომ გადაწყვეტილების მიღების მომენტი და ამ გადაწყვეტილების შედეგად მიღებული მოგების დრო საკმაოდ დაშორებულია არიან ერთმანეთისაგან. ამ დროს ყოველთვის არსებობს რისკი იმისა, რომ დაგეგმილი მოგება მიუღწეველი იქნება (თუ მწარმოებლის რეაქცია მოგებაზე ცალსახაა — რაც შეიძლება „მეტი“, მისი რეაქცია რისკზე არაერთგვაროვანია. ის დამოკიდებულია მწარმოებლის თვისებებზე, ზოგადად ეკონომიკურ აგენტზე). რისკი, შეიძლება ითქვას, ესაა კრებითი ცნება, რადგანაც ის ერთდროულად მოიცავს, როგორც რაოდენობრივ ასევე ხარისხობრივ, თვისებრივ მაჩვენებლებს — რომელთაგანაა შემოქმედებულია (მაგალითად ფორს — მაჟორული სიტუაცია).

შეიძლება ითქვას, რომ გადაწყვეტილების ალტერნატივები ხასიათდებიან ორი „სარგებლიანობის ფუნქციით“: მოგების და რისკის. სარგებლიანობის ფუნქციის არა ერთმნიშვნელოვანობა წარმოადგენს ეკონომიკური აგენტის ქცევის პრინციპიულ პრობლემას.

ინვესტორების ინოვაციური საქმიანობა ხშირად მიზეზია წონასწორული ბაზრის შერყევისა და წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრისა. ზოგადად, საბაზრო ფასების ბალანსირების პროცესი ხორციელდება საკმაოდ სწრაფად („სწრაფი“ დროის სკალა) ინოვაციური და სხვა ეკონომიკურ პროცესებთან შედარებით („ნელი“ დროის სკალა).

სივრცული ევოლუციური ეკონომიკის შესწავლისა და მართვისათვის აუცილებელია შესაბამისი მათემატიკური მოდელების შექმნა, რომლებიც სტრუქტურულად წარმოადგენენ განსაზღვრულ სივრცულ არეებში ლოკალიზებულ ურთიერთმოქმედ ეკონომიკების მოდელების ერთობლიობებს.

აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ სივრცე-დროითი არესათვის და მახასიათებელი უწყვეტი მათემატიკის პრინციპები (დიფერენციალური და ინტეგრალური განტოლებები), ხშირ შემთხვევაში არასაკმარისია ინტელექტუალური სისტემების — წარმოების და საინვესტიციო პოლიტიკის მართვის სისტემების — მოდელირებისა და მართვისათვის. და მოითხოვს ალგებრული და ტოპოლოგიური მეთოდების გამოყენებას.

აღნიშნული მომართულებით შესრულებულ ჩვენს ნაშრომებში მათემატიკის ორივე პრინციპია (უწყვეტი და დისკრეტული მათემატიკა) გამოყენებული: სივრცული ევოლუციური ეკონომიკის მოდელის სტრუქტურა აიგება მაკროსისტემურ მიდგომაზე, სადაც ინვესტიციების ნაკადის ფორმირება ხდება ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის საფუძველზე.

ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპი საშუალებას გვაძლევს კლასიკური იდეა — წონასწორული ბაზრისა, ტრანსფორმირებული იქნას ლოკალურ საბაზრო წონასწორობათა პრინციპად, რომლებიც ერთმანეთს ენაცვლებიან ძირითადი ევოლუციური ეკონომიკური პროცესის განვითარებისას.

ეს საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ საწყისი, საბაზისო მონაცემების სივრცეში ის არეები, რომლებიც განაპირობებენ საინვესტიციო პოლიტიკის „თვისობრივ მახასიათებლებს“. შემდეგ, ინვესტორის მიერ მოპოვებული ინფორმაციის რაოდენობრივი მახასიათებელი (ენტროპია) ფასდება იმ საბაზისო ინფორმაციის კლასებთან მიმართებაში, რომელიც მიეცემა ინვესტორს მაკროსისტემური მიდგომის შედეგად. რაც საშუალებას აძლევს ინვესტორს შეამციროს რისკი ახალი ინფორმაციის შეფასების საფუძველზე.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ინვესტორების, ეკონომიკური აგენტების ინოვაციური საქმიანობა ხშირად მიზეზია წონასწორული ბაზრის შერყევის, წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრისა. ამასთანავე, საბაზრო ფასების ბალანსირების პროცესი ხორციელდება საკმაოდ სწრაფად ინოვაციური და სხვა ეკონომიკურ პროცესებთან შედარებით. შემოვიტანოთ „სწრაფი“ დროის სკალა, და „ნელი“ დროის სკალა τ .

განვიხილოთ ფასწარმოქმნის უმარტივესი მოდელი ერთგვროვანი ეკონომიკისათვის [2]. ამ მოდელის

არსი ისაა, რომ საბაზრო ფასის $p(\varepsilon)$ ფარდობითი ცვლილება პროპორციულია ჭარბი მოთხოვნის ფარდობითი ცვლილებისა. $\Delta = F(p, B) - Y(p, c).F(p, B)$

— მოთხოვნაა, $Y(p, c)$ მიწოდება. ამასთანავე ვთვლით, რომ მომხმარებლის ბიუჯეტი B , ნედლეულის

შესყიდვის ფასი C და სხვა ის ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებენ ჭარბ მოთხოვნაზე, მუდმივი რჩებიან საბაზრო ფასის რელაქსაციის დროის განმავლობაში. მაგრამ შეიძლება შეიცვალოს „ნელი“ დროის - სკალის მიხედვით. აქედან გამომდინარე ჭარბი მოთხოვნის ფუნქცია დამოკიდებულია „ნელ“

დროზე τ , ანუ $\Delta = \Delta(p(\varepsilon), \tau)$.

ერთგვაროვანი (ერთპროდუქტიანი) ეკონომიკისათვის საბაზრო ფასისათვის ვლებულობთ შემდეგ დიფერენციალურ განტოლებას, „სწრაფი“ დროის სკალაზე ε

$$\frac{dp(\varepsilon)}{d\varepsilon} = k \frac{F(p(\varepsilon), \tau) - Y(p(\varepsilon), \tau)}{Y(p(\varepsilon), \tau)}$$

სადაც: k პარამეტრია, რომლის განზომილებაა $1/\text{დროის ერთეული}$;

$F(p(\varepsilon), \tau)$ - მოთხოვნა ნატურალურ ერთეულებში;

$Y(p(\varepsilon), \tau)$ - მიწოდება ნატურალურ ერთეულებში.

(რადგანაც (1) განტოლების მარჯვენა ნაწილში τ -დრო წარმოადგენს პარამეტრს, მიზან შენონილიაციხმართ არა “წონასწორული” ფასი, არამედ „კვაზი წონასწორული“ ფასი).

(1) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ ასეთი კვაზიწონასწორული ფასი არის, რომელიც წარმოადგენს შემდეგი განტოლების ამონახსნს:

$$\Delta(p, \tau) = 0 \quad (2)$$

მონოგრაფია [2]-ში მოცემული მეთოდის შესაბამისად ვაჩვენოთ ინოვაციის როლი საბაზრო ფასის განსაზღვრაში.

განვიხილოთ გამარტივებული სიტუაცია: საქონელ საწარმოებს ეკონომიკა, რომელიც მოიხმარს მხოლოდ ერთ რესურსს—ერთგვაროვან სამუშაო ძალას, მაგრამ იყენებს სხვადასხვა ტექნოლოგიებს.

ტექნოლოგიების რაოდენობრივ მახასიათებლად ავიღოთ $\lambda(\tau)$ დანახარჯები მუშახელზე, რომელიც საჭიროა ერთეულოვანი პროდუქციის გამოსაშვებად.

დავუშვათ, გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიები

$$\lambda_{\min}(\tau) \leq \lambda(\tau) \leq \lambda_{\max}(\tau) > 0$$

$\lambda_{\min}(\tau)$ - ესაა “საუკეთესო” ტექნოლოგია τ დროის მომენტისათვის.

ტექნოლოგიური დონე $h(\tau)$ ამ შემთხვევაში განისაზღვრება შემდეგი სახით:

$$h(\tau) = \frac{1}{\lambda(\tau)}$$

შესაბამისად მაქსიმალური დონე

$$h_{\max}(\tau) = \frac{1}{\lambda_{\min}(\tau)}$$

შესაბამისი ეკონომიკის მდგომარეობა დროის τ მომენტისათვის დავახასიათოთ წარმოების სიმძლავრეების განაწილებით ტექნოლოგიების მიხედვით $g(\lambda(\tau), \tau)$ ან ტექნოლოგიების დონეთა მიხედვით $(h(\tau), \tau)$.

ჯამური საწარმოო სიმძლავრე $M(\tau)$ განისაზ-

ღვრება შემდეგი სახით

$$M(\tau) = \int_{\lambda(\tau)}^{\lambda_{\max}(\tau)} g(\lambda, \tau) d\lambda = \int_{h_{\min}(\tau)}^{h_{\max}(\tau)} w(h, \tau) dh$$

განვიხილოთ დროითი ინტერვალი $\tau \geq t \geq 0$ და ამ ინტერვალზე ტექნოლოგიური დონის $h_{\max}(\tau)$ -ის ცვლილება. ეს ცვლილებები შეიძლება განხორციელდეს ორი პროცესის ზემოქმედებით. ესაა: ცვეთა, რაც იწვევს $h_{\max}(\tau)$ - შემცირებას. მეორე —ესაა ტექნოლოგიური პარკის განახლება, რაც იწვევს $h_{\max}(\tau)$ - ზრდას.

ქვემოთ განვიხილოთ საინვესტიციო პოლიტიკის ზოგიერთი სტრატეგიები: როდესაც: 1. რეგიონში ინარმოება ერთგვაროვანი პროდუქტი. ამასთან, წარმოებაში ხორციელდება ინვესტიციები მხოლოდ-გარედან.

2. რეგიონში ინარმოება სხვადასხვა დასახელების პროდუქტია. შემოვიტანოთ შემდეგი აღნიშვნები:

I_T - ტექნოლოგიური დანადგარების ცვეთის ინტენსიობა.

$I_T(\tau)$ - ინვესტიციები (ნატურალურ გამოსახულებაში), რომელიც მიემართება ტექნოლოგიური დონის გაზრდისაკენ.

μ —ინვესტიციების გამოყენების ეფექტურობა.

ზემოთ მიღებული პირობებისა და დაშვებებისათვის ტექნოლოგიური დონის მაქსიმალური მნიშვნელობის ზრდისათვის $\tau \geq t$ კავშირება

$$\frac{dh_{\max}(\tau)}{d\tau} = -\nu h_{\max}(\tau) + \mu I_T(\tau), h_{\max}^0 = h_{\max}(t)$$

თუ დროის $\tau \geq t$ ინტერვალში $I_T(t)$ მუდმივაა. ამ განტოლების ამონახსნია

$$h_{\max}(\tau) = \frac{\mu I_T(t)}{\nu} (1 - \exp\{-\nu(\tau - t)\}) + h_{\max}(t) \exp\{-\nu(\tau - t)\}$$

“საუკეთესო” ტექნოლოგია განისაზღვრება გამოსახულებით

$$\lambda_{\min}(\tau) = \left(\frac{\mu I_T(t)}{\nu} (1 - \exp\{-\nu(\tau - t)\}) + h_{\max}(t) \exp\{-\nu(\tau - t)\} \right)^{-1}$$

საბაზრო ეკონომიკის პირობებში მხოლოდ ის წარმოებები მუშაობენ, რომლებიც რენტაბელურები არიან. ყველაზე მარტივ შემთხვევაში, ანუ თუ გავითვალისწინებთ მხოლოდ “ადამიანურ” დანახარჯებს, რენტაბელობის პირობა ჩაინერება შემდეგი სახით

$$P(\tau) - \lambda(\tau)S(\tau) \geq 0 \quad (9)$$

აქ: $S(\tau)$ — სახელფასო დანახარჯებია.

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც რეგიონში ინარმოება სხვადასხვა დასახელების პროდუქცია, ნაშრომში [4] განხილულია საინვესტიციო ობიექტებში ინვესტიციის სიდიდის გამოსათვლელი დიფერენციალური განტოლება. ვთქვათ, განსახილველ რეგიონში (სისტემაში) ფუნქციონირებს M ურთიერთდაკავშირებული საინვესტიციო ობიექტი (ქვესისტემა). $I_m(t)$ — თი აღვნიშნოთ ინვესტიციების სიდიდე, რომელიც დროის t მომენტში იდება m საინვესტიციო ობიექტში. განვიხილავთ შემთხვევას, როცა რეგიონი ღიაა ინვესტიციების მიმართ. რეგიონის გარე არე ჩავთვალოთ 0 ნომრის მქონე საინვესტიციო

ობიექტად. $x_{sm}(t)$ — თი აღვნიშნოთ ინვესტიციის სიდიდე, რომელიც დროის t მომენტში s საინვესტიციო ობიექტიდან იდება m საინვესტიციო ობიექტში, მაშინ თითოეულ საინვესტიციო ობიექტში ინვესტიციის სიდიდის გამოსათვლელად გვექნება დიფერენციალურ განტოლებათა შემდეგი სისტემა [3]:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = \alpha_m \cdot I_m(t) + \gamma \cdot \left(\sum_{s=0}^M x_{sm}(t) - \sum_{s=0}^M x_{ms}(t) \right), \quad m \in \overline{[1; M]} \quad (10)$$

სადაც α_m — ორი ცვლადის ფუნქციაა, რომელიც ზრდადია პირველი ცვლადის (შემოსავლების) მიმართ და კლებადი მეორე ცვლადის (დანახარჯები,

ამორტიზაცია) მიმართ. აღნიშნავს რეგიონის მახასიათებელ პარამეტრს. პარამეტრის მნიშვნელობა დამოკიდებულია სისტემის სტრუქტურაზე და განისაზღვრება საინვესტიციო ობიექტების ურთიერთ-

კავშირებით. განვიხილავთ შემთხვევას, როცა საინვესტიციო ობიექტიდან განხორციელებული ჯამური ინვესტიცია პროპორციულია $I_m(t)$ — სი და s

საინვესტიციო ობიექტისთვის საინვესტიციო ობიექტის მიმზიდველობის ფუნქცია $v_{sm}(t)$ არის ლოგისტიკური ფუნქცია:

$$\sum_{s=0}^M x_{sm}(t) = h_m \cdot I_m(t) \quad m \in \overline{[1; M]} \quad (11)$$

$$v_{sm}(t) = \delta_{sm} \cdot I_m(t) \cdot (V_m - I_m(t)), \quad s, m \in \overline{[1; M]} \quad (12)$$

სადაც δ_{sm} არის s საინვესტიციო ობიექტისთვის m საინვესტიციო ობიექტის მიმზიდველობის მახასიათებელი პარამეტრი.

ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის თანახმად უალბათესია $x_{sm}(t)$ სიდიდეების ის მნიშვნელობები,

რომლისთვისაც სრულდება (2) პირობა და რომლისთვისაც ფუნქცია

$$S(t) = \sum_{s=0}^M \sum_{m=0}^M x_{sm}(t) \cdot h \cdot \frac{x_{sm}(t)}{v_{sm}(t)} \quad (13)$$

აღწევს მაქსიმუმს [5].

$x_{sm}(t)$ სიდიდეების ის მნიშვნელობები, რომლებიც აკმაყოფილებენ (2) პირობას და რომელზედაც $S(t)$ ფუნქცია აღწევს მაქსიმუმს, მოიცემა ფორმულით [5]:

$$x_{sm}(t) = \frac{v_{sm}(t) \cdot h_s}{\sum_{k=0}^M v_{sk}(t)} \cdot I_s(t) \quad (14)$$

თუ $x_{sm}(t)$ სიდიდეების მიღებულ მნიშვნელობებს შევითავსებთ დიფერენციალური განტოლებების (1) სისტემაში და გავითვალისწინებთ (2) და (3) პირობებს, მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებათა ცხად სისტემას $I_m(t)$ ცვლადების მიმართ:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = (\alpha_m - \gamma \cdot h_m) \cdot I_m(t) + \gamma \cdot \sum_{s=0}^M \frac{\delta_{sm} \cdot I_m(t) \cdot (V_m - I_m(t))}{\sum_{k=0}^M \delta_{sk} \cdot I_k(t) \cdot (V_k - I_k(t))} \cdot h_s \cdot I_s(t), \quad m \in \overline{[1; M]} \quad (15)$$

დიფერენციალურ განტოლებათა (6) სისტემის ამონახსნი (საზოგადოდ, ამონახსნის ჩანერა ცხადი სახით ჩვენ არ შეგვიძლია). საშუალებას გვაძლევს ვიცოდეთ ყოველ საწარმოში ჩადებული ინვესტიციების უალბათესი მნიშვნელობები დროის მომენტისათვის.

დიფერენციალური განტოლებების (15) სისტემას ზღვრული ციკლები არ გააჩნია და მისი ამონახსნები მიისწრაფიან მუდმივი ამონახსნებისაკენ - წონასწორობის მდგომარეობისაკენ [5]. თუ (6) ტოლობების მარჯვენა მხარეებს გაფუტოლებით 0-ს და ამოვხსნით მიღებულ განტოლებათა სისტემას, ამით ვიპოვით რეგიონში არსებულ წონასწორობის მდგომარეობების შესაძლო მნიშვნელობებს. საზოგადოდ, მიღებულ განტოლებათა სისტემას, ექნება რამდენიმე (ერთი, ან მეტი) არაუარყოფითი ამონახსნი. შესაბამისად, რეგიონში გვექნება რამდენიმე წონასწორობის მდგომარეობა.

აღნიშნული მოდელი საშუალებას იძლევა ვუპასუხოთ კითხვებს: 1. თუ პარამეტრების რომელიმე მნიშვნელობებისათვის სისტემას-(15), აქვს წონასწორობის ერთზე მეტი მდგომარეობა, რომელში აღმოჩნდება ის. 2. პარამეტრების „უმნიშვნელო“ ცვლილებამ რა დროს შეიძლება გამოიწვიოს სისტემის მდგომარეობის „მკვეთრი“ ცვლილება, რაც მჭიდრო კავშირშია საინვესტიციო პოლიტიკასთან. განტოლება (15) ამონახსნების შეტანით (7) და (8) განტოლებებში მი-

ვიღებთ $\tilde{I}(T)$ „სუკეთესო“ ტექნოლოგიების მნიშვნელობებს.

$\lambda(T)$ — ესაა ჯამური დანახარჯები ახალი ტექნოლოგიების დანერგვისთვის.

ახლა დავუშვათ, შედგენილია საწარმოთა გადაიარაღების, ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის ნუსხა, ანუ, ცნობილია λ_{min} და λ_{max} .

ვთქვათ, a_{ij} გვიჩვენებს i -ური დარგის პროდუქტის ნილს j -ური დარგის ერთეული პროდუქტის წარმოებაში. თუ $a_{ij} < \delta$ (δ წინასწარ დასახელებული რიცხვია, δ -ს არჩევა დამოკიდებულია კონკრეტულ ამოცანაზე), მაშინ ლეონტიევის ტექნოლოგიური მატრიცის შესაბამისი წევრი ჩავთვალოთ 0-ის ტოლად, ანუ განვიხილოთ ნაკვეთილი ლეონტიევის ტექნოლოგიური მატრიცა $L = (l_{ij})$ [3]:

$$l_{ij} = \begin{cases} a_{ij}, & \text{თუ } a_{ij} \geq \delta \\ 0, & \text{თუ } a_{ij} < \delta \end{cases} \quad (16)$$

განვიხილოთ ამ მატრიცის შესაბამისი ინციდენტურობის მატრიცა, რომელიც მოიცავს შემდეგინესით [4]:

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{თუ } l_{ij} > 0 \\ 0, & \text{თუ } l_{ij} = 0 \end{cases} \quad (17)$$

ვთქვათ, $K_A(x, x)$ არის შესაბამისი სიმპლური ციკლური კომპლექსი. სიმპლექსია, რომლის წევრობაა ის J -ური დარგები, რომლებიც მოხმარებენ I -ური დარგის პროდუქტს (კვეთის გათვალისწინებით). K აღნიშნავს $K_A(x, x)$ კომპლექსის განზომილებას [4,5].

ყოველი $q \in \overline{0, k}$ -თვის იმ P_i სიმპლექსთა სიმრავლე, რომელთა განზომილება მეტია, ან ტოლია q -ზე, იყოფა ექვივალენტურობის კლასებად (ორი სიმპლექსი ეკუთვნის ერთსა და იმავე ექვივალენტურობის კლასს, თუ ისინი არიან q ბმულნი ყოველი q -თვის). Q აღნიშნავს q -ბმულობის მიმართების ექვივალენტურობის კლასების რაოდენობას.

$Q = (Q_0, Q_1, \dots, Q_k)$; ესაა კომპლექსის სტრუქტურის ვექტორი [5,6].

დაუშვათ, q არის ჯმცირესი რიცხვი, რომლისთვისაც $Q_q > 1$. $A_1, A_2, \dots, A_q$ აღნიშნავდეს q -ბმულობის მიმართების ექვივალენტურობის კლასებს. ყოველი ექვივალენტობის კლასისათვის შევადგინოთ ჯამი:

$$S_i = \sum_{p \in A_i} \sum_{j=1}^N a_{sj}$$

($\sum_{j=1}^N a_{sj}$ შეიძლება შევაფასოთ როგორც $p \in A_i$ სიმპლექსის (დარგის) “წონა” კომპლექსში, ხოლო S_i კი i -ური ექვივალენტობის კლასის “წონა”).

ვთქვათ, არსებობს ერთადერთი ისეთი, რომ $S_m = \max_{1 \leq i \leq q} \{S_i\}$. A_m ექვივალენტობის კლასში შემავალი სიმპლექსები დავალაგოთ “წონების”

კლების მიხედვით: თუ P_{i_1} და P_{i_2} არიან A_m ექვივალენტობის კლასის სიმპლექსები, მაშინ P_{i_1} დაწვრილ P_{i_2} -ზე წინ მხოლოდ მაშინ, თუ

$$\sum_{j=1}^N a_{i_1 j} \geq \sum_{j=1}^N a_{i_2 j}$$

ეს საშუალებას მოგვცემს უპირატესობა მივანიჭოთ იმ ტექნოლოგიებს, რომლებიც მოგვცემენ ყველაზე დიდ ეფექტს — გააუმჯობესებს ექვივალენტობის კლასის სიმპლექსების რანჟირებული სიის სათავეში მდგარ სიმპლექსების (დარგების) მდგომარეობას.

იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს ისეთი ორი (ან მეტი) A_m და A_n ექვივალენტობის კლასი, რომ

$$S_m = S_n = \max_{1 \leq i \leq q} \{S_i\},$$

მაშინ მათგან ავირჩიოთ ის კლასი, რომლის პირველი ელემენტის წონა უდიდესია A_m და A_n ექვივალენტობის კლასების პირველი ელემენტების წონებს შორის; თუ პირველ ადგილზე მდგომი ელემენტების წონა ერთმანეთს ემთხვევა, მაშინ ვადარებთ მეორე ადგილზე მდგომი ელემენტების წონას და ა.შ.

აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით ინვესტორს, საშუალება აქვს შეარჩიოს წარმოების ის დარგი (დარგები), ის საწარმო (საწარმოები) და ის ტექნოლოგია (ტექნოლოგიები), რომლებიც განხორციელებული ინვესტიცია მოუტანს მას მოგებას.

ახლა დავუშვათ სახელმწიფო აწარმოებს N დასახელების პროდუქტს. დაუშვათ, თითოეული j დასახელების საქონლის ღირებულებაა P_j . ამ პროდუქტის რეალიზაცია დროის ერთეულში (მაგალითად წელიწადში) შეადგენს შესაბამისად $n_1, n_2, \dots, n_N$. პროდუქციის არსებული განაწილების ენტროპია განისაზღვრება შემდეგი სახით

$$S = - \sum_i f_i \log_N f_i$$

სადაც

$$f = \frac{n_i \cdot P_i}{\sum_k n_k P_k}$$

ოქროს პროპორციის თანახმად, თუ $S > 0.62$ ნიშნავს იმას, რომ ბაზარზე არის საქონლის “ჭარბი ასორტიმენტი”. თუ, მაშინ გვაქვს “პროდუქციის ნაკლებობა”. საბიუჯეტო ხარჯების ოპტიმიზაციისათვის შესაძლებელია ჩავატაროთ ასეთი პროცედურა. დაუშვათ, განსაზღვრულია ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა $G(g_1, g_2, \dots, g_g)$, რაც მოითხოვს ჯამურ დანახარჯებს შესაბამისად $F(F_{G1}, F_{G2}, \dots)$ თუ სახელმწიფოს არ შეუძლია დაგეგმილი ტექნოლოგიის სრულად განხორციელება, მაშინ უნდა დაინერგოს ის ტექნოლოგიები, რომლის შედეგად მოხდება იმ პროდუქტებზე ფასების დაკლება, რომლის დროსაც ენტროპიის სიდიდე (18) გაუტოლდება 0.62. ასეთი პროდუქტების ამორჩევა კი შესაძლებელია განხორციელდეს ზემოთაღნიშნული ალგებრული ტოპოლოგი-

ის Q-ანალიზის მეთოდის გამოყენებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Chumpeter J. A. The Theory of Economic Development. Harward University Press, Cambridge, Mass, 1934.
2. Моришима М., Равновесие, устойчивость, рост. Наука 1972.
3. Петров А. А., Поспелов И. Г., Шапонин А. А., Опыт математического моделирование экономики. М. 1996.
4. Эйдельман М. Р. Межотраслевой баланс общественного продукта (Теория и практика его составления). — М.: Статистика, 1966.
5. მერაბ ახოზაძე, ელგუჯა კურცხალია. სივრცული ეკონომიკური პროცესების სტრუქტურული ანალიზი საინვესტიციო რისკების პრევენციისათვის. აკადემიკოს ივერი ფრანგიშვილის დაბადების 85 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“. შრომები, საქართველო, თბილისი, 3-5 ნოემბერი, 2015 წელი.
6. მ. ახოზაძე, მაკროსისტემების მათემატიკური მოდელირებისა და მართვის საკითხები. მონოგრაფია. თბილისი 1997.
7. R. H. Atkin. From Cohomology in Phizics to q-covectivingiin Social Science. int. man-Manchine studies, 4, 1972.
8. R. H. Atkin Mathematikal structure in Human af-fairs, heinemann Educational Books LTD. London, 1974.
9. Попков А. Ю. Энтропийная модель инвестиционного портфеля “Автоматики и Телемеханика”. 2006. №9.