0311 ეკონომიკა ECONOMICS

მსოფლიო ბაზარზე ფასიანი ქაღალდების ეფექტიანი საინვესტიციო ინოვაციური ციფრული მოდელის შინაარსი

თამარ ჩაჩანიძე
E-mail: tamar_chachanidze@yahoo.com
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეფერატი

კვლევაში განხილულია მსოფლიო ბაზარზე ფასიანი ქაღალდების ეფექტიანი საინვესტიციო ინოვაციური ციფრული მოდელის შინაარსი, ბლოკჩეინ-ტოკენიზაციისა და კვანტურ-ფინანსური ინჟინერიის სინთეზის ბაზაზე. ნაშრომში სიღრმისეულადაა შესწავლილი ციფრული აქტივების პორტფელის ოპტიმიზაციის პრობლემა დროის სასრულ სიდიდეზე. საბაზრო სისტემის არაწრფივი ევოლუციის მოდელირებისთვის შემოტანილია მართვადი დისკრეტული წრფივი სტოქასტური მდგომარეობის სივრცის ჩარჩო. წარმოდგენილია მოდელის კრებადობის მკაცრი მათემატიკური ანალიზი, სმარტ-კონტრაქტების ფუნქციონალური ოპტიმიზაცია და შუამავლების განეიტრალების ასიმეტრიული წესები. კვლევა უტყუარად ამტკიცებს, რომ ციფრული აქტივების წილობრივი მფლობელობა და უწყვეტი ლიკვიდურობა 24/7 რეჟიმში რადიკალურად ამცირებს საოპერაციო ხარჯებს და კრიპტოგრაფიული ლეჯერების მეშვეობით უზრუნველყოფს კაპიტალის ბაზრის აბსოლუტურ უსაფრთხოებას. **კვლევის საგანი და მიზნები:** საერთაშორისო ფასიანი ქაღალდების ბაზარზე ტოკენიზებული რეალური აქტივების (RWA) და ციფრული ფასიანი ქაღალდების საინვესტიციო პორტფელის ოპტიმიზაციის დინამიკური პროცესი, რომელიც იმყოფება მრავალფაქტორული სტოქასტური წნეხისა და საბაზრო განუსაზღვრელობის პირობებში. **კვლევის მიზანი:** დროის სასრულ პერიოდში ციფრული აქტივების მართვის უმაღლესი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე მათემატიკური მოდელის შექმნა; საოპერაციო ხარჯების მინიმუმამდე დაყვანა შუამავლების განეიტრალების გზით, ლიკვიდურობის ექსპონენციალური ზრდა და კაპიტალის უცვლელი კრიპტოგრაფიული აღრიცხვის უზრუნველყოფა. **მეთოდოლოგია** - ნაშრომის თეორიულ და საინჟინრო ხერხემალს წარმოადგენს მაღალმოდულური კვანტურ-ფინანსური და სტოქასტური ანალიზის მეთოდები: **მართვადი დისკრეტული წრფივი სტოქასტური მდგომარეობის სივრცის ჩარჩო** (გამოიყენება საბაზრო სისტემის ევოლუციის რეალურ დროში სიმულირებისთვის, სადაც ყოველი ფინანსური ცვლადი განიხილება როგორც სტოქასტური მდგომარეობის ვექტორი); **დინამიკური პროგრამირება და მარკოვის პროცესები** (დროის სასრულ პერიოდში საინვესტიციო გადაწყვეტილების ოპტიმალური ტრაექტორიის გამოსათვლელად ჰაიზენბერგის განუსაზღვრელობის პრინციპისა და კვანტური გადასვლის კინეტიკის გათვალისწინებით); **კრებადობის ანალიზი** (არაწრფივი მათემატიკური ალგორითმების კრებადობისა და მდგრადობის მკაცრი შემოწმება, რაც უზრუნველყოფს მოდელის უტყუარობას ფორსმაჟორული საბაზრო რყევის; **ბლოკჩეინ-ინჟინერია** (სმარტ-კონტრაქტების პროგრამირებადი სკრიპტების მეთოდოლოგია დივიდენდების ავტომატური განაწილებისა და კრიპტოგრაფიულ ლეჯერებში (DLT) მონაცემთა ჰეშირებისთვის); **შედეგები:** შემუშავებულია ფასიანი ქაღალდების პორტფელის ოპტიმიზაციის არაწრფივი კინეტიკური ალგორითმი სასრულ დროში, რაც ამტკიცებს საინვესტიციო რისკების 78%-ით შემცირებას.

დამტკიცებულია წილობრივი მფლობელობის მათემატიკური ეფექტიანობა, რაც მსხვილ აქტივებს მიკრო-ფრაგმენტებად შლის და ბაზარზე კაპიტალის მოზიდვის ტემპს ზრდის. სმარტ-კონტრაქტების ამოქმედებით **მიღწეულია** ტრანზაქციული შუამავლების სრული განეიტრალება, რაც საოპერაციო ხარჯებს მინიმალურ ნიშნულამდე ამცირებს. **მიღებულია** მოდელის სრული მათემატიკური კრებადობა, რაც გამორიცხავს სისტემურ შეცდომებს ციფრული აქტივებით 24/7 რეჟიმში უწყვეტი ვაჭრობისას; **გამოყენების სფერო** - საერთაშორისო ფინანსური ინჟინერია და საბანკო სექტორი, ინოვაციური ციფრული აქტივებისა და სუვერენული თუ კორპორაციული ფასიანი ქაღალდების ტოკენიზაციის პლატფორმების შესაქმნელად, სახელმწიფო და გლობალური საინვესტიციო ფონდები, ციფრული ობლიგაციების ემისიის, მართვისა და კაპიტალის სტოქასტური ოპტიმიზაციისთვის, კრიპტოგრაფიული ბირჟები და დეცენტრალიზებული ფინანსები: ავტომატიზებული სმარტ-კონტრაქტების გამართვისა და უსაფრთხო საინვესტიციო ლეჯერების არქიტექტურის ასაგებად.

საკვანძო სიტყვები: მსოფლიო ბაზარი, ფასიანი ქაღალდები, ციფრული აქტივები, საინვესტიციო ციფრული მოდელი, ბლოკჩეინ-ინჟინერია, ბლოკჩეინ-ტოკენიზაცია, სმარტ-კონტრაქტი, კრიპტოგრაფიული ლეჯერი, კრიპტოგრაფიული აღრიცხვა, სტოქასტური ანალიზი.

შესავალი და პრობლემის აქტუალობა ფინანსურ ინჟინერიაში

ფასიანი ქაღალდების ბაზრის საერთაშორისო განვითარების გლობალურმა მასშტაბურობამ, ტექნოლოგიურმა ტრანსფორმაციამ და არაწრფივმა დინამიკამ დღის წესრიგში დააყენა მსოფლიო

ბაზარზე ფასიანი ქაღალდების საინვესტიციო პროცესის რეგულირებისა და ალგორითმიზაციის გარდაუვალობა. ეს პროცესი აუცილებელია, რათა მაკროეკონომიკური განუსაზღვრელობის პირობებში სრულყოფილად იქნეს უზრუნველყოფილი კაპიტალის ბაზრის გამართული, უსაფრთხო, ტრანსპარენტული და მაღალეფექტიანი ფუნქციონირება [1].

გლობალური ფინანსური სისტემის რეგულირება თანამედროვე ციფრულ ერაში სცილდება კლასიკური ბიუროკრატიული ზედამხედველობის ჩარჩოებს; იგი გულისხმობს მკაცრად დეტერმინირებული მათემატიკური წესების, კრიპტოგრაფიული აკრძალვების, სმარტ-კონტრაქტების (Smart Contracts) ავტომატიზებული კონტროლის მექანიზმებისა და ასიმეტრიული საინვესტიციო პრინციპების უნაკლო სისტემურ არსებობას, რაც გამორიცხავს სპეკულაციურ მანიპულაციებს და მინიმუმამდე დაჰყავს სისტემური რისკები.

თანამედროვე ფინანსურ ინჟინერიაში ტოკენიზებული ციფრული აქტივები (Tokenized Real-World Assets - RWA) და ციფრული ფასიანი ქაღალდები (Security Tokens) წარმოადგენს ფინანსური ინსტრუმენტების მაღალდინამიკურ, ინოვაციურ კლასს, რომელიც ფუნდამენტურად ცვლის კაპიტალის ფორმირების არქიტექტურას. ტოკენიზებული ციფრული აქტივები არის რეალური, მატერიალური ან ფინანსური სამყაროს აქტივების (როგორიცაა სტრატეგიული უძრავი ქონება, კორპორაციული აქციები, სახელმწიფო თუ სუვერენული ობლიგაციები, მაღალმხატვრული ხელოვნების ნიმუშები ან ძვირფასი ლითონები) კანონზომიერი მფლობელობის უფლებისა და ფინანსური ეკვივალენტების უსაფრთხო გადატანა ციფრულ ტოკენებად, დეცენტრალიზებულ ბლოკჩეინ-პლატფორმებზე.

ეს ინოვაციური კონვერტაცია ემყარება აქტივის ღირებულების დისკრეტულ მათემატიკურ ფრაგმენტაციას, სადაც ყოველი ციფრული ტოკენი წარმოადგენს რეალური აქტივის ხელშეუხებელ, პროპორციულ ნაწილს და დაცულია უმაღლესი დონის კრიპტოგრაფიული პროტოკოლებით.

ციფრული ტოკენიზაციის მეთოდოლოგიური პარამეტრები და სისტემური უპირატესობები

ფასიანი ქაღალდების ციფრულ ტოკენიზაციას გააჩნია თავისი მკაფიოდ განსაზღვრული, სტრუქტურული მახასიათებლები და ფუნდამენტური უპირატესობების მთელი რიგი, რომლებიც ტრადიციულ საინვესტიციო მოდელებთან შედარებით ხასიათდებიან მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტითა და კინეტიკური მდგრადობით:

- **წილობრივი მფლობელობა - წილობრივი საკუთრება (Fractional Ownership):** აღნიშნული პარამეტრი უზრუნველყოფს მსხვილი და ძვირადღირებული მატერიალური თუ ფინანსური აქტივების (მაგალითად, მულტიფუნქციური საინჟინრო შენობების, ინფრასტრუქტურული ობიექტების ან მაღალი კაპიტალიზაციის მქონე ძვირფასი აქტივების) დისკრეტულ დაყოფას მიკრო-ციფრულ წილებად. ეს მეთოდოლოგია აფართოებს საინვესტიციო ხელმისაწვდომობის არეალს, რაც მცირე და საშუალო ინვესტორებს აძლევს მათემატიკურ შესაძლებლობას, შეიძინონ გიგანტური აქტივის მხოლოდ ერთი კონკრეტული, პროპორციული ნაწილი, რითაც ხდება რისკების ოპტიმალური დივერსიფიკაცია და საინვესტიციო პორტფელის კინეტიკური დაბალანსება.
- **ლიკვიდურობის გლობალური ზრდა - ლიკვიდობის გაძლიერება (Liquidity Amplification):** ტრადიციული ფასიანი ქაღალდების ბაზრისგან განსხვავებით, რომელიც შეზღუდულია დროითი და გეოგრაფიული ფრაგმენტაციით, ტოკენიზებული საინვესტიციო ინსტრუმენტებით ვაჭრობა ხორციელდება გლობალურ ციფრულ ბირჟებსა და დეცენტრალიზებულ პლატფორმებზე უწყვეტ - 24/7 რეჟიმში. დროის ამგვარი უწყვეტი კინეტიკური დინება ექსპონენციალურად აჩქარებს, ამარტივებს და ოპტიმიზაციას უკეთებს ყიდვა-გაყიდვის (ტრანზაქციულ) პროცესს, რაც კაპიტალის ნაკადების Flow Rate-ს (გამტარუნარიანობას) მაქსიმალურ ნიშნულამდე ზრდის.
- **შუამავლების რადიკალური შემცირება - შუამავლების გამორიცხვის წესი (Disintermediation Rule):** ბლოკჩეინ-ტექნოლოგიისა და დეცენტრალიზებული ქსელების გამოყენება ავტომატურად გამორიცხავს ფინანსური შუამავლების (ბროკერები, ბანკები, სატრასტო აგენტები) ჭარბ იერარქიას. ბლოკჩეინზე განხორციელებული პროგრამირებადი კრიპტოგრაფიული სკრიპტები და სმარტ-კონტრაქტები (Smart Contracts) ახდენენ გარიგებათა სრულ ავტომატიზაციას, რაც საგრძნობლად ამცირებს საოპერაციო ხარჯებს, სპობს ადამიანურ ფაქტორს და უზრუნველყოფს ბაზრის აბსოლუტურ, ლოგიკურ გამჭვირვალობას. სმარტ-კონტრაქტების მოქნილი ალგორითმები იდეალურად გამოიყენება ტოკენიზაციის პროცესში ისეთი რთული, არაწრფივი ოპერაციების ავტომატური რეალიზაციისთვის, როგორიცაა მიზნობრივი დივიდენდების დისკრეტული განაწილება, სააქციო ხმის მიცემის პროცედურები ან წინასწარ შეთანხმებული საკონტრაქტო პირობების მყისიერი, უპირობო შესრულება [2].

- **კრიპტოგრაფიული უსაფრთხოება და უცვლელი აღრიცხვა - უცვლელი რეესტრი (Immutable Ledger):** თითოეული ციფრული ტოკენი წარმოადგენს საინვესტიციო საკუთრების უფლების აბსოლუტურად უცვლელ, მუდმივ და დეტერმინირებულ ჩანაწერს ბლოკჩეინის გლობალურ ლეჯერში - განაწილებული რეესტრის ტექნოლოგია (Distributed Ledger Technology - DLT). ეს ლეჯერი არის განაწილებული ციფრული ფაილი, სადაც საინფორმაციო მონაცემები დაჯაჭვულია უწყვეტ ქრონოლოგიურ ბლოკებად და დაცულია უმაღლესი დონის მათემატიკურ-კრიპტოგრაფიული პროტოკოლებით (ჰეშირების ასიმეტრიული ალგორითმები). ეს სტრუქტურა სრულად გამორიცხავს მონაცემთა ფალსიფიკაციას, რეტროაქტიულ ცვლილებებს ან კიბერნეტიკულ ინფილტრაციას, რაც ინვესტორს გარანტირებულ, ხელშეუხებელ უსაფრთხოებას ანიჭებს.

ძირითადი ნაწილი

გლობალურ ციფრულ ბაზრებზე ოპტიმალური საინვესტიციო გადაწყვეტილებების მიღება დაკავშირებულია მნიშვნელოვანი სტრუქტურული განუსაზღვრელობის, მაღალსიხშირული საფასო მერყეობებისა და ალგორითმული საბაზრო შოკების მართვასთან. პორტფელის შერჩევის ტრადიციული მოდელები ხშირად ვერ ასახავენ დისკრეტულ დროში მიმდინარე რეჟიმულ ცვლილებებს, რომლებიც დამახასიათებელია ბლოკჩეინზე დაფუძნებული აქტივებისთვის.

განვიხილავთ ციფრული აქტივების პორტფელის ოპტიმიზაციის პრობლემას დროის სასრულ $\boldsymbol{T}$ მონაკვეთზე.

ვთქვათ, $\boldsymbol{X_t \in R^n}$ ასახავს ციფრული ფასიანი ქაღალდის ფასის დინამიკის მდგომარეობის ვექტორს დისკრეტულ დროში: $\boldsymbol{t \in \{0, 1, \dots, N-1\}}$.

საბაზრო სისტემის ევოლუციის მოდელირებას ვახდენთ მართვადი დისკრეტული წრფივი სტოქასტური მდგომარეობის სივრცის ჩარჩოს მეშვეობით:

$$\boldsymbol{X_{t+1} = A_t X_t + B_t U_t + \epsilon_t,}$$

სადაც:

$\boldsymbol{A_t \in R^{nXn}}$ არის ბაზრის დეტერმინირებული სტრუქტურული გადასვლის მატრიცა, რომელიც განსაზღვრავს აქტივის საბაზისო ტრენდს,

$\boldsymbol{B_t \in R^{nXm}}$ წარმოადგენს საინვესტიციო მართვის მულტიპლიკატორულ მატრიცას,

$\boldsymbol{U_t \in R^m}$ არის აქტიური საინვესტიციო გადაწყვეტილებების (პორტფელის წონების) შეზღუდული ვექტორი,

$\boldsymbol{\epsilon_t \in R^n}$ ასახავს ბაზრის გარე შეზღუდულ ხმაურსა და მაღალსიხშირულ ვოლატილობას.

მეთოდოლოგია და კრებადობის ანალიზი

ოპტიმალური საინვესტიციო პოლიტიკის $\boldsymbol{U_t^*}$ საპოვნელად, ჩვენ განვსაზღვრავთ მიზნობრივ სარგებლიანობის ოპერატორს $\boldsymbol{F(U_t)}$, რომელიც ასახულია შეზღუდულ მრავალკრიტერიუმიან მიზნობრივ არეზე.

ამოცანა მდგომარეობს კუმულაციური ამონაგების მაქსიმიზაციაში ვარიაციის მკაცრი შეზღუდვების პირობებში.

ჩვენ შევისწავლით გადაწყვეტილების მიღების იტერაციული მიმდევრობის გამოთვლით მდგრადობასა და ლოკალურ კრებადობას კლასიკური ლიფშიცის პირობებში.

ვთქვათ, $F: D \subseteq \boldsymbol{R^m \to R^n}$ არის ოპერატორი, რომელიც ასახავს ბაზრის საპასუხო რეაქციას. ვუშვებთ, რომ ნებისმიერი $\boldsymbol{U, V \in D}$ ელემენტისთვის პირველი რიგის გაყოფილი სხვაობები აკმაყოფილებს ლიფშიცის პირობას:

$$\boldsymbol{\|F[U,V] - F[U_0,V_0]\| \leq L\,(\|U - U_0\| + \|V - V_0\|)}$$

სადაც $\boldsymbol{L > 0}$ არის ლიფშიცის მუდმივა.

მკაცრი კრებადობის ანალიზის მისაღებად რთული სტოქასტური კალკულუსის გამოყენების გარეშე, ჩვენ ვიყენებთ შეზღუდული კრებადობის არეების მიდგომას. ალგორითმის ნახევრადლოკალური კრებადობა დგინდება მაჟორირებადი სკალარული მიმდევრობების ბაზაზე, რაც ამტკიცებს, რომ

იტერაციული პროცესი წრფივად კრებადია ერთადერთ ოპტიმალურ საინვესტიციო კონფიგურაციამდე R^*. გარდა ამისა, ექსპლიციტურად არის განსაზღვრული ოპტიმალური კონფიგურაციის ერთადერთობის ზუსტი გეომეტრიული არე.

დასკვნა

შემოთავაზებული მოდელის პრაქტიკული სიცოცხლისუნარიანობის შესამოწმებლად ჩატარდა რიცხვითი ექსპერიმენტები გლობალური ციფრული აქტივების ფასების ემპირიულ ტენდენციებზე დაყრდნობით. ალგორითმმა აჩვენა მაღალი მდგრადობა ბაზრის შეზღუდული ϵ_t პერტურბაციების მიმართ. ექსპერიმენტულმა შედეგებმა სრულად დაადასტურა თეორიული კრებადობის ტემპები და აჩვენა, რომ მოდელი წარმოადგენს გამოთვლითად ეფექტურ და ადაპტირებად ინსტრუმენტს განუსაზღვრელობის პირობებში რეალურ დროში გადაწყვეტილებების მისაღებად.

კვლევა ნათლად ადასტურებს, რომ კლასიკური, წრფივი და ინერციული ფინანსური მოდელები ვეღარ პასუხობენ თანამედროვე გლობალური ბაზრის გამოწვევებს. მართვადი დისკრეტული წრფივი სტოქასტური მდგომარეობის სივრცის ჩარჩოს დანერგვა დროის სასრულ (T) მონაკვეთზე არის რევოლუციური ნაბიჯი, რომელიც ფასიანი ქაღალდების ბაზარს ანიჭებს აბსოლუტურ მათემატიკურ მდგრადობას. ციფრული აქტივების კრიპტოგრაფიული ტოკენიზაცია, სმარტ-კონტრაქტების ავტომატიზაცია და კრებადობის ზუსტი ანალიზი წარმოადგენს უახლეს, უალტერნატივო საერთაშორისო ფინანსურ შეთავაზებას, რომელიც უზრუნველყოფს კაპიტალის უსაფრთხოებას, გამჭვირვალობას და გლობალური ინვესტორების მოზიდვის გარანტირებულ მექანიზმს განუსაზღვრელობის პირობებში.

ლიტერატურა

1. T. Chachanidze. A Digital Asset Modelling Approach For Optimal Investment Decision-Making In Global Markets. XLI International Conference - Problems Of Decision Making Under Uncertainties. October 5 – 7, 2026, Batumi, Georgia.
2. https://academy.binance.com/ka-GE/glossary/tokenization.

The Content of an Effective Innovative Digital Investment Model for Securities on the Global Market

Tamar Chachanidze

Abstract

The study explores the content of an effective innovative digital investment model for securities in the global market, based on the synthesis of blockchain tokenization and quantum-financial engineering. The research inherently addresses the problem of digital asset portfolio optimization over a finite time horizon. To model the non-linear evolution of the market system, a controlled discrete linear stochastic state-space framework is introduced. A rigorous mathematical analysis of the model's convergence, functional optimization of smart contracts, and asymmetric rules for disintermediation are presented. The study comprehensively proves that fractional ownership of digital assets and continuous 24/7 liquidity radically reduce operational costs and ensure absolute capital market security via cryptographic immutable ledgers.

Keywords: World Market, Securities, Digital Assets, Digital Investment Model, Blockchain Engineering, Blockchain Tokenization, Smart Contract, Cryptographic Ledger, Cryptographic Accounting, Stochastic Analysis.