

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნიკა ბოჭორიშვილი

ფენობრივი ტიპის მადნეულ საბადოთა მიწისქვეშა დამუშავების ტექნოლოგიური  
პროცესების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირება  
(ჭიათურის საბადოს მაგალითზე)

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2014

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტი  
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: ასტინიძე მუხომანი პეტრეს ძე. წამაყვანიძე  
პეტრეს ძე. მამაყვანიძე

რეცენზენტები: -----  
-----

დაცვა შედგება ----- წლის ” --- ” ----- , ----- საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური  
ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის №  
სხდომაზე, კორპუსი ----- , აუდიტორია -----  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,  
ასოც.პროფესორი

დ. თევზაძე

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალურობა. თანამედროვე სამთო საწარმოს მართვა შეუძლებელია ტრადიციული მეთოდებით, რომლებიც დამყარებული იყო ინტუიციურ შეფასებებზე და ელემენტარულ გათვლებზე. ახალმა ეკონომიკურმა გარემომ, რომელიც მძაფრი კონკურენციით ხასიათდება, შეცვალა სამთო საწარმოების მუშაობის პირობები და კომპანიების მართვის წინაშე ახალი ამოცანები დააყენა.

საზღვარგარეთის სამთო კომპანიებში ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-იან წლებში დაიწყო ე.წ. კორპორატიული მართვის სისტემების (Business Management Systems, BMS) გამოყენება, რომელიც ემყარებოდა ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების მეთოდებს და იძლეოდა საწარმოს საქმიანობის ანალიზის საშუალებას.

კომპიუტერული ტექნიკის განვითარებასთან ერთად შეიქმნა სტანდარტული პროგრამები, რომლებიც განკუთვნილია სამთო საწარმოების მართვის ცალკეული ამოცანების გადასაწყვეტად. ბოლო ათწლეულში მნიშვნელოვნად გაფართოვდა ავტომატიზებული საინფორმაციო სისტემებისა და კომპიუტერული პროგრამების გამოყენება სამთო კომპანიების ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით. კომპიუტერული უზრუნველყოფა მოიცავს სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების პრაქტიკულად ყველა სფეროს. იგი ქმნის სამთო საწარმოს ერთიან საინფორმაციო სივრცეს, რომელიც მოიცავს გეოლოგიური და სამარქშიდერო მონაცემების ბაზას, სამთო სამუშაოების ოპტიმალური დაგეგმვის პროგრამულ უზრუნველყოფას, საწარმოს ფინანსური მდგომარეობის მართვისა და მარკეტინგის კომპლექსურ სისტემას. იგი უზრუნველყოფს საწარმოს მართვის სტრატეგიული და ოპერატიული ამოცანების დასაბუთებულად გადაწყვეტას და ხელს უწყობს მიღებული გადაწყვეტილებების რეალიზაციას.

საქართველოში სამთო სამუშაოების დაპროექტებისას კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების შემუშავების პირველი მცდელობა ჯერ კიდევ 1980-იან წლებში განხორციელდა გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტში პროფ.

ი. ზურაბიშვილის ხელმძღვანელობით. ამ სამუშაოებში გამოკვლეულია ფენობრივ მადნეულ საბადოთა გახსნისა და მომზადების ოპტიმიზაციის ამოცანები მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით. ბუნებრივი, ტექნოლოგიური და ეკონომიკური ფაქტორების ანალიზის საფუძველზე შემუშავებულია მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს დასამუშავებელი პანელების, ბლოკებისა და საწარმოო უბნების ოპტიმალური ზომები.

საქართველოს სამთო საწარმოებში სამუშაოების დაპროექტებისა და მართვის კომპიუტერული სისტემების უპირატესობები დღემდე სრულად არ არის გამოყენებული. მათ ათვისებას ისეთ მსხვილ საწარმოო ობიექტებში, როგორც ჭიათურის, მადნეულის და ტყიბულის სამთო-გამამდიდრებელი კომპანიებია, მნიშვნელოვანი ეფექტის მოტანა შეუძლია. დღეისათვის კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების შემუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფს საქართველოს სამთო საწარმოთა მართვისა და სამუშაოთა დაპროექტების ამოცანების დასაბუთებულად გადაწყვეტას, აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

**სამუშაოს მიზანი.** სადისერტაციო სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ფენობრივი ტიპის მადნეული საბადოს დამუშავების დაპროექტების მეთოდების სრულყოფა საწარმოო პროცესების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების გამოყენებით.

**კვლევის საგანი.** მადნის მოპოვების საპროექტო განსაზღვრის მეთოდები საწარმოო პროცესების მათემატიკური მოდელირების გამოყენებით.

**კვლევის მეთოდები.** კვლევის თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს ეკონომიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირების დებულებები და სამთო საწარმოების ეკონომიკური საქმიანობის ანალიზის მეთოდები.

მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის ანალიზისათვის გამოყენებულია იმიტაციური მოდელირების მეთოდები. მაღაროს ახალი ველების ათვისების საპროექტო პარამეტრების ანალიზი

შესრულებულია ინვესტიციების ეკონომიკური და ფინანსური ეფექტიანობის შეფასების თანამედროვე მეთოდების საფუძველზე.

კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტისას გამოყენებულია ჭიათურის მაღაროებში მადნის მოპოვების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები ბოლო 2-3 წლის განმავლობაში, სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის მეთოდები, აგრეთვე პროგრამული უზრუნველყოფის ისეთი ინსტრუმენტები, როგორცაა visual studio 2010, MS Excel და Statistica.

### **კვლევის შედეგები და მეცნიერული სიახლე:**

- მანგანუმის მადნის მოპოვების ცალკეული საწარმოო პროცესების ეკონომიკური მაჩვენებლების დამოკიდებულება ტექნოლოგიურ მახასიათებლებზე ფორმალიზდება ანალიზური მათემატიკური ამოცანების სახით, რომელთა საფუძველზე შემუშავებული ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი იძლევა მრავალვარიანტიანი საპროექტო გადაწყვეტების შედარებითი ანალიზის საშუალებას.
- შემუშავებულია მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი, რომელიც ცნობილი მოდელებისაგან განსხვავებით, სრულად ითვალისწინებს ჭიათურის მაღაროების საწმენდ და მოსამზადებელ გვირაბებში საოპერაციო დანახარჯების ფორმირების თავისებურებებს.
- შემუშავებულია მაღაროების ახალი ველების ათვისების საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი, რომელსაც საფუძვლად უდევს კაპიტალური დანახარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების თანამედროვე კრიტერიუმები. ცნობილი მოდელებისაგან განსხვავებით, მოდელი ითვალისწინებს მანგანუმის მადნის ხარისხს, კონცენტრატის გამოსავალს და სხვა დამატებით ფაქტორებს, მათ შორის კორპორაციაში შემავალი სამთო საწარმოების ეკონომიკური საქმიანობის თავისებურებებს.

მიღებული შედეგების გამოყენების სფერო. სამუშაოს შედეგები განკუთვნილია ისეთი ამოცანების გადასაწყვეტად, როგორცაა:

- მადნის მოპოვების ტექნოლოგიების მრავალვარიანტული ანალიზი და მის საფუძველზე რაციონალური ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა;
- სამთო საწარმოთა საინვესტიციო პროექტების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება.

პრაქტიკული მნიშვნელობა. შესრულებული კვლევის შედეგები ხელს შეუწყობს სამთო საწარმოების საქმიანობის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირებისა და მადნის მოპოვების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების მეთოდების განვითარებას. კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა არის შემდეგი:

- მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი შეიძლება გამოყენებული იქნას საწმენდი და მოსამზადებელი სამუშაოების საპროექტო პარამეტრების ვარიანტების ეკონომიკური შეფასებისათვის საწარმოო უბნის დონეზე. მოდელი საშუალებას იძლევა კონკრეტული სამთო-ტექნიკური პირობებისათვის დადგინდეს მოპოვების ეკონომიკურად ხელსაყრელი ტექნოლოგიური სქემები და განისაზღვროს შერჩეული ტექნოლოგიის ისეთი პარამეტრები (საწმენდი საწარმოების ზომები, წინსვლის სიჩქარე და დღეღამური მწარმოებლობა), რომლებიც უზრუნველყოფენ ოპერაციული დანახარჯების მინიმიზაციას.
- საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი შესაძლებლობას იძლევა შესრულდეს მაღაროს ახალი ველის დამუშავების მეთოდების შედარებითი ანალიზი და შეფასდეს კაპიტალური დანახარჯების ეკონომიკური და ფინანსური ეფექტიანობა.

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა დემონსტრირებულია კონკრეტულ მაგალითებზე. ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის გამოყენებით შესრულებულია მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკური მაჩვენებლების

შედარებითი ანალიზი ითხვისის მადაროს საწარმოო უბნის კონკრეტული სამთო-ტექნიკური პირობების გათვალისწინებით. საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი გამოყენებულია შუქრუთის მადაროს ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდებარე ახალი ამოსადები ველის დამუშავების საინვესტიციო დანახარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობის შესაფასებლად.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.** სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 127 გვერდს და 33 ნახაზს. იგი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან.

## **ნაშრომის მოკლე შინაარსი**

### **თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა**

ბოლო ათწლეულში საზღვარგარეთის მრავალ სამეცნიერო ცენტრში და სპეციალიზებულ კომპანიაში შესრულებულია მნიშვნელოვანი სამუშაოები სამთო საწარმოთა დაპროექტების კომპიუტერული პროგრამების შექმნისა და სრულყოფის დარგში (კანადის სამთო-მეტალურგიული ინსტიტუტი, ავსტრალიის მინერალების ინსტიტუტი, კოლორადოს სამთო ინსტიტუტი, სამხრეთ აფრიკის სამთო-მეტალურგიული ინსტიტუტი, დონეცკის სამთო ინსტიტუტი, ინსტიტუტი „გიპრორუდა“, Gemcom Services Inc, Maptek, ESC Mining Software, Mintec Inc, Runge Mining Inc, Mintec Inc, Micromine PTY LTD, Surpac Software International, Datamine LTD და სხვა). კომპიუტერული პროგრამირების მეთოდოლოგიური ამოცანები გამოკვლეულია გ. სმიტის, ჯ. პირსონ-ტილორის, დ. ანდერსენის, გ. ლანსის, ნ. სასტოს, ე. ბონდის, მ. მილენას, ა. ბურჩაკოვის, ი. რიჟკოვის, ე. როგოვის, ე. გოიზმანის, პ. სტეპანოვის, ი. ზურაბიშვილის და სხვა მეცნიერთა ნაშრომებში.

სამთო საწარმოების დაპროექტებისა და დაგეგმვისთვის გამოყენებული კომპიუტერული პროგრამები მათი დანიშნულების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

1. *საერთო დანიშნულების სამთო პროგრამები.* ეს პროგრამები სტანდარტულად შეიცავს გეოლოგიურ მოდელირებას, მარაგების შეფასებას, სამთო სამუშაოების დაპროექტებასა და მარქშეიდერებს. სპეციალისტები მიუთითებენ, რომ ასეთი სამთო პროგრამები იძლევა ბაზური მოდელირების საშუალებას, მაგრამ რთულ პრობლემას წარმოადგენს მათი ადაპტირება სამთო საწარმოს ფუნქციონირების კონკრეტული პირობებისადმი. ხშირ შემთხვევაში საჭირო ხდება ბაზური პროგრამის მნიშვნელოვანი გარდაქმნა და სრულყოფა კონკრეტული საწარმოს პირობების მიხედვით.
2. *სპეციალური სამთო პროგრამები.* ეს პროგრამები განკუთვნილია ისეთი სამთო ტექნოლოგიური ამოცანებისთვის, რომელთა გადაწყვეტა საერთო დანიშნულების უნივერსალური პროგრამებით შეუძლებელია ან გართულებულია. არსებობს ამ ტიპის პროგრამების მრავალი პაკეტი, რომლებიც შექმნილია სამეცნიერო დაწესებულებების ან თვით სამთო საწარმოების მიერ. ასეთი პროგრამები შემუშავებულია კონკრეტული საბადოს (ან მსგავსი ტიპის საბადოების) დამუშავების სპეციფიკური სამთო-ტექნიკური პირობების გათვალისწინებით.

სამთო საწარმოთა ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების ანალიზისას გამოყოფენ ოპტიმიზაციურ და იმიტაციურ მოდელებს. პირველი ემყარება ოპტიმიზაციის ალგორითმს და იძლევა ამოცანის ოპტიმალური გადაწყვეტის საშუალებას. ამ მოდელის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ აუცილებელი ხდება რეალური მდგომარეობის გამარტივება, რაც ამცირებს მიღებული შედეგების საიმედოობას. ამიტომ ოპტიმიზაციურ მოდელებს სპეციალისტები სკეპტიკურად უყურებენ. ოპტიმიზაციური მოდელისგან განსხვავებით, იმიტაციურ მოდელს საფუძვლად უდევს ექსპერიმენტული ან ევრისტიკული ანალიზი კომპიუტერის



საშუალებით. იმიტაციური მოდელი იძლევა რთული კომპლექსური პრობლემების გადაწყვეტის საშუალებას, მაშინ როცა ოპტიმიზაციური მოდელებით შესაძლებელია მივიღოთ ოპტიმალური გადაწყვეტები მხოლოდ მარტივი სტრუქტურის პრობლემებისათვის. სპეციალისტები მიუთითებენ, რომ იმიტაციური მოდელირება წარმოადგენს ეკონომიკური სისტემების ანალიზის ერთ-ერთ მძლავრ მეთოდს. სხვა უპირატესობებთან ერთად, იმიტაციური მოდელირება საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ მანდის მოპოვების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე და რიცხობრივად შეფასდეს მათი ზემოქმედება საწარმოს საქმიანობის საბოლოო შედეგებზე.

გამოქვეყნებული ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს:

1. სამთო საწარმოს დაპროექტების და დაგეგმვის თანამედროვე მეთოდებს საფუძვლად უდევს ტექნოლოგიურ პარამეტრებსა და ეკონომიკურ მაჩვენებლებს შორის სტრუქტურულ-ლოგიკური და ფუნქციონალური დამოკიდებულების განსაზღვრა, ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის შემუშავება და მის საფუძველზე საპროექტო გადაწყვეტების მრავალვარიანტული ანალიზი;
2. იმიტაციური მოდელირება საშუალებას იძლევა გამოვიკვლიოთ სისტემის ცალკეულ რგოლებს შორის რთული ურთიერთკავშირი და მათი გავლენა საწარმოს ფუნქციონირების შედეგებზე, გამოვლინდეს ყველაზე მნიშვნელოვანი ცვლადი ფაქტორები და რიცხობრივად შეფასდეს მათი ზემოქმედება საბოლოო ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე.
3. საქართველოს სამთო საწარმოებში სამუშაოების დაპროექტებისა და მართვის კომპიუტერული სისტემების უპირატესობები დღემდე სრულად არ არის გამოყენებული. მათ ათვისებას ისეთ მსხვილ საწარმოო ობიექტში, როგორც ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატია, მნიშვნელოვანი ეფექტის მოტანა შეუძლია.

4. კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების შემუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფს საქართველოს სამთო საწარმოთა მართვისა და სამუშაოთა დაპროექტების ამოცანების დასაბუთებულად გადაწყვეტას, აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

## თავი 2. ძირითადი ამოცანები და კვლევების მეთოდოლოგია

ჭიათურის საბადოს ხანგრძლივი ექსპლუატაციის პერიოდში დაგროვილია დიდი გამოცდილება მანგანუმის მადნის ფენების დამუშავების მეთოდების სრულყოფისა და სამთო სამუშაოების დაპროექტების დარგში. მეცნიერთა და სპეციალისტების რამდენიმე თაობის მიერ შესრულებულია მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-საპროექტო სამუშაოები მანგანუმის მადნის რესურსების რაციონალური ათვისების დასაბუთებული სტრატეგიის შემუშავებისა და მადნის მოპოვება-გამდიდრების რაციონალური მეთოდების შერჩევის მიზნით. ჭიათურის საწარმოს სპეციალისტებთან ერთად, ამ საქმეში დიდი წვლილი შეიტანეს გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის, ასევე სხვა სამეცნიერო და საპროექტო ინსტიტუტების მეცნიერებმა და სპეციალისტებმა.

ბოლო წლებში გამოიკვეთა ახალი ტენდენციები, რომელთა სწორი ანალიზის და გათვალისწინების გარეშე შეუძლებელია მანგანუმის მადნის და მისი გადამამუშავების პროდუქტების კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფა თანამედროვე პირობებში და გრძელვადიან პერიოდში. ეს ტენდენციები მოიცავს ჭიათურის მადაროების საწარმოო საქმიანობის ყველა სფეროს:

1. გაიზარდა მადაროს ახალი ველების მომზადების კაპიტალური დანახარჯები და მადნის მოპოვების ოპერაციული ხარჯები. ეს გამოწვეულია იმით, რომ შემცირდა და უახლოეს წლებში ამოიწურება მადნის მარაგები, რომელთა ღია წესით დამუშავება ეკონომიკურად ხელსაყრელია. მადაროების საწარმოო სიმძლავრის

შესანარჩუნებლად აუცილებელია ახალი მიწისქვეშა უბნების მომზადება საბადოს პერიფერიულ და განმეორებით დასამუშავებელ ველებში, რომლებიც შედარებით რთული სამთო-ტექნიკური პირობებით ხასიათდება;

2. გაუარესდა მადნის ხარისხობრივი მაჩვენებლები და შემცირდა მაღალი ხარისხის ჟანგეული მადნების მარაგების ხვედრითი წილი საერთო მარაგებში. ამჟამად მაღალი ხარისხის მადნები საერთო მარაგების 26%-ს არ აღემატება, მაშინ როცა 1960-ან წლებში ეს მაჩვენებელი თითქმის 50%-ს შეადგენდა. მოპოვებულ ნედლეულში მანგანუმის დაბალი შემცველობა ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს კონცენტრატის გამოსავალზე. 1<sup>ტ</sup> კონცენტრატის მისაღებად "ჯორიჯიან მანგანუმს" 3-4-ჯერ მეტი მანგანუმის მადნის მოპოვება და გამდიდრება უხდება, ვიდრე მის კონკურენტ ავსტრალიის, სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკისა და ბრაზილიის კომპანიებს, რომლებიც ძირითადად მაღალი ხარისხის მადნებს ამუშავებენ და დომინირებენ მსოფლიო მანგანუმის ბაზარზე. ამ პირობებში ჭიათურის პროდუქტების კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფა მოითხოვს არსებული რესურსების გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლებას;
3. ამჟამად მიწისქვეშა წესით მოპოვებული მადნის 70%-ზე მეტი განმეორებით დასამუშავებელ ველებზე მოდის. უახლოეს წლებში კიდევ უფრო გაიზრდება მადნის საერთო მოპოვებაში განმეორებით დასამუშავებელ ველებში მოპოვებული მადნის წილი. ასეთი ველებისათვის დამახასიათებელია შედარებით რთული სამთო-ტექნიკური პირობები და ამოსაღები ბლოკების შეზღუდული ზომები, რაც აფერხებს თანამედროვე მაღალმწარმოებლური მექანიზებული სამაგრების და კომპლექსების გამოყენებას. ეს ფაქტორები ნეგატიურად მოქმედებს მადნის მოპოვების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე, ამასთან ამაღლებს სამთო სამუშაოების დაპროექტების მეთოდების სრულყოფის მნიშვნელობას.
4. სამთო საწარმოს გარემოზე ზემოქმედების შემცირების ბოლო წლებში გამკაცრებული მოთხოვნების დაკმაყოფილება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ეკონომიკურ დანახარჯებთან. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების

დაცვის სამინისტროს მიერ შემუშავებულია ღონისძიებათა კომპლექსი ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის საქმიანობით გამოწვეული ნეგატიური ზემოქმედების მინიმინზაციის მიზნით. ამ ღონისძიებების რეალიზაცია მოითხოვს მსხვილ დანახარჯებს მდინარე ყვირილაში ჩამდინარე წყლების გაწმენდის, გამომუშავებული საკარიერო ველების რეკულტივაციისა და ჰაერში მავნე ნივთიერების გავრცელების შემცირების მიზნით.

5. მანგანუმის მადნისა და მანგანუმის ფეროშენადნობების მსოფლიო ბაზრის ფასების მერყეობისა და პერიოდული შემცირების ტენდენცია, რომელიც გამოიკვეთა ბოლო ათწლეულში, ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს საწარმოს ეკონომიკურ მდგრადობაზე. 1ტ მანგანუმის მადნის ფასი Mn-ის 1% შემცველობაზე 2008 წელს შეადგენდა 12-14 აშშ დოლარს, ხოლო 2012 წელს - 5-7 აშშ დოლარს. ამავე პერიოდში სილიკომანგანუმის ფასი 2000-2100 აშშ დოლარიდან შემცირდა 1400-1500 დოლარამდე.

ზემოთ ჩამოთვლილი ტენდენციების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ აუცილებელია იმ პრობლემების ნიველირების გზების გამონახვა, რომლებიც ასუსტებს მადნის კონკურენტუნარიანობას და ართულებს საწარმოს რენტალობის უზრუნველყოფას. ამ ამოცანების გადაჭრის ერთ-ერთ მთავარ პირობას წარმოადგენს სამთო სამუშაოების დაგეგმვისა და მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური პროცესების დაპროექტების სრულყოფა თანამედროვე კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების გამოყენებით.

მადნის მოპოვების საპროექტო ღონის უზრუნველყოფა მინიმალური კაპიტალური და ოპერაციული დანახარჯებით მოითხოვს საწარმოს პროცესების ანალიზს ორ იერარქიულ დონეზე. პირველი გულისხმობს მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ვარიანტების შედარებით ეკონომიკურ ანალიზს მოქმედი ან დასაპროექტებელი საწარმოს უბნის დონეზე, ხოლო მეორე - მადარობის ახალი ველების ათვისების საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასებას. საწარმოს საბოლოო ეკონომიკური მაჩვენებლების განსაზღვრისას მხედველობაში

უნდა მივიღოთ, რომ ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი წარმოადგენს მსხვილი კორპორაციის „ჯორჯიან მანგანუის“ სტრუქტურულ ერთეულს. ამიტომ კაპიტალური დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასებისას აუცილებელია თავისებურებების გათვალისწინება, რომლებიც ახასიათებს კორპორაციაში შემავალ სამთო საწარმოებს.

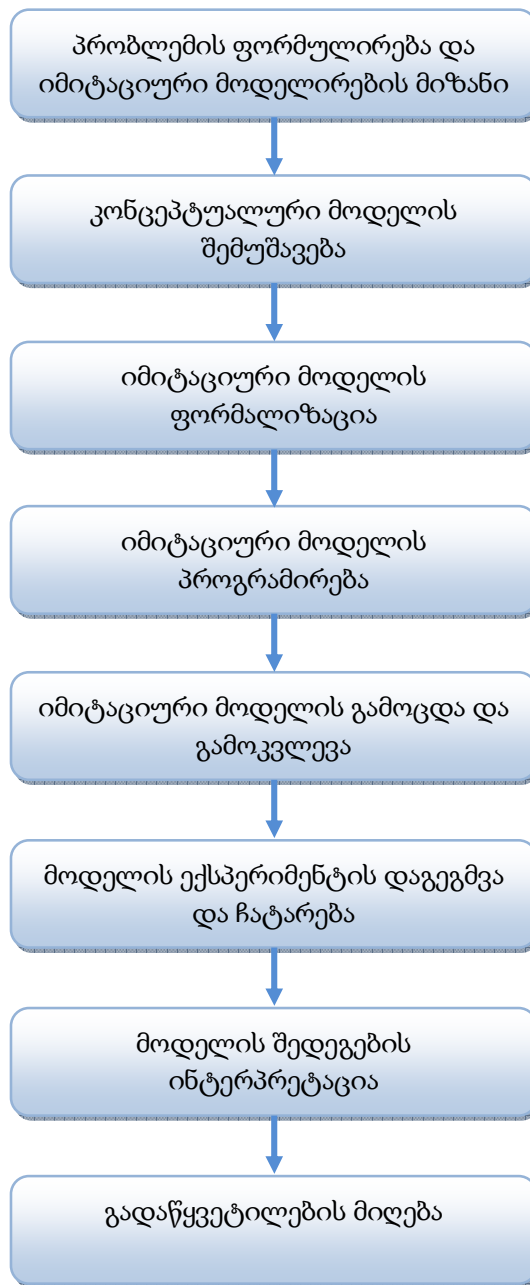
კვლევის მიზნის მისაღწევად აუცილებელია შემდეგი ამოცანების შესწავლა და გადაწყვეტა:

1. შესრულდეს ძირითადი საწარმოო პროცესების სისტემური ანალიზი და ფორმალიზაცია მადნის მარაგების ათვისების სამთო-გეოლოგიური, საწარმოო-ტექნიკური და ეკონომიკური პირობების სპეციფიკის გათვალისწინებით;
2. შემუშავდეს მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი საწმენდი და მოსამზადებელი სამუშაოების საპროექტო პარამეტრების ვარიანტების ეკონომიკური შეფასებისათვის საწარმოო უბნის დონეზე;
3. შემუშავდეს მაღაროს ახალი ველების ათვისების საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მადნის მოპოვების საპროექტო მაჩვენებლები მინიმალური კაპიტალური და ოპერაციული დანახარჯებისას.
4. შესრულდეს შემუშავებული კომპიუტერული მოდელის აპრობაცია ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მაღაროების მოქმედი და ასათვისებელი ველების დამუშავების სამთო-ტექნიკური პირობებისათვის და დასაბუთდეს მისი გამოყენების ეფექტიანობა მადნის მოპოვების ეკონომიკური მაჩვენებლების ასამაღლებლად.

მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის ანალიზისათვის გამოყენებულია იმიტაციური მოდელირების მეთოდები. კომპიუტერული მოდელირების პროცესი მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. ობიექტის განსაზღვრა – საზღვრებისა და შეზღუდვების დადგენა, ობიექტის ფუნქციონირების ეფექტიანობის მაჩვენებლის განსაზღვრა;
2. ობიექტის ფორმალიზაცია – რეალური ობიექტიდან გადასვლა ლოგიკურ სქემამდე (მოდელის შექმნა);
3. მოდელში შემავალი მონაცემების შერჩევა და მათი წარმოდგენა ანალიზური ფორმით;
4. სამოდელო ალგორითმისა და კომპიუტერული პროგრამის შემუშავება;
5. მოდელისა და რეალური ობიექტის ადეკვატურობის შეფასება – მოდელირების შედეგების კორექტურობის წინასწარი განსაზღვრა;
6. სამოდელო ექსპერიმენტების დაგეგმვა, რიცხობრივი მოდელირება და შედეგების ანალიზი;
7. რეალიზაცია – მოდელირების შედეგების პრაქტიკული გამოყენება.

ჩვენი ამოცანისთვის იმიტაციური მოდელირების მიზანს წარმოადგენს მადნის მოპოვების ეკონომიკური მაჩვენებლების განსაზღვრა, მათი შედარებითი ანალიზი და გადაწყვეტილების მიღება დასაპროექტებელი პანელის (ბლოკის) გამომუშავების ეკონომიკურად ხელსაყრელი მეთოდის (ლავებით, სპირაჯოებით) შესარჩევად. შემუშავებული მეთოდიკის შესაბამისად, მოდელირება შესრულებულია რამდენიმე ეტაპად (ნახ.1).



**ნახ.1. იმიტაციური მოდელირების ეტაპები**

დამუშავების პროცესების მოდელირებას საფუძვლად დაედო 1 ტონა მადნის მოპოვებისათვის საჭირო დაყვანილი საოპერაციო და კაპიტალური დანახარჯების ჯამი მოპოვების სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებისას:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{C_{ij} + PR_{ij}}{Q}$$

სადაც,

m არის პანელის (ბლოკის) დამუშავების სხვადასხვა ხარჯების სახეობათა რაოდენობა;

$C_{ij}$  – პანელის (ბლოკის) დამუშავების საოპერაციო ხარჯები j ტექნოლოგიის დროს, დოლარი;

$R_{ij}$  – პანელის (ბლოკის) დამუშავების კაპიტალური ხარჯები j ტექნოლოგიის დროს, დოლარი.

P – კაპიტალური დაბანდების დისკონტირების კოეფიციენტი;

Q – პანელის (ბლოკის) სამრეწველო მარაგი, ტონა;

კაპიტალური ხარჯები დროის მიმდინარე მომენტისათვის დაიყვანება დისკონტირების კოეფიციენტის P-ს საშუალებით:

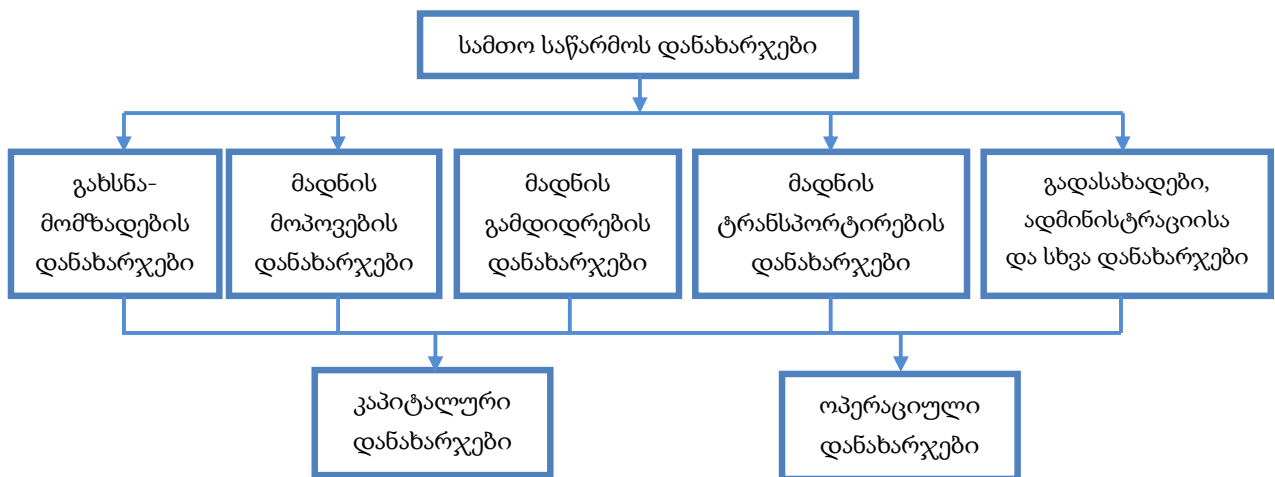
$$P = \frac{1}{1 + \left(\frac{E}{100}\right)^t}$$

სადაც, t არის კაპიტალური ხარჯების დაგეგმვის ინტერვალი, წელი;  
E - დისკონტის ნორმა, %. მოდელში დისკონტირების ნორმა მიღებულია E=15%, რომელიც შეესაბამება თანამედროვე პირობებში სამთო საწარმოებში ინვესტიციების ეფექტიანობის დონეს.

ახალი ველების ათვისების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის შემუშავებისას გამოყენებულია კაპიტალდაბანდების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასების სტანდარტული მეთოდები და ეტალონური კრიტერიუმები, რომლებიც მისადაგებულია ჭიათურის მადარობის, როგორც კორპორაციაში შემავალი საწარმოების ეკონომიკური საქმიანობის პირობებთან და საქართველოს საგადასახადო კანონმდებლობის თავისებურებებთან. ანალიზისას მადარო პირობითად მიღებულია, როგორც დამოუკიდებელი საწარმოო ერთეული, ამასთან



ეკონომიკური მაჩვენებლები განსაზღვრულია საბოლოო პროდუქტის - მანგანუმის კონცენტრატის მისაღებად საჭირო კაპიტალური და ოპერაციული დანახარჯების მიხედვით. მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების მოდელისგან განსხვავებით, ეს მოდელი საშუალებას იძლევა გაანალიზდეს საწარმოს საბოლოო ეკონომიკური მაჩვენებლები და შეფასდეს კაპიტალდაბანდებად ეფექტიანობა. სამთო საწარმოს პროექტის რეალიზაციის პერიოდში ჯამური კაპიტალური და საწარმოო დანახარჯები მოიცავს საბადოს გახსნა-მომზადების, მადნის მოპოვების, გამდიდრების, მადნის ტრანსპორტირებისა და სხვა დანახარჯებს ( ნახ. 3).



ნახ. 2. სამთო საწარმოს დანახარჯები პროექტის რეალიზაციის პერიოდში

სამთო საწარმოს საინვესტიციო პროექტის ეკონომიკური ეფექტიანობის შესაფასებლად გამოყენებულია შემდეგი მათემატიკურ-ეკონომიკური მოდელი:

$$P = \left( \sum_{i=1}^N X_i \gamma_i \right) S - \left( \sum_{i=1}^N X_i \gamma_i \right) C_i \rightarrow \max$$

სადაც:  $P$  არის სამთო საწარმოს მოცემა,  $N$  – საწარმოო უბნების რაოდენობა,  $X_i$  – მადნის მოპოვება  $i$  უბანზე,  $\gamma$  - კონცენტრატის გამოსავალი,  $S$  - კონცენტრატის გასაყიდი ფასი,  $C_i$  – სრული დანახარჯები 1 ტონა კონცენტრატის მისაღებად.

### **თავი 3. მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ- მათემატიკური მოდელირება**

ჭიათურის კომბინატის ყველა მაღაროს ველი გახსნილია ჰორიზონტალური შტოლნებით, ხოლო მომზადება ხდება საპანელო ან საუბნე შტრეკებით. ამ გვირაბებიდან გაყვანილი პარალელური დამჭრელი შტრეკებით მიიღება ამოსაღები სვეტები, რომლებიც გამომუშავდება ლავებით ან სპირაჯოებით. სვეტების სიგრძე ლავებით გამომუშავებისას შეადგენს 200-600 მეტრს, ხოლო სპირაჯოებით გამომუშავებისას - 60-150 მეტრს. პრაქტიკულად ყველა მოსამზადებელი და დამჭრელი გვირაბები გაყვანილია მანგანუმის მადნის ფენში, ამიტომ მადნის საერთო მოპოვებაში გვირაბების გაყვანისას მოპოვებული მადნის ხვედრითი წილი საკმაოდ მაღალია.

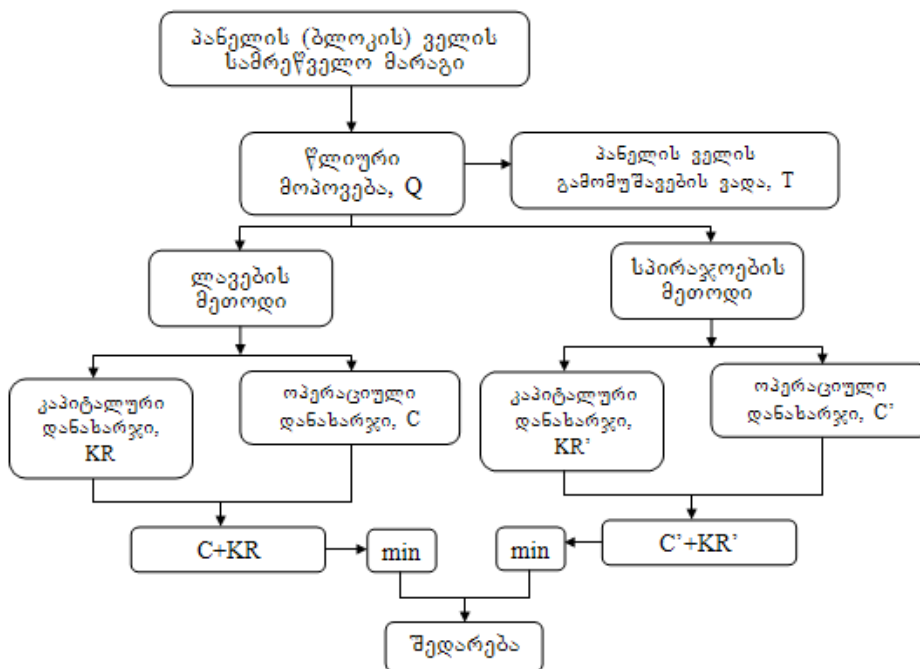
ლავების მეთოდის გამოყენების არეს წარმოადგენს საშუალო სისქის ფენები (3.2 მ-დე), როცა ჭერში განლაგებულია ადვილადქცევადი ქანები, ხოლო ამოსაღები სვეტების სიგრძე შეადგენს არანაკლებ 200 მ-ს. სპირაჯოები გამოიყენება შედარებით რთულ სამთო-ტექნიკურ პირობებში, მათ შორის განმეორებით დასამუშავებელ ველებსა და შეზღუდული ზომის სვეტებში. ლავის სიგრძე შეადგენს 20-40 მ-ს, სპირაჯოს სიგანე - 2.5-4.0 მ-ს, ხოლო სიგრძე 15 მ-ს.

ლავებში და სპირაჯოებში მადნის მოპოვების ტექნოლოგიის ძირითადი პროცესები მოიცავს მოსამზადებელ სამუშაოებს, საწმენდ სამუშაოებსა და მადნის ტრანსპორტირებას. დამხმარე ოპერაციებს მიეკუთვნება ელექტროენერგიით მომარაგება, ვენტილაცია, ტექნიკის რემონტი და სხვა სამუშაოები (ნახ. 3).



ნახ. 3. მადნის მოპოვების ტექნოლოგიის ძირითადი და დამხმარე პროცესები

შესაბამისად, ჩვენს მიერ შემუშავებული მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს მადნის მოპოვების საერთო დანახარჯებს, რომელთა სტრუქტურა მოიცავს ოპერაციულ და კაპიტალურ დანახარჯებს მოსამზადებელ სამუშაოებზე, საწმენდ სამუშაოებზე, მადნის ტრანსპორტირებასა და დამხმარე პროცესებზე (ნახ. 4).



ნახ. 4. მადნის მოპოვების კაპიტალური და ოპერაციული დანახარჯების ანალიზი

მოსამზადებელ და საწმენდ გვირაბებში, აგრეთვე მადნის ტრანსპორტირების ძირითადი საოპერაციო დანახარჯების საანგარიშოდ გამოყენებულია დამოკიდებულება ეკონომიკურ მაჩვენებლებსა და ტექნოლოგიურ მახასიათებლებს შორის, რომელიც განსაზღვრულია მადაროს სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

**მადნის მოპოვების ოპერაციული ხარჯები ციკლში**

ოპერაციული დანახარჯები			
	დასახელება, განზომილება	ფორმულა	შენიშვნა
1	დანახარჯი ფეთქებად მასალაზე, დოლარი/ციკლი	$C_1 = q_m \times Q_c \times c_m$	$q_m$ - ფეთქებადი მასალის ხვედრითი ხარჯი, კგ/ტონა; $c_m$ - ფეთქებადი მასალის ფასი;
2	დანახარჯი დეტონატორებზე, დოლარი/ციკლი	$C_2 = q_d \times Q_c \times c_d$	$q_d$ - დეტონატორის ხვედრითი ხარჯი, ცალი/ტონა; $c_d$ - დეტონატორის ფასი, დოლარი/ცალი
3	დანახარჯი ცეცხლგამტარ ზონარზე, დოლარი/ციკლი	$C_2 = q_z \times Q_c \times c_z$	$q_z$ - ცეცხლგამტარი ზონარის ხვედრითი ხარჯი, მ/ტონა; $c_z$ - ცეცხლგამტარი ზონარის ფასი, დოლარი/მ
4	დანახარჯი ელექტროენერგიაზე, დოლარი/ციკლი	$C_4 = q_e \times Q_c \times c_e$	$q_e$ - ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი, კვტ*საათი/ტონა; $c_e$ - 1 კვტ*საათის ფასი
5	სამაგრი ხე-ტყის დანახარჯი, დოლარი/ციკლი	$C_5 = q_p \times Q_c \times c_p$	$q_p$ - ხე-ტყის ხვედრითი ხარჯი, მ3/ტონა; $c_p$ - ხე-ტყის ფასი, დოლარი/მ3
6	გაუთვალისწინებელი მასალების დანახარჯი, დოლარი/ციკლი	$C_6 = 0,1(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5)$	აიღება საშუალოდ 10 % ოპერაციული დანახარჯების ჯამის
7	ხელფასის დანახარჯი, დოლარი/ციკლი	$C_7 = \frac{Q_c}{q_{ls}} \times c_s$	$q_{ls}$ - მუშის შრომის მწარმოებლურობა, ტონა/ციკლი; $c_s$ - მუშის ხელფასი ციკლში, დოლარი/ციკლი
8	მუდმივი დანახარჯები, რომლებიც არ არის დამოკიდებული საწმენდი სანგრევის მწარმოებლობაზე	$C_8$	განისაზღვრება სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის მიხედვით

კაპიტალური დანახარჯები პანელის (ბლოკის) დამუშავებისას განისაზღვრება ერთდროულად მომუშავე საწმენდი და მოსამზადებელი გვირაბების რაოდენობის გათვალისწინებით:

$$R = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 + K_9 + K_{10}, \quad \text{დოლარი}$$

სადაც,  $K_1$  არის მექანიზებული სამაგრების ღირებულება;  $K_2$  - საბურღი მანქანების ღირებულება;  $K_3$  - სასკრეპერო დანადგარების ღირებულება;  $K_4$  - მექანიზებული სამაგრის სატუმბო სადგურების ღირებულება;  $K_5$  - მადაროს ელმავლების ღირებულება;  $K_6$  - ვაგონეტების ღირებულება;  $K_7$  - დამტვირთავი მანქანის ღირებულება,  $K_8$  - ლითონის სამაგრის ღირებულება,  $K_9$  - ვენტილატორების ღირებულება,  $K_{10}$  - სხვა კაპიტალური დანახარჯები.

შედარებით მცირე ზომის და მცირემარაგიანი ბლოკების დამუშავებისას, სადაც კაპიტალური დანახარჯების წილი მთლიან დანახარჯებში უმნიშვნელოა, პროგრამა იძლევა ეკონომიკური მაჩვენებლების ანალიზის შესრულების შესაძლებლობას მხოლოდ ოპერაციული დანახარჯების მიხედვით.

პროგრამის პირველადი სამუშაო სივრცე მოიცავს დასამუშავებელი პანელის საწყის მონაცემებს, რის საფუძველზეც განისაზღვრება სამრეწველო მარაგი და მადნის მოპოვების წლიური მოცულობა საწმენდ და მოსამზადებელ გვირაბებში (ნახ. 5).

საწყისი მონაცემები

**დასამუშავებელი ველის საწყისი მონაცემების ანალიზი**

დასამუშავებელი ველის ფართობი  მ<sup>2</sup>

მადნის მოცულობითი წონა  ტ/მ<sup>3</sup>

ფენის სისქე  მეტრი

პროექტის ვადა  წელი

სამუშაო დღეთა რაოდენობა  დღე

საბალანსო მარაგები  ტონა

სამრეწველო მარაგები  ტონა

წლიური მწარმოებლურობა  ტონა/წელი

მოსამზადებელ გვირაბებში მოპოვებული მადნის წლიური რაოდენობა  ტონა/წელი

საწმენდ საწარვეებში მადნის წლიური მოპოვება  ტონა/წელი

**მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემის არჩევა**

ლაგების მეთოდი

სპირაჯოების მეთოდი

**ნახ.5. პროგრამის სამუშაო სივრცე დასამუშავებელი ველის საწყისი მონაცემების ანალიზისათვის.**

საწყისი მონაცემების განსაზღვრის შემდეგ ხდება კაპიტალური და საოპერაციო დანახარჯების გაანგარიშება მადნის ლაგებით და სპირაჯოებით მოპოვებისას (ნახ. 6, 7).

Form27

**კაპიტალური და ოპერაციული დანახარჯები ლავების მეთოდით მადნის მოპოვებისას**

სამრეწველო მარაგი	ტონა	ლავების რაოდენობა	ცალი	გასაყვანი გვირაბების სიგრძე	მეტრი
წლიური მწარმოებლურობა	ტონა/წელი	ლავის სიგრძე	მეტრი	მადნის მოცულობითი წონა	მ /ტ
პროექტის ვადა	წელი	ლავების წლიური მწარმოებლურობა	ტონა/წელი	ფუნის სისქე	მეტრი
სამუშაო დღეთა რაოდენობა	დღე	გვირაბებში მოპოვებული მადნის რაოდენობა	ტონა/წელი		

**კაპიტალური დანახარჯები ლავების მეთოდით მადნის მოპოვებისას**

დასახელება	განზომილება	რაოდენობა	ერთეულის ღირებულება	მთლიანი ღირებულება	დოლარი
მეტანიზებული სამაგრი	ცალი				დოლარი
სერპერი	ცალი				დოლარი
სატუმბო სადგური	ცალი				დოლარი
საბურღი მანქანა	ცალი				დოლარი
ელმავალი	ცალი				დოლარი
ვაგონები	ცალი				დოლარი
ვენტილატორი	ცალი				დოლარი
სხვა კაპიტალური ხარჯები (პროცენტულად)	%				დოლარი
<b>ჯამი</b>					<b>დოლარი</b>

**ოპერაციული დანახარჯები ლავების მეთოდით მადნის მოპოვებისას**

დასახელება	განზომილება	რაოდენობა	ერთეულის ღირებულება	მთლიანი ღირებულება	დოლარი
სახელფასო ხარჯი ლავებში	დოლარი				დოლარი
ელ. ენერჯის ხარჯი ლავებში	კვტ.				დოლარი
ფეთქებადი ნივთიერების ხარჯი ლავებში	კგ				დოლარი
დეტონატორების ხარჯი ლავებში	ცალი				დოლარი
ცეხლგამტარი ზონარის ხარჯი ლავებში	მეტრი				დოლარი
მიწისქვეშა ტრანსპორტის საექსპლუატაციო დანახარჯები	ტონა				დოლარი
სხვა ხარჯები (პროცენტულად)	%				დოლარი
<b>ჯამი</b>					<b>დოლარი</b>

**მოსამზადებელი გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგიის არჩევა**

გვირაბების გაყვანა კომბაინით

გვირაბების გაყვანა ბურღვა აფეთქებით

ნახ. 6. პროგრამის სამუშაო სივრცე კაპიტალური და საოპერაციო დანახარჯების განსაზღვრისათვის მადნის ლავებით მოპოვებისას

Form20

**კაპიტალური და ოპერატიული დანახარჯები სპირაჯოების მეთოდით მადნის მოპოვებისას**

სამრეწველო მარაგი	_____	ტონა	სპირაჯოების წლიური მწარმოებლურობა	_____	ტონა/წელი
წლიური მწარმოებლურობა	_____	ტონა/წელი	გვირაბებში მოპოვებული მადნის რაოდენობა	_____	ტონა/წელი
პროექტის ვადა	_____	წელი	გასაცვანი გვირაბების სიგრძე	_____	მეტრი
სამუშაო დღეთა რაოდენობა	_____	დღე	მადნის მოცულობითი წონა	_____	მ /ტ
სპირაჯოების რაოდენობა	_____	ცალი	ფენის სისქე	_____	მეტრი

**კაპიტალური დანახარჯები**

დასახელება	განზომილება	რაოდენობა	ერთეულის ღირებულება	მილიანი ღირებულება	
საბურღი მანქანა	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
დამტვირთავი მანქანა	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
ელმგადალი	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
ვაგონები	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
ვენტილატორი	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
სულ საჭირო მეთალის სამაგრი წელიწადში	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
სხვა კაპიტალური ხარჯები (პროცენტულად)	%	_____	_____	_____	დოლარი
<b>ჯამი</b>					<b>დოლარი</b>

**ოპერატიული დანახარჯები**

დასახელება	განზომილება	რაოდენობა	ერთეულის ღირებულება	მილიანი ღირებულება	
სახელფასო ხარჯი სპირაჯოებში	კაცი	_____	_____	_____	დოლარი
ელ. ენერჯის ხარჯი სპირაჯოებში	კვტ.	_____	_____	_____	დოლარი
ფეთქებაბადი ნივთიერების ხარჯი სპირაჯოებში	კგ	_____	_____	_____	დოლარი
დეტონატორების ხარჯი სპირაჯოებში	ცალი	_____	_____	_____	დოლარი
ცეცხლგამტარი ზომარის ხარჯი სპირაჯოებში	მეტრი	_____	_____	_____	დოლარი
მიწისქვეშა ტრანსპორტის საექსპლუატაციო დანახარჯები	ტონა	_____	_____	_____	დოლარი
ხე ტყის ხარჯი სპირაჯოებში	მ <sup>3</sup>	_____	_____	_____	დოლარი
სხვა ხარჯები (პროცენტულად)	%	_____	_____	_____	დოლარი
<b>ჯამი</b>					<b>დოლარი</b>

**მოსამზადებელი გვირაბების გაყვანის ტექნოლოგიის არჩევა**

გვირაბების გაყვანა კომბინით

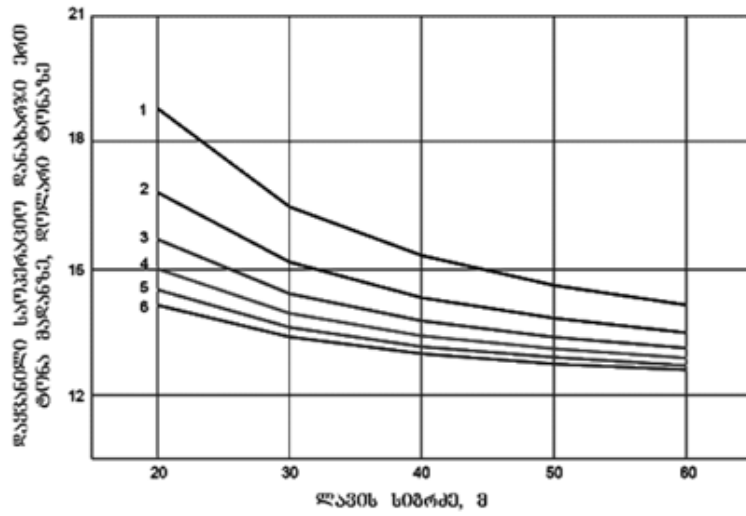
გვირაბების გაყვანა ბურღვა ავეთქებით

**ნახ. 7. პროგრამის სამუშაო სივრცე კაპიტალური და საოპერაციო დანახარჯების განსაზღვრისათვის მადნის სპირაჯოებით მოპოვებისას**

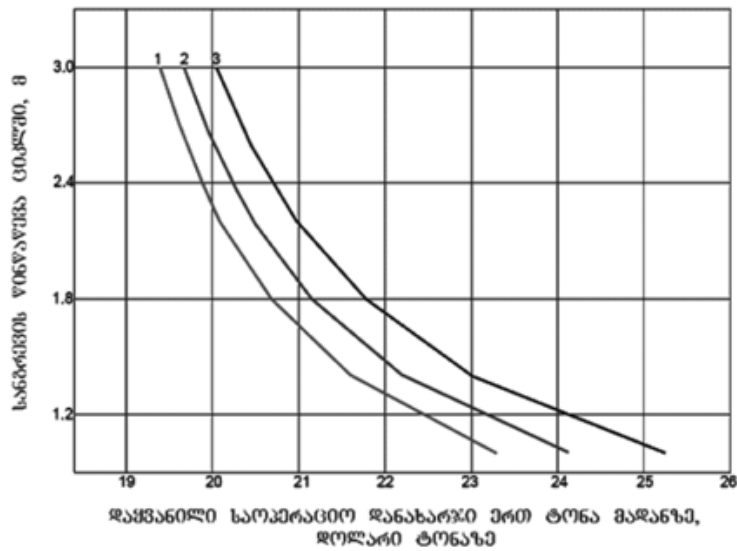
პროგრამა საშუალებას იძლევა დიალოგურ რეჟიმში განისაზღვროს ლავებით და სპირაჯოებით მადნის მოპოვების საბოლოო ეკონომიკური შედეგები ალგორითმში მიღებული შეზღუდვების გათვალისწინებით. მოდელირების შედეგების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე მიიღება გადაწყვეტილება ტექნოლოგიური სქემის შერჩევის შესახებ.

შემდგომ ეტაპზე მოდელური ექსპერიმენტებით დადგენილია დაყვანილი საოპერაციო ხარჯების დამოკიდებულება მის განმსაზღვრელ პარამეტრებთან შერჩეული ტექნოლოგიური სქემის გამოყენებისას (ნახ.8, 9).





ნახ. 8. დაყვანილი საოპერაციო დანახარჯების დამოკიდებულება ლავის სიგრძეზე და სანგრევის წინსვლის სიჩქარეზე: 1 – წინსვლის სიჩქარე 1 მ/ციკლში; 2 – 1.4 მ/ციკლში; 3 – 1.8 მ/ციკლში; 4 – 2.2 მ/ციკლში; 5-2.6 მ/ციკლში; 6 – 3 მ/ციკლში



ნახ. 9. დაყვანილი საოპერაციო დანახარჯების დამოკიდებულება სპირაჯოს სიგანეზე და სანგრევის წინსვლის სიჩქარეზე: 1 – სპირაჯოს სიგანე 4 მ; 2 – სპირაჯოს სიგანე 3.5 მ; 3 – სპირაჯოს სიგანე 3 მ

დადგენილია, რომ საწმენდი სანგრევების წინსვლის სიჩქარის გაზრდა მნიშვნელოვნად ამცირებს საოპერაციო დანახარჯებს. კერძოდ, სანგრევის ციკლური წინსვლის 3-ჯერ გაზრდა უზრუნველყოფს საოპერაციო დანახარჯების შემცირებას ლავში 25%-დე, ხოლო სპირაჯომში - 18.4%-დე.

**თავი 4. მადაროს ახალი ველების ათვისების საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირება**

მოდელის საწყის სტადიაზე ფორმალიზდება საწყისი სამთო-ტექნიკური და ფინანსური მაჩვენებლები: მადაროს ველის სამრეწველო მარაგი და სასარგებლო კომპონენტის შემცველობა მადანში, კონცენტრატის გამოსავალი, საპროექტო მწარმოებლურობა, პროექტის რეალიზაციის ვადა, აგრეთვე პროდუქციის ფასი და ეკონომიკური გარემოს მახასიათებლები (ნახ. 10).

ეკონომიკურ მათემატიკური მოდელი პროექტის ფინანსური და ტექნიკური პარამეტრები	
საწყისი ტექნიკური და ფინანსური მონაცემები	
მადაროს ველის სამრეწველო მარაგი, ტონა	
პროექტის რეალიზაციის ვადა, წელი	
დასამუშავებელი ველის ფართობი, ჰა	
Mn-ის შემცველობა მადანში, %	
Mn-ის შემცველობა კონცენტრატში, %	
კონცენტრატის გამოსავალი, %	
კონცენტრატის რაოდენობა, ტონა	
1 ტონა კონცენტრატის ფასი Mn-ის 1% შემცველობისას, დოლარი	
კონცენტრატის ფასი, დოლარი/ტონა	
დისკონტირების კოეფიციენტი, %	
მოსაკრებელი წიაღისეულზე, დოლარი/ტონა	
მოგების გადასახადი, %	
მიწის გადასახადი, დოლარი/ჰა	
ინფლაცია, %	
კრედიტი, დოლარი	
საკრედიტო განაკვეთი, %	

**ნახ. 10. პროგრამის სამუშაო სივრცე საწყისი სამთო-ტექნიკური და ფინანსური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის**

მოდელირების შემდგომ სტადიაზე სრულდება შემოსავლების და დანახარჯების ანალიზი პროგრამის რეალიზაციის წლებში. საინვესტიციო დანახარჯების ანალიზი შესრულებულია დისკონტირების მეთოდის გამოყენებით,

ხოლო მათი ეკონომიკური ეფექტიანობა შეფასებულია სუფთა დაყვანილი ღირებულებით (NPV), მოგების შიდა ნორმით (IRR) და გამოსყიდვის ვადით PP.

პროექტის „სუფთა შემოსავალი“ ანუ „ფულადი სახსრების სუფთა ნაკადი“ (net cash flow, NCF ) განისაზღვრება, როგორც სხვაობა შემოსავლების და გასავლების ფულადი სახსრების ნაკადებს შორის პროექტის გარკვეული დროის ინტერვალში:

სუფთა შემოსავალი = მოგება + საამორტიზაციო ანარიცხები - დანახარჯები -  
გადასახადები.

საწარმოს საქმიანობის ყველა მაჩვენებელი კორექტირებულია მომავალში ჩასატარებელი ოპერაციების ფულადი რესურსების ფასეულობის შემცირების გათვალისწინებით. პრაქტიკულად ასეთი კორექტირება მდგომარეობს პროექტის ფინანსური მაჩვენებლების დაყვანაში დღევანდელი პირობებისადმი მისადაგებულ მახასიათებლებზე. დაგეგმვის ყოველ ინტერვალზე სუფთა შემოსავლის მნიშვნელობები მრავლდება შესაბამის დისკონტირების კოეფიციენტზე P. მიღებული სიდიდეების ჯამი წარმოადგენს პროექტის სუფთა მიმდინარე (დაყვანილი) ღირებულების მნიშვნელობას (net present value, NPV):

$$NPV = NCF(0) + NCF(1) \times P(1) + NCF(2) \times P(2) + NCF(n) \times P(n),$$

სადაც, NCF(1), NCF(2), NCF(n) არის ფულადი სახსრების სუფთა ნაკადი შესაბამის დაგეგმვის ინტერვალში; P(1), P(2), P(n) - დისკონტირების კოეფიციენტის მნიშვნელობა პროექტის დაგეგმვის შესაბამისი ინტერვალისათვის.

NPV-ს განსაზღვრის შემდეგ მოდელირება საშუალებას იძლევა დადგინდეს მოგების შიდა ნორმა (internal rate of return, IRR), რომელიც არის დისკონტის ნორმის ისეთი მნიშვნელობა, როდესაც ფულადი სახსრების დისკონტირებული შემოსავლების ნაკადი და დისკონტირებული გასავლების ნაკადი ერთმანეთის ტოლია, ანუ როცა სუფთა დაყვანილი ღირებულება ნულის ტოლია. საინვესტიციო დანახარჯების ეფექტიანობის შეფასებისას IRR არის კრედიტის მაქსიმალური საპროცენტო განაკვეთი, ხოლო საკუთარი კაპიტალის გამოყენების ეფექტიანობის შეფასებისას – დივიდენდების მიღების მაქსიმალური დონე.

მოდელირების ბოლო სტადიაზე განისაზღვრება ინვესტიციების გამოსყიდვის ვადა, ანუ დროის პერიოდი, რომელიც აუცილებელია იმისათვის, რომ ინვესტიციებით მიღებული შემოსავლებით გადაიფაროს საინვესტიციო დანახარჯები (ნახ. 11).

22	წელი	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ჯამი
23	<b>პროდუქცია</b>											
24	მოპოვებული მადნის რაოდენობა, ტონა/წელი											
25	კონცენტრატის რაოდენობა, ტონა/წელი											
26	<b>შემოსავლები</b>											
27	პროდუქციის რეალიზაციიდან მიღებული შემოსავლი, დოლარი											
28	ინვესტიცია, დოლარი											
29	სულ შემოსავლები											
30	<b>დანახარჯები</b>											
31	ოპერაციული დანახარჯები, დოლარი											
32	კაპიტალური დანახარჯები, დოლარი											
33	<b>გადასახადები</b>											
34	წიაღთა სარგებლობის გადასახადი, დოლარი											
35	მინის გადასახადი, დოლარი											
36	ქონების გადასახადი, დოლარი											
37	გადასახადი გარემოს დაბინძურებისთვის, დოლარი											
38	სულ გადასახადები											
39	სუფთა მიმდინარე შემოსავალი, დოლარი											
40	მოგების გადასახადი, დოლარი											
41	<b>გადადებული</b>											
42	კრედიტის დაფარვა, დოლარი											
43	კრედიტის პროცენტის დაფარვა, დოლარი											
44	<b>ამორტიზაცია</b>											
45	ამორტიზაცია											
46	<b>ფულადი ნაკადები</b>											
47	სუფთა შემოსავალი გადასახადების გადახდის შემდეგ (net chash flow), დოლარი											
48	<b>წმინდა მიმდინარე ღირებულება, NPV</b>											
49	<b>შიგა უკუგების ნორმა, IRR</b>											
50	<b>უკუგების პერიოდი PP</b>											

ნახ.11 პროგრამის სამუშაო სივრცე ფინანსური მაჩვენებლების განსაზღვრისათვის

NPV-ს დადებითი მნიშვნელობა ადასტურებს პროექტში ფულადი სახსრების ინვესტირების მიზანშეწონილობას, ხოლო უარყოფითი, პირიქით, მოწმობს მათი გამოყენების არაეფექტიანობას.

შემუშავებული კომპიუტერული პროგრამა საშუალებას იძლევა დიალოგურ რეჟიმში გაანალიზდეს მაღაროს ახალი ველების ათვისების მრავალვარიანტული პროექტების კაპიტალური დანახარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობა. ბუნებრივია, შეფასების შედეგად უნდა შეირჩეს ვარიანტი, რომელსაც შედარებით მაღალი NPV და გამოსყიდვის მცირე პერიოდი შეესაბამება.

პროგრამის ადეკვატურობის შესამოწმებლად შესრულდა რიცხობრივი მოდელირება ჭიათურის საბადოს შუქრუთის ზეგანის ჩრდილო-აღმოსავლეთ

ნაწილში მდებარე ახალი მაღაროს ველის ათვისების კაპიტალური დანახარჯების ეფექტიანობის შესაფასებლად. მოდელირებისას მიღებულია შემდეგი საწყისი პირობები: სამრეწველო მარაგი - 3,4 მილ. ტონა; Mn-ის საშუალო შემცველობა მადანში - 25,4%; Mn-ის შემცველობა კონცენტრატში - 40%, კონცენტრატის გამოსავალი - 26%, პროგრამის რეალიზაციის ვადა - 8 წელი. მოდელირების შედეგად დადგენილია, რომ ამ მაღაროს ველის ლავების მეთოდით გამომუშავებისას წმინდა მიმდინარე ღირებულება NPV შეადგენს 26,1 მილ. აშშ დოლარს, გამოსყიდვის ვადა - 2 წელს, ხოლო სპირაჯობით გამომუშავებისას - შესაბამისად 23,5 მილ. აშშ დოლარს, 2 წელს.

### დასკვნა

1. გაანალიზებულია მანგანუმის მადნის წარმოების სფეროში ბოლო წლებში განვითარებული ახალი ტენდენციები (დამუშავების სამთო-ტექნიკური პირობების გართულება, მადნის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუარესება, გარემოზე ზემოქმედების შემცირების გამკაცრებული მოთხოვნები, მანგანუმის მადნისა და მანგანუმის ფეროშენადნობების მსოფლიო ბაზრის ფასების მერყეობა და სხვა), რომლებიც მნიშვნელოვან ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენენ ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის საწარმოო საქმიანობაზე და ართულებენ პროდუქციის კონკურენტუნარიანობის უზრუნველყოფას. დასაბუთებულია, რომ ამ პრობლემების ერთ-ერთ ძირითად პირობას წარმოადგენს სამთო სამუშაოების დაგეგმვის და მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური პროცესების დაპროექტების სრულყოფა თანამედროვე კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების გამოყენებით.
2. შემუშავებულია მანგანუმის მადნის მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი და დასაბუთებულია მისი გამოყენების ეფექტიანობა საწმენდი და მოსამზადებელი სამუშაოების საპროექტო პარამეტრების ვარიანტების ეკონომიკური შეფასებისათვის. კომპიუტერული

მოდელირების საფუძველზე დადგენილია მადნის მოპოვების საოპერაციო დანახარჯების დამოკიდებულება საწმენდი სანგრევის პარამეტრებზე ფენის დამუშავების სამთო-ტექნიკური პირობების გათვალისწინებით.

3. შემუშავებულია ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი მადაროს ახალი ველების დამუშავების კაპიტალური დანახარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობის შესაფასებლად. მოდელი ითვალისწინებს ჭიათურის საბადოს პერსპექტიული დასამუშავებელი ველების დამუშავების სამთო-ტექნიკურ პირობებისა და საქართველოს საგადასახადო კანონმდებლობის თავისებურებს. ინვესტიციების ეფექტიანობის შესაფასებლად გამოყენებულია საერთაშორისო პრაქტიკაში მიღებული მეთოდები და კრიტერიუმები.
4. კომპიუტერული მოდელირების მეთოდების გამოყენებით სამთო სამუშაოების დაპროექტების ეფექტიანობა შესწავლილია ჭიათურის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის ითხვისისა და შუქრუთის მადაროების სამთო-ტექნიკური პირობებში.

მოდელირების შედეგებით გამოვლენილია ითხვისის მადაროს სპირაჯოგში მადნის მოპოვების საოპერაციო დანახარჯების შემცირების რეზერვები, კერძოდ ხის სამაგრიდან ლითონის გადასატანი მრავალჯერადი გამოყენების სამაგრზე გადასვლა, ტექნიკური საშუალებების გამონახვა საწმენდი სანგრევის ციკლური წინსვლის გასაზრდელად და სპირაჯოს სიგანის გასაზრდელად. ეს ღონისძიებები უზრუნველყოფს ხვედრითი საოპერაციო დანახარჯების 22-25%-ით შემცირებას.

მოდელირების მეთოდით შესრულებულია შუქრუთის მადაროს ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდებარე ახალი ამოსადები ველის გამომუშავებისას საინვესტიციო დანახარჯების ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება.

## აპრობაცია

სადისერტაციო თემის ძირითადი საკითხები მოხსენებების სახით გაშუქდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 79-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე (თბილისი, 2011), საერთაშორისო მულტიდისციპლინარულ გეოკონფერენციაზე (ბულგარეთი, 2013) და თემატურ სემინარებზე. ნაშრომის ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 4 სტატიაში.

## გამოქვეყნებული პუბლიკაციები

1. ნ. ბოჭორიშვილი. მადნის მიწისქვეშა მოპოვების მათემატიკური მოდელის შემუშავება ფენობრივი ტიპის მადნეული საბადოების პირობებისათვის, ბიზნეს-ინჟინერინგი, 1(2), 2012, გვ. 171-174;
2. ნ. ბოჭორიშვილი. მანგანუმის მადნის მიწისქვეშა მოპოვების ტექნოლოგიური სქემების ანალიზი კომპიუტერული მოდელირების გამოყენებით, სამთო ჟურნალი, 2(29), 2012, გვ. 20-24;
3. N.Bochorishvili, N.Chikhradze, E.Mataradze, G.Tabatadze, COMPUTER MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN UNDERGRUNDE MINING OF MANGANESE ORE, 13th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, SGEM2013 Conference Proceedings, June 16-22, 2013, Vol. 1, 349 - 356 pp;
4. ნ. ბოჭორიშვილი, ე. მატარაძე, გ. ტაბატაძე. სამთო საწარმოებში ინვესტიციების ეფექტიანობის შეფასება ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელირების გამოყენებით, საქართველოს ნავთობი და გაზი, N29 , 2014, გვ 24-29;
5. ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის საწყისი მონაცემების შემუშავება. სტუდენტთა 79-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი 2011წ.

## RESUME

### **The Development of A Mathematical Economic Model of Underground Ore Extraction For Layered Type of Ore Deposits (By The Example of Chiature Mine)**

Full advantages of projection and management computer systems applied in mining industry of Georgia have not been thoroughly studied or used up to the present. Intrusion of those systems into major enterprises such as group of mining and enriching plant of Chiatura can significantly affect this particular field.

The dissertation works aim at perfection of methods related to the projection and procession of layer type ores using economic – mathematic modeling of enterprise processes.

Main tasks of the research:

1. System analysis and formalization of enterprise processes considering specific geology, enterprise – technical and economic conditions of mine production and storage. Developing technology schemes of economic - mathematic modeling for mining;
2. Developing economic - mathematic model for estimating effectiveness of investment costs for processing new mine fields;
3. Approbation of the developed computer models in order to create mining - technical conditions for new unobtained fields and active mines of mining – enrichment plant in Chitura and estimating its efficiency for final increase of economic index of mining.

Theoretical basis for the research is thesis about economic processes of mathematic modeling and methods of analysis respective economic processes of mining enterprises.

For the analysis of economic – mathematic model of mining technological scheme there are imitative modeling methods used within the research. Analysis of new mining fields project parametres has been performed on the basis of contemporary method, particularly – the method of estimating economic efficiency of the investment.

For the solution of specific tasks, the technical – economic indices of mining for the last 2-3 years have been referred to, as obtained from the Chiatura mines, along with the methods of statistic data analysis as well as the software tools like MS Visual Studio, MS Excel and Statistica.

Scientific innovation of the work:

- Correlation of economic indices of certain mining enterprise processes with technological specifications have been formed as analyse mathematic tasks on the basis of which the developed economic – mathematic model provides with the possibility of relative analysis of multi version project solutions.
- Economic – mathematic model of mining technology schemes has been developed, which unlike the commonly known models, totally considers peculiarities of operation costs formation in the cleaning and preparation tunnels of Chiatura mine.



- Economic mathematic model of investment costs efficiency designated for the development of new mining fields has been developed, which is based on economic efficiency estimation contemporary criteria of capital costs
- Unlike the established models, this one refers to the quality of magnesium mine, excretion of concentrate and other factors; among them are specifics of mining enterprises' economic activities included in the corporation.
- The methodology of information provision necessary for the optimisation magnesium mining technological parameters and database creation, using economic-mathematic modelling, has been determined. This will provide project solution versions with economic analysis in dialogue regime.

The results of the research held will support development of methods related to the economic – mathematic modeling of mining enterprises and estimation of economic efficiency of mining.

The following practical significance of the research has been stated:

- Economic – mathematic model for the mining technological scheme can be applied in cleaning and preparatory works for economic estimation of project parameters versions per enterprise area. The model determines economically profitable technologic schemes for specific mining – technical conditions and states such parameters of the selected technology (measuring dimensions of cleaning pipes, speed of advancing and day/night output), which provides with minimization of operative costs.
- Economic-mathematic model of estimating investment costs provides with relative analysis of processing methods of new mining field and estimation of capital expenditures of economic and finance efficiency.

Practical importance of the research has been demonstrated on a specific example. Relative analysis of mining technology scheme economy indices has been performed using economic – mathematical model taking into consideration technical mining conditions of the Itkhvisi mine enterprise area. For economic-mathematic model for estimation of investment costs has been applied in order to minimize capital and operative costs for processing the north – east new mining field of the Shukruti mine.

Results of the research along with certain recommendations have been applied in order to determine projection parameters of processing new mining fields held by the mining-enrichment plant of Chiatura.

Main thesis and results of the paperwork have been published in 4 articles and reported at seminars; it has already been presented at the 79<sup>th</sup> Students Open International Conference (GTU, Tbilisi, 2011) and the International Multi disciplinary Geo Conference (Bulgaria, 2012). The paperwork covers 127 pages and 33 drafts. It contains introduction, four chapters, conclusion and the list of references.