

## ციკლები და ფრაქტალები საქართველოს მაკრო-ეკონომიკურ სისტემაში

### **არჩილ ფრანგიშვილი**

საქართველოს ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი,  
პროფესორი, ტ.მ.დ.,  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
[a\\_prnagi@gtu.ge](mailto:a_prnagi@gtu.ge)

### **თამაზ ობგაძე**

ტ.მ.დ., პროფესორი,  
საქართველოს ეროვნული უნივერსიტეტი  
[t.obgadze@gtu.ge](mailto:t.obgadze@gtu.ge)

### **გიორგი ღავთაძე**

ეკონომიკის დოქტორი, პროფესორი, დოქტორანტთა და მაგისტრანტთა ინტერდისციპლინური  
კვლევითი კლასტერის ხელმძღვანელი,  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
[george.gavtadze@atsu.edu.ge](mailto:george.gavtadze@atsu.edu.ge)

### **მაია შევარდენიძე**

დოქტორანტი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,  
[m.shevardenidze@gtu.ge](mailto:m.shevardenidze@gtu.ge)

<https://doi.org/10.55896/978-9941-8-5764-5/2023-56-67>

**ანოტაცია.** ნაშრომში შესწავლილია ეკონომიკური ციკლების არსებული კონცეფციები და ევოლუციის ფაზები. ჩატარებულია არსებული ლიტერატურის კრიტიკული ანალიზი, რის ბაზაზეც შემოთავაზებულია ციკლების შესწავლის ახალი კონცეფცია, რაც დამყარებულია შესაბამისი მაკრო-ეკონომიკური მაჩვენებლების დროითი მწკრივების ფრაქტალურ ანალიზთან და ჰერსტის მაჩვენებლების მნიშვნელობის მიხედვით, მათი პერსისტენტულობის დადგენასთან. შედგენილია მაკრო-ეკონომიკური მაჩვენებლების დროითი მწკრივების ფრაქტალური ანალიზის ალგორითმი და შესაბამისი პროგრამა, კომპიუტერული პაკეტის Mathcad - ის ბაზაზე. შემუშავებული პროგრამის საშუალებით საქართველოს მაკრო-ეკონომიკური მაჩვენებლებისათვის გათვლილია ფრაქტალური სტრუქტურის მაჩვენებლები და ჩატარებულია შესაბამისი ციკლების სტრუქტურული ანალიზი, რის საფუძველზეც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საქართველოს მაკროეკონომიკური მაჩვენებლების დროითი მწკრივები, არის პერსისტენტული, მდგრადი ტრენდით. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ თუ არ იქნება სოციალურ-პოლიტიკური რყევები და ვალების გაზრდა, საქართველოს ეკონომიკურ სისტემას აქვს შემდგომი ზრდის პოტენციალი.

**საკვანძო სიტყვები:** ეკონომიკური ციკლი, ფრაქტალური ანალიზი.

## შესავალი

გადაწყვეტილების მიღება ეკონომიკის სფეროში, დაკავშირებულია საზოგადოების განვითარების დინამიკის წარსულის, აწმყოსა და მომავლის სისტემურ კვლევასთან. ასეთი ინფორმაციის მისაღებად, აუცილებელია ყოველმხრივ იქნას შესწავლილი სოციალურ-ეკონომიკური სისტემის განმსაზღვრელი დინამიკური მახასიათებლები და მათი ცვლილების ტენდენციები. განვითარებისას, ეკონომიკა გადის აღმავლობის და დაცემის ეტაპებს, რაც განპირობებულია ეკონომიკის განვითარების ზოგადი კანონზომიერებებით. აქედან გამომდინარე, სოციალურ-ეკონომიკური სისტემის განვითარება უნდა განვიხილოთ, როგორც ერთიანი ციკლური პროცესი.

ციკლურმა რხევითმა პროცესებმა უკვე ორი საუკუნეა, რაც მეცნიერ-ეკონომისტთა ყურადღება მიიპყრო.

სოციალურ-ეკონომიკური სისტემების ევოლუციისას, თითქმის პერიოდულად წარმოქმნილმა კრიზისებმა და დეპრესიებმა განაპირობა ციკლების წარმოშობის მიზეზებისა და განმაპირობებელი ფაქტორების შესწავლის აუცილებლობა. ციკლების შესწავლისას მრავალი მიდგომა და მეთოდი იქნა გამოყენებული, თუმცა, ციკლური განვითარების ახალმა ტენდენციებმა და ახალმა მათემატიკურმა მეთოდებმა, დღის წესრიგში დააყენა არსებული მეთოდების და თეორიების შემდგომი გააზრება და ახალი მოდელების შემუშავება.

თანამედროვე საქართველოს ეკონომიკისათვის, ციკლების დინამიკის შესწავლა, სოციალ-ეკონომიკური განვითარების სტრატეგიული ამოცანაა. XX საუკუნის ბოლოს, საქართველომ განიცადა სახელმწიფო გადატრიალება, რამაც მთლიანად გაანადგურა ეკონომიკა და მოშალა ქვეყნის განვითარება. გამარცხულ იქნა წარმოების იარაღები და საშუალებები. მოიშალა სახელმწიფო ინსტიტუტები. XXI საუკუნემ კი მოიტანა ახალ კაპიტალისტურ ცხოვრების წესზე გადასვლა, რისთვისაც ქვეყანა მოუმზადებელი აღმოჩნდა და შესაბამისად, ჩამოყალიბდა კლანური მმართველობის წესი, წარმოებების დიდი ნაწილი ხელში ჩაუვარდათ კრიმინალურ ძალებს, რომელთაც კლანური მართვის უნარები ქონდათ, თუმცა, ბიზნესის წარმოების გამოცდილება - არა. მოგვიანებით, ქვეყანა აღმოჩნდა გლობალური მმართველობის ქვეშ და მიმდინარეობს ქვეყნის ეკონომიკის კოლონიალური მმართველობა.

ქვეყანაში განადგურებულია სოფლის მეურნეობა და განათლების სისტემა. ეკონომიკა დამყარებულია ტურიზმზე და მიგრანტებისგან გადმორიცხულ ფულად რესურსებზე. საერთაშორისო სავალუტო ფონდისაგან და სხვა ფინანსური ორგანიზაციებისაგან აღებული ვალები მატულობს და ტვირთად აწვება ბიუჯეტს. ქვეყნიდან მასიურად ხდება ახალგაზრდა, შრომისუნარიანი მოსახლეობის გადინება. იზრდება მოსახლეობის საშუალო ასაკი, რაც განაპირობებს ბიუჯეტში საპენსიო ხარჯების პროცენტულ ზრდას.

ქვეყნის განვითარებას, ასევე, აფერხებს გლობალიზმის ცენტრებიდან მართული და დაფინანსებული ოპოზიციის ნაწილი. გამომდინარე აქედან, მთავრობა იძულებულია დრო და ენერჯია ხარჯოს არა ქვეყნის ეკონომიკურ და პოლიტიკურ განვითარებაზე, არამედ, გარედან ხელოვნურად შექმნილი წინააღმდეგობების დაძლევაზე. ამ სიტუაციაში, აუცილებელია: ქვეყნის მტრული ძალებისგან განთავისუფლება, ეკონომიკის მართვის თანამედროვე მეთოდების სრულყოფა და ახალი მიდგომების დანერგვა, რასაც ემსახურება ჩვენი მოკრძალებული მცდელობა.

**ეკონომიკური ციკლების პრობლემის შესწავლის თანამედროვე მდგომარეობა.** ციკლური განვითარების თეორიამ მიიპყრო მრავალი მეცნიერის ყურადღება. მოკლევადიან ციკლებზე, განსაკუთრებული ყურადღება იყო დათმობილი ა. ბიორნისის, ჯ. კიტჩინის, უ. მიტჩელის და ე. ჰენსენის (ობგაძე, კიკვაძე, 2023: 18) შრომებში. საშუალო ხანგრძლივობის ციკლებზე შრომებს საფუძვლად დაედო კონცეფციები, რომლებიც შეიმუშავა კ. ჟუტილიარმა და კ. მარქსმა. გრძელი ტალღების კონცეფციის შემუშავებაში დიდი როლი აქვს ნ. კონდრატიევს, რომლის შრომებიც გააგრძელეს ს. კუზნეცმა და ი. შუმპეტერმა. თუმცა, ჩვენი სახელმწიფო სტრუქტურების ახალგაზრდობის გამო, ჩვენ არ გვაქვს მონაცემები ათეული წლების წინანდელი GDP-ს შესახებ, რომ საგნობრივად ვიმსჯელოთ კონდრატიევის გრძელი ტალღების შესახებ.

XIX საუკუნის ბოლოს და XX საუკუნის დასაწყისში ეკონომიკური ციკლებისა და კრიზისების შესახებ კვლევების რაოდენობა გაიზარდა. ამ თემატიკას მიუძღვნეს შრომები შემდეგმა ავტორებმა: ა. აფტალონი, ტ. ვებლენი, უ. გერშელი, ჯ. გობსონი, ტ. მალთუსი, გ. მურა, ჩ. ჰარდი, ვ. პარეტო, პ. სამუელსონი, ჯ. ჰიკსი, თ. ობგაძე, ა. ფრანგიშვილი, ნ. თუშიშვილი, ნ. ბიჩენოვი (ობგაძე, კიკვაძე, 2023: 20) და ა.შ. მათ შრომებში განისაზღვრა ეკონომიკური ციკლების მიზეზები და მახასიათებლები. შემოთავაზებული იქნა შესაბამისი მათემატიკური მოდელები.

კვლევის მიზანია, ჩვენი ქვეყნის მაკრო-ეკონომიკური სისტემის თეორიულ-ეკონომიკური მოდელებისა და მონაცემთა ფრაქტალური ანალიზის ბაზაზე, შევისწავლოთ საქართველოს მაკრო-ეკონომიკური ციკლურობის მახასიათებლების დინამიკა, კრიზისული ეტაპების ვადები და მათი ზეგავლენა ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებაზე.

ამ მიზნების გადასაწყვეტად, უნდა ამოვხსნათ შემდეგი ამოცანები:

- განვსაზღვროთ ეკონომიკური ციკლის წარმოშობის ისტორიულ-ეკონომიკური პირობები. შევისწავლოთ ეკონომიკური ციკლების განვითარების ეტაპები, ამოვხსნათ ციკლის ტიპის და ფაზის იდენტიფიკაციის ამოცანა;
- განვსაზღვროთ მონაცემთა დროითი მწკრივების ფრაქტალური ანალიზის ეტაპები და შევადგინოთ შესაბამისი ალგორითმი;
- ჩავატაროთ საქართველოს მაკროეკონომიკური მაჩვენებლების დინამიკის ფრაქტალური ანალიზი. განვსაზღვროთ პერსისტენტულობის ხარისხი. აგებული მოდელი მივუყენოთ საქართველოს მაკროეკონომიკური პარამეტრების დინამიკის ემპირიულ მონაცემებს. ჩამოვაყალიბოთ მაკრო-დინამიკური განვითარების ტრაექტორიის ციკლურობის ეკონომიკური ხასიათის ბუნება;
- დავადგინოთ საქართველოს ეკონომიკის განვითარების პერსპექტივები არსებულ სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებში და შევთავაზოთ მართვის მექანიზმები ციკლური განვითარების იმპერატივის გათვალისწინებით, პოსტკრიზისული ზრდისათვის, თანამედროვე პირობებში;

### **ციკლები მაკრო-ეკონომიკურ სისტემებში**

ეკონომიკური ციკლები საბაზრო ეკონომიკის თანამდევი პროცესია. აქ საქმე გვაქვს საქმიანი აქტივობის ზრდასა და დაცემის მონაცვლეობასთან, ან სხვანაირად რომ ვთქვათ, საბაზრო კონიუნქტურის ექსტენსიურ ზრდასთან, განსაკუთრებით კრიზისის შემდეგ ეკონომიკურ ზრდასთან. ციკლური მოძრაობის ეპიცენტრი ეკონომიკურ კრიზისშია, როდესაც მიღწეულია დაცემის ქვედა დონე

და წარმოიქმნება ეკონომიკური ზრდის იმპულსი. ამგვარად, კრიზისი მიუხედავად გამანადგურებელი შედეგებისა, იძლევა შემდგომი ინტენსიური განვითარების ბიძგს და წარმოადგენს ეკონომიკის თვითრეგულირების მაგალითს.

სოციალურ-ეკონომიკურ ციკლურ პროცესებზე განსაკუთრებული გავლენა აქვს ინვესტიციების დინამიკას. კრიზისი წარმოადგენს მასიური კაპიტალდაბანდებაების საწყის ბაზას, რადგან ამ დროს ხდება ძირითადი კაპიტალის გაუფასურება და დღის წესრიგში დგება საწარმოო ტექნიკური ბაზის განახლების აუცილებლობა, რაც საშუალებას იძლევა შემცირდეს საწარმოო დანახარჯები და გაიზარდოს მოგება. ამრიგად, კრიზისი აძლევს ბიძგს სისტემას, რათა ის გადავიდეს ახალ, უფრო მაღალ ფაზაში ვიდრე იყო. ასე, რომ კრიზისი უმეტესად, ამთავრებს ინდივიდუალური კაპიტალის ბრუნვას და აძლევს სტარტს, ახალი ბრუნვითი ციკლის დაწყებას. ხდება ძველი ძირითადი კაპიტალის არა მხოლოდ შეცვლა, არამედ განახლებაც. ტექნიკის მორალური ცვეთა და სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი ისეთია, რომ განახლება არაა სინქრონული მთელ ეკონომიკასთან. დამატებით არასინქრონულობას იწვევს კონიუნქტურის ცვლილებაც. აქედან გამომდინარე, რეალური ციკლური პროცესი რთული მოვლენაა, რომელიც განპირობებულია: ძირითადი კაპიტალის ბრუნვით, სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესით და კონიუნქტურის დინამიკით. შესაბამისად, ციკლის შესასწავლად უნდა გავითვალისწინოთ ყველა ამ ფაქტორის ურთიერთქმედების ხასიათი.

უესლი მიტჩელი წერს, რომ ეკონომიკური ციკლი არის ეკონომიკური მოღვაწეობის პარამეტრების კრებებითი რხევის პროცესი.

ქვეყნის ეკონომიკური მოღვაწეობის კრებებით მაჩვენებელს წარმოადგენს მთლიანი შიდა პროდუქტი (GDP). ამ მაჩვენებელთან მჭიდროდაა დაკავშირებული დასაქმების მოცულობა. თუ, GDP და დასაქმების მოცულობა ირხევა, მაშინ ჯამური მოთხოვნისა და წარმოების დანახარჯების მაჩვენებლებიც იცვლება. შესაბამისად, იცვლება წარმოებული პროდუქციის და მომსახურების ფასებიც.

ამ პარამეტრების ციკლური ცვლილება ურთიერთგანპირობებულია. ეს განსაკუთრებულად ეხება GDP-ს და დასაქმების მაჩვენებლების დინამიკას. მძიმე დეპრესიიდან გამოსვლისას, შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ ფასების მცირე ცვლილებისას GDP და დასაქმება დიდი სისწრაფით იცვლება. ეკონომიკის ზრდის ტემპის მაქსიმუმის მიღწევისას კი, ფასები გაიზრდება, ხოლო GDP და დასაქმება მცირედ შეიცვლება. მცირე დროითი პერიოდების განმავლობაში დასაქმება და GDP იცვლება ურთიერთშეთანხმებულად, ხოლო ყოველი ათწლეულის შემდეგ, GDP იზრდება უფრო სწრაფად, ვიდრე დასაქმება. ეს გამოწვეულია შრომის ნაყოფიერების ზრდით. პროდუქციის ფასები ნორმალურ პირობებში, ინარჩუნებენ სტაბილურობას, თუმცა, ომისა და პანდემიის პირობებში ფასებიც შესაბამისად იცვლება. ჰანსენს (ობგაძე, კიკვაძე, 2023: 32) მიაჩნია, რომ ამ პროცესს, რომელსაც ციკლებს ვუწოდებთ, უფრო მიზანშეწონილია რომ რხევები ვუწოდოთ, რადგან საქმე გვაქვს არა ზუსტ პერიოდულად განმეორებად პროცესებთან, არამედ, მაკროეკონომიკური განმსაზღვრელი პარამეტრების ტრენდის რხევით დინამიკასთან.

საქმე გვაქვს თითქმის-პერიოდულ რხევებთან, როცა ადგილი აქვს ტრენდების მასტაბილირებელ, ფრაქტალურ რხევას და აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ეკონომიკური ციკლების და ფრაქტალური ანალიზის მეთოდები.

ტინბერგენის აზრით, ეკონომიკური ციკლები შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც შემთხვევითი ბიძგებისა და ეკონომიკური სისტემის ურთიერთქმედების მექანიზმი, რომელიც სისტემას აძლევს საშუალებას გადავიდეს სხვა წონასწორულ მდგომარეობაში.



ანალოგიურ აზრს გამოხატავდა რაგნარ ფრიშიც. გარე იმპულსები მოქმედებენ ეკონომიკურ სისტემაზე და იწვევენ ტალღურ ცვლილებებს, იმის მსგავსად, როგორც ქანქარაზე გარე იმპულსის მოქმედებით ქანქარა მოდის რხევით მოძრაობაში (ობგამე, 2016: 14).

ეკონომიკურ ციკლებს გააჩნიათ მიმდინარეობის სხვადასხვა ფაზა, რამაც დიდი ხანია მეცნიერ-მკვლევარების ყურადღება მიიპყრო.

ჰანსენი ეკონომიკური ციკლის ფაზების შესახებ, განიხილავს ორგვარ მიდგომას: ეს არის ბერნს-მიტჩელის და შუმპეტერის მიდგომა.

ბერნსი და მიტჩელი მიიჩნევენ, რომ ციკლის მაქსიმუმის და მინიმუმის წერტილები წარმოადგენენ ციკლის კრიტიკულ საზღვრებს. ციკლის ყველაზე განგრძობადი ნაწილი შეიძლება გაიყოს ორ ნაწილად:

ა) **ექსტენსიურობის ფაზა** რომელიც გრძელდება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე;

ბ) **შეკუმშვის ფაზა** რომელიც გრძელდება მაქსიმუმიდან შემდეგ მინიმუმამდე.

გარდა ამისა, არსებობს განსაკუთრებული წერტილები - ზედა და ქვედა, რომლებშიც ციკლი მცირე დროის განმავლობაში იმყოფება. ქვედა განსაკუთრებულ წერტილში ხდება სისტემის გააქტიურება და ციკლი მალე გადადის ექსტენსიური ფაზაში. ზედა კრიტიკულ წერტილში სისტემა რეცესიას განიცდის და მალევე გადადის შეკუმშვის ფაზაში.

მაშასადამე, ბერნს-მიტჩელის კონცეფციით ციკლი გადის 4 ძირითად ფაზას: 1. გააქტიურება (revival); 2. ექსპანსია (expansion); 3. რეცესია (recession) და 4. შეკუმშვა (contraction).

შუმპეტერის აზრით, ციკლის საზღვრები უნდა ვეძებოთ არა მაქსიმუმსა და მინიმუმში, არამედ, ციკლის გრაფიკის გადაღუნვის წერტილების მახლობლობაში, მას მიაჩნია რომ ციკლის საზღვრები მდებარეობს წონასწორობის წერტილებთან ახლოს. შუმპეტერის აზრით, ციკლი შედგება ოთხი ფაზისაგან: 1. აყვავების (prosperity); 2. რეცესიის (recession); 3. დეპრესიის (depression) და 4. აღდგენის (recovery).

აყვავების ფაზაში, სანამ სისტემა მიაღწევს მაქსიმუმს, დასაქმება იზრდება, თუმცა ზრდის ტემპი მცირდება. რეცესიის ფაზაში, დასაქმების მოცულობა მცირდება დაჩქარებული ტემპით, სანამ არ მიიღწევა წონასწორობის წერტილი. ამის შემდეგ, სისტემა მიდის დეპრესიისა და აღდგენის ფაზებისაკენ.

როგორც ვხედავთ, ორივე მიდგომა ეკონომიკის თვალსაზრისით ერთნაირი შინაარსისაა და განსხვავდება მხოლოდ „ციკლის ათვლის წერტილით“.

განსაზღვრულ პერიოდში (რამდენიმე წელი ეკონომიკური აქტივობის თანმიმდევრულ აღმავლობას და დაცემას, პერიოდულ რყევებს - ეკონომიკურ ციკლს უწოდებენ. ეკონომიკის ციკლური ხასიათი დამახასიათებელია ნებისმიერი ქვეყნისთვის, რომელსაც აქვს საბაზრო მენეჯმენტი. ეკონომიკური ციკლები მსოფლიო ეკონომიკის განვითარების გარდაუვალი და აუცილებელი ელემენტია.

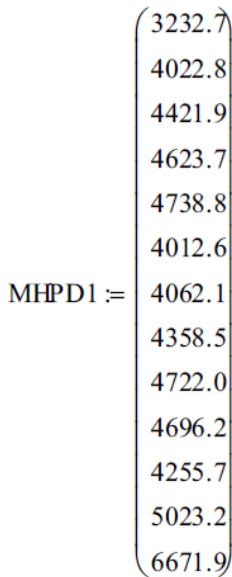
ეკონომიკური ზრდა, თავისი ხასიათითა და ფაქტორებით, არაერთგვაროვანი, რთული პროცესია. იგი მერყეობს და დაკავშირებულია ეკონომიკის დინამიკის ციკლურობასთან და არაციკლურ

ცვლილებებთან. ეკონომიკური დინამიკა არ არის მხოლოდ აღმავალი პროცესი. მისი ტემპები შეიძლება იყოს ნულოვანიც და უარყოფითიც, ანუ კლებადი. ძირითადი კანონზომიერება არის ზრდის ტენდენცია, რაც ეკონომიკური განვითარების დონის ამაღლების ერთ-ერთი პირობა არის.

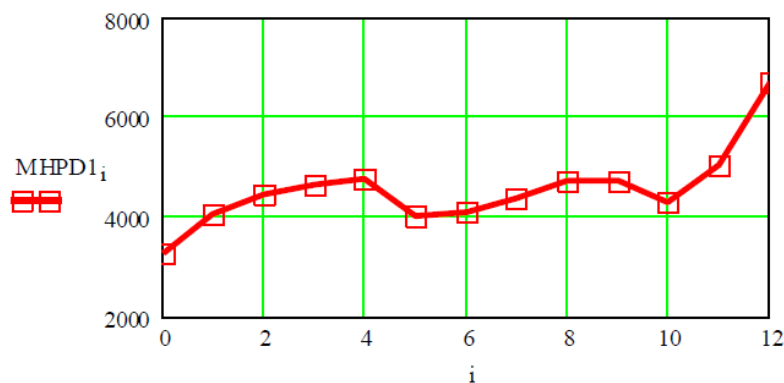
### საქართველოს მაკროეკონომიკური მაჩვენებლების ფრაქტალური ანალიზი და ციკლები

განვიხილოთ მოსახლეობის ერთ სულზე გათვლილი GDP - ს შესაბამისი დროითი რიცხვითი *MHPD1* მწკრივი და ჩავატაროთ მისი ფრაქტალური ანალიზი.

ფრაქტალური ანალიზის ჩასატარებლად გამოვიყენებთ პროგრამულ პაკეტს Mathcad-ს და ჩავატარებთ ფრაქტალურ *R/S* ანალიზს, რაც საშუალებას მოგვცემს ჰერსტის მაჩვენებლის მნიშვნელობიდან გამომდინარე, გავაკეთოთ შესაბამისი დასკვნები



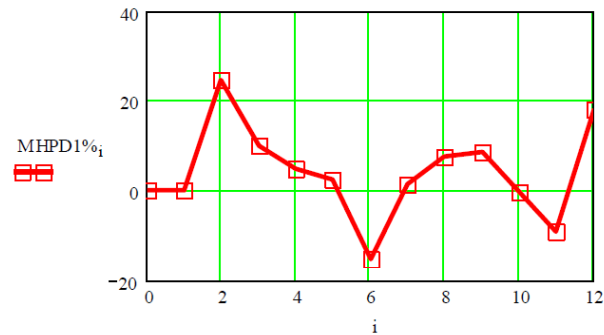
$i := 0..12$



ნახ.1.მოსახლეობის ერთ სულზე ამერიკულ დოლარებში გაანგარიშებული GDP - ს ციკლური დინამიკა

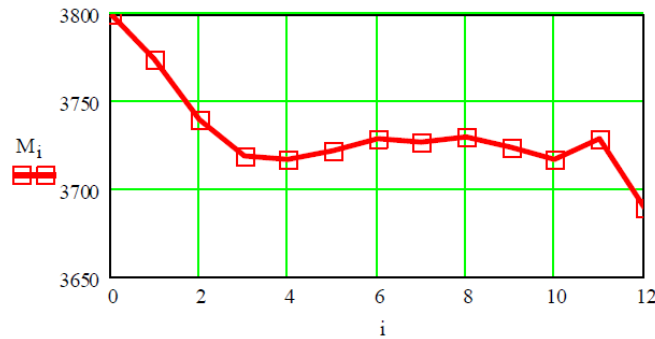
$$k := 1..12$$

$$MHPD1\%_i := \frac{MHPD1_k - MHPD1_{k-1}}{MHPD1_{k-1}} \cdot 100$$

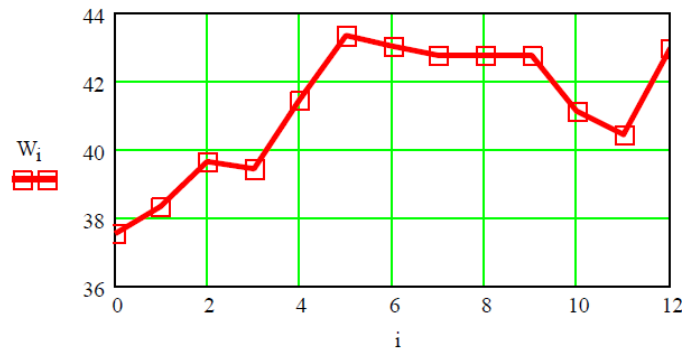


**ნახ. 2. მოსახლეობის ერთ სულზე დაანგარიშებული GDP - ს ზრდის ტემპი, წინა წელთან შედარებით გამოსახული პროცენტებში**

როგორც ვხედავთ, ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით ეკონომიკის ზრდის ტემპი, ორნიშნა რიცხვით გამოსახვა 2021 – 2022 წლებში ცხრილი 1, თუმცა, ეს შედეგია არა მხოლოდ კოვიდის შემდგომი გამოცოცხლების, არამედ, უმუშევარი მოსახლეობის მკვეთრი გადინების ნახ. 3; ნახ. 4.



**ნახ. 3. საქართველს მოსახლეობის რაოდენობის დინამიკა**



**ნახ. 4. საქართველოს მოსახლეობის დასაქმების დინამიკის გრაფიკი**

ცხრილი 1

	0
0	0
1	0
2	24.441
3	9.921
4	4.564
5	2.489
MHPD1% = 6	-15.325
7	1.234
8	7.297
9	8.34
10	-0.546
11	-9.38
12	18.035
13	32.822

ახლა მივყვით  $R/S$  ანალიზის ალგორითმს:

1. გამოვთვალოთ მოსახლეობის სულზე დაანგარიშებული GDP - ს დროითი რიცხვითი მწკრივის საშუალო მნიშვნელობა:

$$MHPD1MAT := \frac{\sum_{i=0}^{12} MHPD1_i}{13} *$$

$$MHPD1MAT = 4526.315$$

2. მწკრივის თითოეული წევრის მნიშვნელობისათვის გამოვთვალოთ საშუალო მნიშვნელობიდან გადახრა:

$$\Delta_i := MHPD1_i - MHPD1MAT$$

	0
0	-1293.615
1	-503.515
2	-104.415
3	97.385
4	212.485
5	-513.715
6	-464.215
7	-167.815
8	195.685
9	169.885
10	-270.615
11	496.885
12	2145.585



3. მწკრივის თითოეული წევრის მნიშვნელობისათვის გამოვთვალოთ საშუალო მნიშვნელობიდან  $\Delta_i$  გადახრის, დაგროვილი  $\Delta\Delta_i$  გადახრა:

$$\Delta\Delta_0 := \Delta_0 \quad *$$

$$\Delta\Delta_k := \Delta\Delta_{k-1} + \Delta_k$$

	0
0	-1293.615
1	-1797.131
2	-1901.546
3	-1804.162
4	-1591.677
5	-2105.392
6	-2569.608
7	-2737.423
8	-2541.738
9	-2371.854
10	-2642.469
11	-2145.585
12	-0

მნიშვნელობა:

$$\max(\Delta\Delta) = -0$$

4. ვიპოვოთ დაგროვილ გადახრებს შორის მაქსიმალური

5. ვიპოვოთ დაგროვილ გადახრებს შორის მინიმალური მნიშვნელობა:

$$\min(\Delta\Delta) = -2737.423$$

6. გამოვითვალოთ დაგროვილ გადახრებს შორის დიაპაზონი ანუ გაქანება:

$$R := \max(\Delta\Delta) - \min(\Delta\Delta) \quad *$$

$$R = 2737.423$$

7. გამოვითვალოთ მოცემული დროითი მწკრივის ელემენტების საშუალო კვადრატული გადახრა:

$$S := \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{12} (\Delta_i)^2}{13}} \quad * \quad S = 759.093$$

8. ვიპოვოთ ნორმირებული გაქანება  $R/S$  ანუ დიაპაზონი:

$$\frac{R}{S} = 3.606$$

9. დროის მოკლე მონაკვეთში მიღებული დროითი მწკრივებისათვის ჰერსტის  $H$  კოეფიციენტს ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულით:

$$H := \frac{\ln\left(\frac{R}{S}\right)}{\ln\left(\frac{13}{2}\right)} \quad H = 0.685$$

მოცემული დროითი მწკრივის ფრაქტალური განზომილება იქნება:

$$D = 2 - H = 2 - 0.685 = 1.315.$$

ჩვენი დროითი მწკრივი არის პერსისტენტული, მდგრადი ტრენდით, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ არ იქნება სოციალურ-პოლიტიკური რყევები და არ გაიზრდება ვალები, საქართველოს ეკონომიკურ სისტემას აქვს შემდგომი ზრდის პოტენციალი.

საქართველოს ეკონომიკას ახასიათებს ციკლურ-ტალღური ხასიათი, დაბალი ხანგრძლივობის ტალღები, რომლებიც განპირობებულია სხვადასხვა დარგების ურთიერთქმედებით, რაც იწვევს ეკონომიკის ციკლურ განვითარებას. საშუალო სიგრძის ციკლები ვერ ფიქსირდება, რადგან ტექნოლოგიური სიახლეების დანერგვა არ ხდება სათანადო ტემპით, რასაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს პოლიტიკური არასტაბილურობა.

### დასკვნა

1. საქართველოს ეკონომიკას ახასიათებს **ციკლურ-ტალღური ხასიათი, დაბალი ხანგრძლივობის ტალღები**, რომლებიც განპირობებულია სხვადასხვა დარგების ურთიერთქმედებით, რაც იწვევს ეკონომიკის ციკლურ განვითარებას. საშუალო სიგრძის ციკლები ვერ ფიქსირდება, რადგან ტექნოლოგიური სიახლეების დანერგვა არ ხდება სათანადო ტემპით, რასაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს პოლიტიკური არასტაბილურობა;

2. აგებულია GDP-ს, მოსახლეობის რაოდენობის და დასაქმების დონის დროითი მწკრივების, **ფრაქტალური ანალიზის ალგორითმის შესაბამისი პროგრამა Mathcad პროგრამული პაკეტის ენაზე** და ჩატარებულია დროითი მწკრივებისათვის **R/S ანალიზი**;

3. შემუშავებული პროგრამის ბაზაზე ჩატარებულია საქართველოს მაკროეკონომიკური მაჩვენებლების ფრაქტალური ანალიზი, რის საფუძველზეც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საქართველოს მაკროეკონომიკური მაჩვენებლების დროითი მწკრივები, არის პერსისტენტული, მდგრადი ტრენდით, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ არ იქნება სოციალურ-პოლიტიკური რყევები და ვალების გაზრდა, საქართველოს ეკონომიკურ სისტემას აქვს შემდგომი ზრდის პოტენციალი.

## გამოყენებული ლიტერატურა

ობგაძე თ., კიკვაძე ტ. (2023), შევარდენიძე მ. ციკლები და ფრაქტალები სოციალურ-ეკონომიკურ სისტემებში, მონოგრაფია, სტუ, თბ., 128გვ.

ობგაძე თ. (2016), მათემატიკური მოდელირება, მონოგრაფია, სტუ, თბ., 839გვ.

პაპავა ვლ. (2022), პანდექსიტის ძირითადი ეკონომიკური გამოწვევები, საქართველოს სტრატეგიისა და საერთაშორისო ურთიერთობათა კვლევის ფონდი, თბ., 2022;

Grafton Christopher (2011), Mastering Hurst Cycle Analysis, A modern treatment of Hurst's original system of financial market analysis, Monograph, Harriman House LTD, 364 p., available at:

[https://www.google.ge/books/edition/Mastering\\_Hurst\\_Cycle\\_Analysis/NQFaK9ODmwEC?hl=en&gbpv=1&dq=Hurst+indicators&pg=PR19&printsec=frontcover](https://www.google.ge/books/edition/Mastering_Hurst_Cycle_Analysis/NQFaK9ODmwEC?hl=en&gbpv=1&dq=Hurst+indicators&pg=PR19&printsec=frontcover)

## Cycles and Fractals in The Macro-Eco Nomic System of Georgia

### ***Archil Phrangishvili***

*Academician of the National Academy of Georgia, Doctor of Technical Sciences, professor  
Georgian Technical University  
[a\\_prngi@gtu.ge](mailto:a_prngi@gtu.ge)*

### ***Tamaz Obradze***

*Doctor of Technical Sciences, Professor of  
National University of Georgia SEU,  
[t.obgadze@gtu.ge](mailto:t.obgadze@gtu.ge)*

### ***George Gvartadze***

*Doctor of Economics, Professor  
Akaki Tsereteli State University,  
Head of Interdisciplinary Research Cluster of Doctoral and Master Students  
[egeorge.gvartadze@atsu.edu.ge](mailto:egeorge.gvartadze@atsu.edu.ge)*

### ***Maia Shevardzenidze***

*PhD student  
Technical University of Georgia,  
[m.shevardzenidze@gtu.ge](mailto:m.shevardzenidze@gtu.ge)*

## **Summary**

The present concepts of economic cycles and phases of evolution are studied in the work. A critical analysis of the existing literature is carried out, on the basis of which a new concept of the study of cycles is proposed, which is based on the fractal analysis of the time series of the relevant macro-economic indicators and the determination of their persistence according to the value of the Hurst indicators. An algorithm for fractal analysis of time series of macro-economic indicators and a corresponding program have been compiled, based on the computer package Mathcad. Through the developed program, indicators of the fractal structure were calculated for the macro-economic indicators of Georgia, and the structural analysis of the corresponding cycles was carried out, on the basis of which we can conclude that the time series of the macro-economic indicators of Georgia are persistent, with a sustainable trend. This means that if there are no socio-political fluctuations and debt increases, the economic system of Georgia has the potential for further growth.

**Keywords:** economic cycle, fractal analysis.