

სივრცული ეკონომიკური ეკონომიკური პროცესების ფენომენოლოგია და საინვესტიციო პოლიტიკა

მერაბ ახოვაძე, პროფესორი,
ბაჩუკი მესაბლიშვილი, პროფესორი,
ელგუჯა კურტხალია, დოქტორანტი

რეზიუმე

თანამედროვე ეკონომიკა — სივრცული ეკონომიკაა. სივრცული ეკონომიკის ქვეშ იგულისხმება რეგიონი, რომლის რაიონებს შორის ხდება საქონლის, პროდუქციის, ინვესტიციების ურთიერთგაცვლა. ვგულისხმობთ, რომ გარკვეული სახის პროდუქციის წარმოება დამოკიდებულია განსახილველ რეგიონში შემავალი რაიონების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. ინვესტიციები გაიგება, როგორც ნაკადური ცვლადი, ანუ ინვესტიციების მოცულობა დროის ერთეულში.

ნაშრომში ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის საფუძველზე განხილულია სივრცული ეკონომიკური პროცესის მათემატიკური მოდელირების საკითხები, რომლებიც სტრუქტურულად წარმოადგენენ განსაზღვრულ სივრცულ არეებში ლოკალიზებულ ურთიერთმოქმედ ეკონომიკების მოდელის ერთობლიობებს. ეს საშუალებას გვაძლევს კლასიკური იდეა-წონასწორული ბაზრისა, ტრანსფორმირებული იქნას ლოკალურ საბაზრო წონასწორობათა პრინციპად, რომლებიც ერთმანეთს ენაცვლებიან ძირითადი ევოლუციური ეკონომიკური პროცესის განვითარებისას.

საკვანძო სიტყვები: სივრცული ეკონომიკა. მათემატიკური მოდელირება. ინვესტიციები. მდგრადობა.

Mathematical modeling and Phenomenology of Evolutionary Spatial Economic Processes

Merab Akhobadze - PProfessor
Elguja Kurtskhalia – PhD student
Bachuki Mesablshvili - PProfessor

Summary

The modern economy represents the spatial economy. Spatial economy means the region allocating the goods, products, investments exchange. It's considered, that certain types of production depend on the region's economic indicators. Investments are considered as flow variables i.e. amount of investments in time unit.

The article indicates the issues of mathematical modeling for spatial economic process based on the entropy maximization principles that are structurally defined as set of integrating economic models localized in the area.

It makes available to transform balanced market classical idea into principles of local market balances that are alternating within the evolutionary process of economic development.

Key words: Spatial Economics. Mathematical modeling. Investments. Sustainability.

თანამედროვე ეკონომიკა — სივრცული ეკონომიკაა. სივრცული ეკონომიკის დროს გვაქვს ურთიერთდამოკიდებული და ურთიერთმოქმედი დინამიკური ეკონომიკური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ დროის სხვადასხვა მასშტაბებში. ამ პროცესების აღმოჩენა და მათზე დაკვირვება შეუძლებელია როგორც წონასწორულ მდგომარეობაში, ასევე მეგასისტემასთან ურთიერთობისას. როდესაც გარემო პირობები მნიშვნელოვნად იცვლება, ხშირად ტრადიციული საბაზრო მექანიზმები უძლებს არიან შეინარჩუნონ ეკონომიკური სისტემის წონასწორობა „ძველი“ მდგომარეობის ან „ახლის“ მიმართ. სივრცული ევოლუციური ეკონომიკის შესწავლისა და მართვისათვის აუცილებელია შესაბამისი მათემატიკური მოდელების შექმნა, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს შევიშუაოთ ოპტიმალური, მდგრადი საინვესტიციო პოლიტიკა.

თანამედროვე ეკონომიკა — სივრცული ეკონომიკაა. სივრცული ეკონომიკური სისტემის ქვეშ იგულისხმება რეგიონი, რომლის რაიონებს შორის ხდება საქონლის, პროდუქციის, ინვესტიციების ურთიერთგაცვლა. ამასთანავე ვგულისხმობთ, რომ გარკვეული სახის პროდუქციის წარმოება დამოკიდებულია განსახილველ რეგიონში შემავალი რაიონების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. ინვესტიციები გაიგება, როგორც ნაკადური ცვლადი, ანუ ინვესტიციების მოცულობა დროის ერთეულში.

ტრადიციულ ეკონომიკაში ეკონომიკური პროცესის ანალიზი დაიყვანება წონასწორული მდგომარეობების პოვნაზე. როდესაც ეკონომიკური სისტემა მცირედ გადაიხრება წონასწორული მდგომარეობიდან, მის მდგრადობას უზრუნველყოფენ საბაზრო მექანიზმები. სივრცული ეკონომიკის დროს კი გვაქვს ურთიერთდამოკიდებული და ურთიერთმოქმედი დინამიკური ეკონომიკური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ დროის სხვადასხვა მასშტაბებში. ამ პროცესების აღმოჩენა და მათზე დაკვირვება შეუძლებელია როგორც წონასწორულ მდგომარეობაში,

ასევე მეგასისტემასთან ურთიერთობისას. როდესაც გარემო პირობები მნიშვნელოვნად იცვლება, ხშირად საბაზრო მექანიზმები უძლურები არიან შეინარჩუნონ ეკონომიკური სისტემის წონასწორობა „„ძველი““ მდგომარეობის ან „ახლის““ მიმართ. სივრცული ევოლუციური ეკონომიკის შესწავლისა და მართვისათვის აუცილებელია შესაბამისი მათემატიკური მოდელების შექმნა, რომლებიც სტრუქტურულად წარმოადგენენ განსაზღვრულ სივრცულ არეებში ლოკალიზებულ ურთიერთმოქმედ ეკონომიკების მოდელების ერთობლიობებს.

თავისუფალი კონკურენციის პირობებში ეკონომიკური საქმიანობის რეგულირების ძირითად მექანიზმს წარმოადგენს ბაზარი. აქედან გამომდინარე „ბაზრის“ შესწავლა არის ეკონომიკური მექანიზმების ძირითადი საგანი კაცობრიობის ისტორიის მთელ მანძილზე. ბაზრის პოლიტეკონომიკური კონცეფცია გულისხმობს ეკონომიკური აგენტების რაციონალურ ქცევას, რომელსაც მივყავართ ბაზრის წონასწორობის 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 წონასწორობის მდგომარეობამდე.

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

ეკონომიკური მექანიზმების ეს მიმართულება შედარებით ახალია და მისი თეორიული ბაზა ახლა ყალიბდება. პრობლემა განპირობებულია იმით, რომ წონასწორობის მდგომარეობა და მასთან დაკავშირებული პროცესების ანალიზი და ახსნა იოლია, ვიდრე სხვადასხვა დროით მასშტაბებში მიმდინარე ურთიერთმოქმედი დინამიკური ეკონომიკური პროცესებისა, რომელთა აღმოჩენა და დაკვირვება შეუძლებელია როგორც წონასწორობის მდგომარეობაში, ასევე ეკონომიკური სისტემების ურთიერთქმედებისას მაკროსისტემასთან. იმ ნაშრომებში, რომლებიც ევოლუციურ ეკონომიკას ეხება, ძირითადად განიხილავენ სამ მოვლენას, რომლებიც მიიჩნევიან საბაზრო წონასწორობის მადესტაბილიზებელ ფაქტორებად.

ნასწორობის მადესტაბილიზებელ ფაქტორებად.

ინოვაციური ქმედება ეკონომიკური სუბიექტის ის ფაქტორია, რომელიც წარმოადგენს ეკონომიკის განვითარების მიზეზს A და წყაროს. ეს ის ფაქტორია, რომელიც უწყვეტად აგზავნის იმპულსებს და უბიძგებს ეკონომიკას შეჯიბრებადობისაკენ, რესტრუქტურიზაციისაკენ. აქედან გამომდინარე ევოლუციური ეკონომიკის ძირითადი კვლევის საგანია-როგორ იბადება ინოვაცია, ანუ: პირადი შემოქმედებითი პრობლემატიკა, ახალი ტექნიკის ტექნოლოგიების გაჩენა, პროდუქციის ხარისხის და თვისებების ცვლილება, ახალი ობიექტების გაჩენა და სხვა. საბაზრო არეში ინოვაციური ქმედებების და შეჯიბრებადობის გავრცობა დიფუზიის საშუალებით, ეკონომიკურ სისტემაში წარმოქმნიან მაკროეფექტებს, რომლებიც აიძულებენ ეკონომიკურ სისტემას გადავიდეს ახალ წონასწორობის მდგომარეობაში რაც დაკავშირებულია სტრუქტურულ ცვლილებებთან. სტრუქტურის ყოველი უმნიშვნელო ცვლილება კი სისტემაში ინვესტ გარკვეულ დინამიკურ პროცესებს, ახალი მახასიათებლების გაჩენას, რაც მოითხოვს მათ შესწავლას სპეციალური მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით.

ეკონომიკურ სისტემას გააჩნია თვითორგანიზაციის ელემენტები. ესაა მისი უნარი დაბადოს ახალი დინამიკური რეჟიმები, როდესაც სისტემა ერთი წონასწორობის მდგომარეობიდან გადადის მეორეში. ეკონომიკური სისტემის ეს თვისება რეალიზდება 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 მაკოორდინებელი და დემაკოორდინებელი პროცესებით. არამდგრადი შუალედური წონასწორობებით და ფაზური გადასვლებით.

მესამე მოვლენა, რომელიც ინვესტ საბაზრო წონასწორობის დესტაბილიზაციას დაკავშირებულია ეკონომიკური სისტემის ურთიერთქმედებასთან სხვა სისტემებთან, რომლებსაც სხვა ფუნქციური დანიშნულება აქვს, როგორებიცაა: პოლიტიკური, ბუნებრივი და სხვა.

ზემოთ მოყვანილი მოვლენების, ფაქტორების საერთო და მნიშვნელოვანი განსაკუთრებულობებია:

- სივრცული განაწილება
- თითოეულ მათგანში არსებობს ისეთი შიგა პროცესები, რომლებსაც გააჩნიათ სხვადასხვა დროითი მახასიათებლები, რელაქსაციები.

ეს უკანასკნელი საშუალებას გვაძლევს კლასიკური იდეა-წონასწორობის ბაზრისა, ტრანსფორმირებული იქნას ლოკალურ საბაზრო წონასწორობათა პრინციპად, რომლებიც ერთმანეთს ენაცვლებიან ძირითადი ევოლუციური ეკონომიკური პროცესის განვითარებისას.

ქვემოთ განვიხილავთ სივრცულ ეკონომიკურ პროცესებში ზემოთ მოყვანილი დინამიკური განსაკუთრებულობების პოვნის მეთოდს, როდესაც ინ-

ვესტიციების ფორმირება ხდება ენტროპიის მაქსიმუმის პრინციპის საფუძველზე [1].

ჩვენ განვიხილეთ მაკროსისტემებს ბოლცმანის სტატისტიკით.

ვთქვათ განსახილველ რეგიონში ფუნქციონირებს M ურთიერთდაკავშირებული ქვესისტემა (სანარმო). $I_m(t)$ -თი აღვნიშნოთ ინვესტიციების სიდიდე, რომლებიც დროის t მომენტში იდება m სანარმოში. a_m -ით აღვნიშნოთ m სანარმოს მოგების კოეფიციენტი. μ აღვნიშნავს რეგიონის მახასიათებელ პარამეტრს, $0 \leq \mu \leq 1$. μ გვიჩვენებს, თუ რამდენად კარგად არიან დაკავშირებული სანარმოები ერთმანეთთან. თუ ყოველი სანარმო არის იზოლირებული, მაშინ $\mu = 0$, ხოლო თუ ყოველი სანარმო კავშირშია ნებისმიერ სხვასთან, მაშინ $\mu = 1$. სხვა შემთხვევაში $0 < \mu < 1$.

განვიხილავთ შემთხვევას, როცა რეგიონი ღიაა ინვესტიციების მიმართ (შესაძლებელია რეგიონის გარედან ინვესტიციების შემოდინება და ინვესტიციების გადინება რეგიონის გარეთ). რეგიონის გარე არე ჩავთვალოთ 0-ვანი ნომრის მქონე სანარმოდ. $x_{sm}(t)$ -თი აღვნიშნოთ ინვესტიციის სიდიდე, რომელიც დროის t მომენტში s სანარმოდან იდება m სანარმოში. განვიხილავთ შემთხვევას, როცა m სანარმოდან სხვა სანარმოებში განხორციელებული ჯამური ინვესტიცია პროპორციულია $I_m(t)$ -სი:

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

თითოეულ სანარმოში ინვესტიციის სიდიდის გამოსათვლელად გვაქვს დიფერენციალურ განტოლებათა შემდეგი სისტემა:

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = (a_m - \mu \cdot h_m) \cdot I_m(t) + \mu \sum_{s=0}^M x_{sm}(t), \quad m \in \overline{[1; M]} \quad (2)$$

თუ $v_{sm}(t)$ აღვნიშნავს s სანარმოსთვის m სანარმოს მიზიდვის ფუნქციას, (განვიხილავთ შემთხვევას, როცა $v_{sm}(t)$ ფუნქცია არის ლოგისტიკური ფუნქცია:

$$v_{sm}(t) = \delta_{sm} \cdot I_m(t) \cdot (V_m - I_m(t)), \quad s, m \in \overline{[1; M]} \quad (3)$$

სადაც δ_{sm} არის s სანარმოსთვის m სანარმოს მიმზიდველობის მახასიათებელი პარამეტრი, მაშინ ენტროპიის მაქსიმუმის პრინციპის თანახმად უაღბათესია $x_{sm}(t)$ სიდიდეების ის მნიშვნელობები, რომლებიც აკმაყოფილებენ (1) პირობას და რომლისთვისაც ფუნქცია აღწევს მაქსიმუმს.

$$S(t) = \sum_{s=0}^M \sum_{m=0}^M x_{sm}(t) \cdot \ln \frac{x_{sm}(t)}{v_{sm}(t)} \quad (4)$$

$x_{sm}(t)$ სიდიდეების ის მნიშვნელობები, რომლებიც

აკმაყოფილებენ (2) პირობას და რომელზედაც $I_m(t)$

ფუნქცია აღწევს მაქსიმუმს, მოიცემა ფორმულით:

$$x_{sm}(t) = \frac{v_{sm}(t) \cdot h_s}{\sum_{k=0}^M v_{sk}(t)} \cdot I_s(t) \quad (5)$$

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

$$\frac{dI_m(t)}{dt} = (a_m - \mu \cdot h_m) \cdot I_m(t) + \mu \sum_{s=0}^M \frac{\delta_{sm} \cdot I_m(t) \cdot (V_m - I_m(t))}{\sum_{k=0}^M \delta_{sk} \cdot I_k(t) \cdot (V_k - I_k(t))} \cdot h_s \cdot I_s(t), \quad (6)$$

$$m \in \overline{[1; M]}$$

მიღებული დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი (საზოგადოდ, ჩვენ არ შეგვიძლია ამ ამონახსნის ჩანერგა ცხადი სახით, ჩვენ ვპოულობთ მის მიახლოებით მნიშვნელობას) საშუალებას გვაძლევს ვიცოდეთ ყოველ სანარმოში ჩადებული ინვესტიციების უაღბათესი მნიშვნელობა დროის t მომენტისათვის.

თუ (6) ტოლობების მარჯვენა მხარეებს გავუტოლებთ 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 (ერთი, ან მეტი) წონასწორობის მდგომარეობა.

შევნიშნოთ, რომ თუ რომელიმე m -თვის $a_m \geq \mu h_m$, მაშინ m -ურ სანარმოში ინვესტიცია უსასრულოდ იზრდება, ამიტომ ჩვენთვის საინტერესოა შემთხვევა, როცა $a_m < \mu h_m$.

ყოველივე ზემოთქმულის თვალსაჩინოდ ჩვენებისათვის ჩვენ განვიხილავთ შემთხვევას, როცა $M=2$ (გვაქვს 2 სანარმო), δ_{sm} არის დამოკიდებული მხოლოდ m -ზე და რეგიონის გარე არის მიზიდვის ფუნქცია $v_o(t) = V^2$.

განვიხილოთ შემთხვევაში დიფერენციალური განტოლებების (6) სისტემას ზღვრული ციკლები არ გააჩნია და (6)-ის ამონახსნები მიისწრაფვიან მუდმივი ამონახსნებისაკენ - წონასწორობის მდგომარეობისაკენ. ჩვენი მიზანია $(\delta_1; \delta_2)$ საკოორდინაციო სიბრტყის I მეოთხედში ვიპოვოთ არაუარყოფითი წონასწორობის მდგომარეობები. ამისათვის საჭიროა ვიპოვოთ შემდეგი განტოლებათა სისტემის ყველა არაუარყოფითი ამონახსნი:

$$\begin{cases} \frac{\delta_1 I_1 (V_1 - I_1) (\mu h_1 I_1 + \mu h_2 I_2)}{V^2 + \delta_1 I_1 (V_1 - I_1) + \delta_2 I_2 (V_2 - I_2)} = (\mu h_1 - \alpha_1) I_1 \\ \frac{\delta_2 I_2 (V_2 - I_2) (\mu h_1 I_1 + \mu h_2 I_2)}{V^2 + \delta_1 I_1 (V_1 - I_1) + \delta_2 I_2 (V_2 - I_2)} = (\mu h_2 - \alpha_2) I_2 \end{cases} \quad (7)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$K_i = \alpha_i (\mu h_i - \alpha_i), \quad i = 1, 2, \quad (8)$$

$$e_i = \frac{V_i}{V}, \quad i = 1, 2, \quad (9)$$

$$A = \alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2 \quad (10)$$

1. δ_1 და δ_2 პარამეტრების ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის (7) სისტემას გააჩნია ტრივი-ალური ამონახსნი: $I_1 = 0; I_2 = 0$.

2. თუ $\delta_2 \geq \frac{4K_2}{(\alpha_2)^2 e_2^2}$ (ნირს, რომლის წერტილები $\delta_1 > 0$ და $\delta_2 = \frac{4K_2}{(\alpha_2)^2 e_2^2}$ დავარქვათ l_1 ნირი), მაშინ δ_1 პარამეტრების ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის რეგიონში გვაქვს სახის წონასწორობის მდგომარეობა, სადაც

$$\bar{I}_2 = \frac{V_2}{2} \pm \frac{V}{2\alpha_2} \sqrt{(\alpha_2)^2 e_2^2 - \frac{4K_2}{\delta_2}}$$

თუ სრულდება პირობა $\delta_1 \geq \frac{4K_1}{(\alpha_1)^2 e_1^2}$ (ნირს, რომლის წერტილები აკმაყოფილებენ პირობებს: $\delta_2 > 0$ და $\delta_1 = \frac{4K_1}{(\alpha_1)^2 e_1^2}$ დავარქვათ l_2 ნირი), მაშინ δ_2 პარამეტრების ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის რეგიონში გვაქვს სახის წონასწორობის მდგომარეობა, სადაც

$$\bar{I}_1 = \frac{V_1}{2} \pm \frac{V}{2\alpha_1} \sqrt{(\alpha_1)^2 e_1^2 - \frac{4K_1}{\delta_1}}$$

3. თუ $\alpha_2 e_2 > \alpha_1 e_1$ (მსგავსი სურათი მიიღება იმ შემთხვევაში, როცა $\alpha_2 e_2 < \alpha_1 e_1$, ან როცა $\alpha_2 e_2 = \alpha_1 e_1$) და სრულდება პირობა $A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right) \geq 0$ (ნირს, რომლის წერტილები აკმაყოფილებენ პირობებს:

$$\begin{cases} \delta_1 > 0, \delta_2 > 0 \\ A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right) = 0 \end{cases}$$

დავარქვათ l_3 ნირი), მაშინ რეგიონში გვაქვს დადებითი წონასწორობის მდგომარეობა (I_1^-, I_2^-) , სადაც

$$I_1^- = V_1 - V(\mu h_1 - \alpha_1) \frac{A - \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}}{2\delta_1 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}$$

$$I_2^- = V_2 - V(\mu h_2 - \alpha_2) \frac{A - \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}}{2\delta_2 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}$$

თუ $\alpha_2 e_2 > \alpha_1 e_1$ და სრულდება პირობები: ა) $A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right) \geq 0$;

ბ) $\delta_2 < \frac{(\alpha_1)^2 (e_1)^2 (K_2)^2 (\delta_1)^2}{K_1 (\alpha_1 e_1 \alpha_2 e_2 \delta_1 - K_1)}$ (ნირს, რომლის წერტილები აკმაყოფილებენ პირობას:

$$\delta_2 = \frac{(\alpha_1)^2 (e_1)^2 (K_2)^2 (\delta_1)^2}{K_1 (\alpha_1 e_1 \alpha_2 e_2 \delta_1 - K_1)}$$

დავარქვათ l_4 ნირი); გ) $\delta_1 < \frac{(\alpha_2)^2 e_2^2 K_1 (\delta_2)^2}{K_2 (\alpha_1 e_1 \alpha_2 e_2 \delta_2 - K_2)}$ (ნირს, რომლის წერტილები აკმაყოფილებენ პირობას:

$$\delta_1 = \frac{(\alpha_2)^2 e_2^2 K_1 (\delta_2)^2}{K_2 (\alpha_1 e_1 \alpha_2 e_2 \delta_2 - K_2)}$$

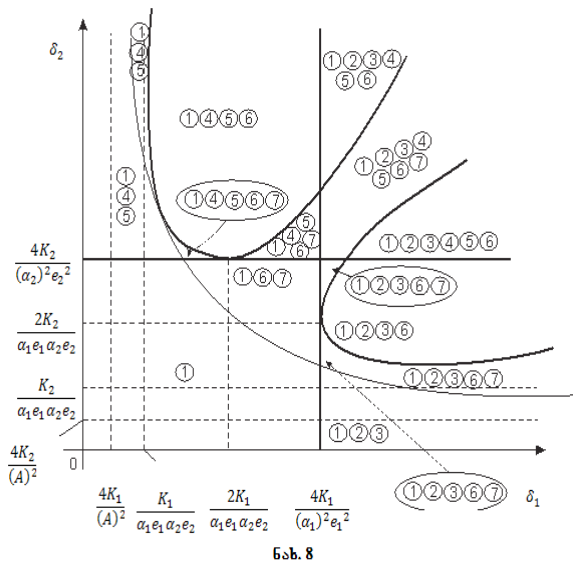
დავარქვათ l_5 ნირი) მაშინ რეგიონში გვაქვს დადებითი წონასწორობის მდგომარეობა (I_1^+, I_2^+) ; სადაც

$$I_1^+ = V_1 - V(\mu h_1 - \alpha_1) \frac{A + \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}}{2\delta_1 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}$$

$$I_2^+ = V_2 - V(\mu h_2 - \alpha_2) \frac{A + \sqrt{A^2 - 4 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}}{2\delta_2 \left(\frac{K_1}{\delta_1} + \frac{K_2}{\delta_2} \right)}$$

თუ ჩვენ 1-ს ჩავწერთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის მდგომარეობა, 2-ს ჩავწერთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის $(\bar{I}_1; 0)$ მდგომარეობა, 3-ს ჩავწერთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის $(\bar{I}_1; 0)$ მდგომარეობა, 4-ს ჩავწერთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის $(0; \bar{I}_2)$ მდგომარეობა, 5-ს ჩავწერთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონ-

სასწორების $(0; \vec{I}_2^+)$ მდგომარეობა, 6-ს ჩავენრთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის $(\vec{I}_1^-; \vec{I}_2^-)$ მდგომარეობა, 7-ს ჩავენრთ იმ არეში, რომელშიც არსებობს წონასწორობის $(\vec{I}_1^+; \vec{I}_2^+)$ მდგომარეობა, მაშინ, თუ $\alpha_2 e_2 > \alpha_1 e_1$, მივიღებთ ნახ. 1-ზე მოცემულ სურათს:



ნახ. 8

რეგიონში განხორციელებული ყოველი ცვლილება იწვევს საინვესტიციო ობიექტების მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილებას. თუ შეცვლილი პარამეტრების შესაბამისი წერტილი ეკუთვნის $(\delta_1; \delta_2)$ საკოორდინატო სიბრტყის პირველი მეოთხედის იმავე არეს, რომელსაც ეკუთვნოდა პარამეტრების ცვლილებამდე, მაშინ სისტემა დარჩება იმავე ტიპის წონასწორობის მდგომარეობაში, რომელშიც იყო ცვლილებამდე.

თუ შეცვლილი პარამეტრების შესაბამისი წერტილი არ ეკუთვნის საკოორდინატო სიბრტყის პირველი მეოთხედის იმავე არეს, რომელსაც ეკუთვნოდა პარამეტრების ცვლილებამდე, მაშინ შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ ახალ არეში არ არსებობდეს იმავე ტიპის წონასწორობის მდგომარეობა. მაგალითად, ვთქვათ საწყის მომენტში საინვესტიციო ობიექტების მახასიათებელი პარამეტრების შესაბამისი წერტილი

იყო F არეს P_0 წერტილი და სისტემა იმყოფებოდა $(\vec{I}_1^+; \vec{I}_2^+)$ ტიპის წონასწორობის მდგომარეობაში. განხორციელებული ცვლილების შედეგად საინვესტიციო ობიექტების მახასიათებელი პარამეტრების შესაბამისი წერტილია G არეს P_1 წერტილი. G არეში ტიპის წონასწორობის წერტილი არ არსებობს, ამიტომ სისტემა გადავა სხვა ტიპის წონასწორობის მდგომარეობაში. იქნება თუ არა ეს გადასვლა ნახტ-

ომისებური, ეს დამოკიდებულია იმაზე, ემთხვევა თუ არა $(\vec{I}_1^+; \vec{I}_2^+)$ წონასწორობის მდგომარეობის მნიშვნელობა წონასწორობის რომელიმე სხვა მდგომარეობის მნიშვნელობას F და G არეების საერთო საზღვარზე.

დაკვნითი ნაწილი

ნაშრომში, განხილულია სივრცული ეკონომიკური, ევოლუციური პროცესების მათემატიკური მოდელირების საკითხები ენტროპიის მაქსიმიზირების პრინციპის საფუძველზე. ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს შევიმუშაოთ მდგრადი საინვესტიციო პოლიტიკა, განვსაზღვროთ ჩვენი ყოველი გადაწყვეტილების რისკის ზომა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. მ. ახობაძე, დ. ზანგურაშვილი, ი. ბრეგვაძე და სხვ., მაკროსისტემების მათემატიკური მოდელირება და მართვის ალგორითმები, დამხმარე სახელმძღვანელო. 120 გვ., სტუ. 2006.
2. M. Akhobadze, E. Kurtshalia, "Analysis of the Spatial Economic Processes for Defining the Investment Policy", მათემატიკური კონფერენცია "ლის ჯგუფები, დიფერენციალური განტოლებები და გეომეტრია" (მოხსენებათა კრებული), ივნისი, ბათუმი, 2013.
3. Попков Ю.С. Теория макросистем М.1999 г.