

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ივანე პირველი

ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების  
ალტერნატიული სტრატეგიების ეფექტიანობის ანალიზი

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორ ეფერატი

სადოქტორო პროგრამა “ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“  
შიფრი 0405

თბილისი  
2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი  
ჰიდროენერგეტიკისა და მაგისტრალური სამილსადენო სისტემების  
დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი დიმიტრი ნამგალაძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2017 წლის "....." ივლისს, ..... საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და  
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს  
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია 118  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი  
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

**თემის აქტუალურობა.** ვინაიდან დღეისათვის არ არსებობს ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების პროცესების აღმწერი და მათი მართვის დასრულებული, მეცნიერულად დასაბუთებული, მეთოდოლოგიურად გამართლებული, თეორიაზე ან ექსპერიმენტზე დამყარებული მეთოდები, რომლებიც ითვალისწინებენ ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების პროცესის მართვას, ამიტომ დასახული პრობლემების გადასაწყვეტად ამ მეთოდების შემუშავება აუცილებელი და მეტად აქტუალურია. მეთოდური აპარატის შემუშავება წარმოადგენს ძალზე აქტუალურ ამოცანას და გააჩნია დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა.

**სამუშაოს მიზანი.** მისაღწევად ფორმულირებული იყო შემდეგი მეცნიერული ამოცანა - შეიქმნას მეცნიერულად დასაბუთებული, ნატურულ მონაცემებზე დაყრდნობილი მეთოდოლოგია, რომლის საშუალებით შესაძლებელი იქნება ბუნებრივი გაზის სექტორის მიწოდების რეგულირება, საიმედოობის გაზრდა, გაზის მოხმარების პროგნოზის დადგენა, მოსალოდნელი ავარიების შემთხვევაში სტრესული მოვლენების რისკების პროგნოზირება, ეკონომიკური ეფექტიანობის ამაღლება და უსაფრთხოების მართვა.

დასახული მიზნის მისაღწევად ფორმულირებული იყო შემდეგი მეცნიერული ამოცანა - ბუნებრივი გაზის სექტორში მიწოდება-მოხმარების რისკის შესაფასებლად დამუშავდეს მეთოდური აპარატი რისკის ანალიზის თეორიის შედეგების. მიზნის მისაღწევად დასმული და შემდგომ ამოხსნილი იქნა შემდეგი ძირითადი ამოცანები: 1. თეორიულად შესწავლილია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის ობიექტების საიმედოობის ალბათური მახასიათებლების დადგენა; 2. საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორში რისკის ანალიზის და გადაწყვეტილების მიღების ასპექტები, მათი სტოქასტიკური პროცესების ანალიზი, ავარიების და დაზიანების გათვალისწინებით; 3. ნატურულ და არსებულ თეორიულ კვლევებზე დაყრდნობით, ისეთი მოდიფიცირებული მეთოდის შექმნა,

რომლის თანახმად შესაძლებელია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორში მოხმარების პროგნოზის გაანგარიშება.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** გაანგარიშებების არსებული ალგორითმები თეორიული განზოგადებისა და პრაქტიკული შემოწმების საშუალებას იძლევა: 1. ავარიების დროს რისკის შეფასების მეთოდები უნდა ითვალისწინებდეს ავარიების რეალიზაციისას წარმოქმნილ მოვლენებსა და ეფექტებს. 2. მეთოდებმა უნდა გადაწყვიტოს ბუნებრივი გაზის სექტორის პოტენციური საშიშროების მიყენების რაოდენობრივი შეფასების ამოცანა.

კვლევის ობიექტად შერჩეულია საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში, გაზის სექტორში არსებული ობიექტები. კერძოდ შპს “ყაზტრანსგაზ-თბილისის” და შპს „სოკარ-ჯორჯია გაზის“ გაზგამანაწილებელი მეურნეობები, აგრეთვე ”საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანიის“ მაგისტრალური გაზსადენები. დასახული კომპლექსური პროგრამის შესაბამისად, კვლევის საწყის ეტაპზე ჩატარებულია საქართველოში ენერგეტიკული რესურსების მდგომარეობის ანალიზი 1999-2012 წლებში.

**შედეგების გამოყენების სფერო.** კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბუნებრივი გაზის სექტორში, ასევე გარკვეული მიდგომები სარეკომენდაციოა საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიისათვის. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული სექტორის განვითარების სტრატეგიული გეგმისთვის დამუშავებულია (2011-2020წწ) მეცნიერულად დასაბუთებული პროგნოზები და პროგრამის ტექნიკური უზრუნველყოფა.

**ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ:** დისერტაცია შედგება 126 გვერდისაგან, მათ შორის 5 თავი, 21 ცხრილი, 42 ნახაზი და 106 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

**დისერტაციის ძირითადი შედეგები:** დამუშავებულია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის განვითარების სტრატეგიული

გეგმისთვის მეცნიერულად დასაბუთებული პროგნოზები მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით.

დამუშავებულია გაზის სექტორის ობიექტების დაზიანებების რისკის შეფასების მეთოდური აპარატი, რომელიც განსხვავდება არსებულისგან. ასევე დადგენილია გაზის სექტორის ობიექტების საიმედოო ექსპლუატაციის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც განსხვავებულია არსებულებისგან.

პირველად შექმნილია გაზის სექტორის ობიექტების რისკების ძირითადი მიზეზების გამოვლენა, კერძოდ კვანძებისა და მოწყობილობის მტყუნებები, კონსტრუქციული ხარვეზები, ტექნიკური გამზადების ან ტექნიკური მომსახურების წესების დარღვევები, ექსპლუატაციის ნორმალური პირობების გადახრებები; პერსონალის შეცდომები; გარე ზემოქმედებები და ა.შ. ამ მიზეზების კლასიფიკაციის მიხედვით დადგენილია რისკ-ფაქტორის თვისობრივი და რაოდენობრივი მეთოდები.

მიღებულია დინამიკური პროცესის აღწერა ალბათობის განაწილების ნარევის ფუნქციების საშუალებით და პროცესის მართვა.მშექმნილია გაზის სექტორის ობიექტების ფაზურ სივრცეში საიმედოობის გაანგარიშების ორიგინალური მეთოდოლოგია, რომელიც დაფუძნებულია კლასტერულ ანალიზზე ფაზურ სივრცეში.

გაზომომარაგების საიმედოობისა და ხელმისწავდომობის (ფასის) კომბინირებული შეფასების მეთოდით დადგინდა, რომ საქართველოში გაზსაცავის მშენებლობა და მისი ოპერირება ნაწილობრივ დერეგულირებული ფასწარმოქმნის წარმოადგენს ყველაზე სასურველ სტრატეგიას.

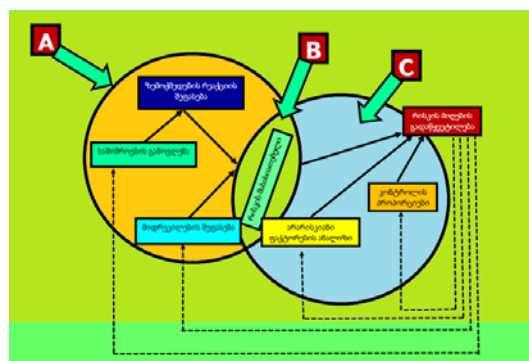
გამოკვეთილია ბუნებრივი გაზის კონკურენტული ბაზრის ჩამოყალიბების როლი გაზომომარაგების უწყვეტობის ოპტიმიზაციისათვის.

პირველად შექმნილია საქართველოს გაზის სექტორის პიკური მიწოდება-მოხმარების პროცესის საიმედოობის მახასიათებლების დადგენა და ენერგოუსაფრთხოების საკითხების ანალიზი. მიღებული შედეგები

მნიშვნელოვანია და შესაძლებელია აღნიშნული საკითხების პრაქტიკული რეალიზაცია პროცესის მართვისათვის.

**პირველ თავში** ჩატარებულია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის მიწოდება-მოხმარების პროცესის მიმოხილვა და პროგნოზირებისა და დაზიანების შესახებ ლიტერატურული წყაროების ანალიზი.

**მეორე თავში** განიხილება გაზის სექტორის ობიექტების ტექნოლოგიის რისკის პროგნოზირების ფორმირება. პროცესის რისკის ჩასახვა და მისი განვითარებისას, იჩენს გაზის სექტორის ობიექტების მრავალსახეობის ფაქტორებისა და პირობების გავლენას. აღნიშნული მექანიზმი, გვამღებს საშუალებას, გამოავლინოთ რისკის პირველ მიზეზების შემდეგი რიგი: კვანძებისა და მოწყობილობის მტყუნებები, ცუდი ტექნიკური გამზადების ან ტექნიკური მომსახურების წესების დარღვევები; ექსპლუატაციის ნორმალური პირობების გადახრა; პერსონალის შეცდომები; გარე ზემოქმედებები და ა.შ. აღნიშნული მიზეზების გამო, სისტემა იმყოფება არამდგრად მდგომარეობაში, და გარკვეულ პირობებში ობიექტებისათვის წარმოიქმნება ავარიული სიტუაციები.



**ნახ. 2.** ურთიერთკავშირი რისკის შეფასება და მართვა; **A** - რისკის შეფასების არე; **B** - რისკის მართვის არე; **C** - რისკის მახასიათებლების არე (უწყვეტი წირები - ელემენტების რისკის შეფასებასა და მართვას შორის პირდაპირი კავშირებია; წყვეტილი წირები - რისკის შეფასებასა და მართვას შორის გადაწყვეტილების მიღების უკუკავშირი)

გაზის სექტორის ობიექტების რისკი - გარდაუვალია. რისკი ობიექტური ფაქტორია, მას ახასიათებს უეცრობის შეტევა, რაც ვარაუდობს რისკის პროგნოზს, მის შეფასებას და მართვას.

რაოდენობრივი რისკი განისაზღვრება როგორც საშიშროების რეალიზაციის სიხშირე ან ალბათობა. რისკის მართვა ეყრდნობა ეკონომიკურ და სოციალურ ანალიზზე, აგრეთვე საკანონმდებლო ბაზაზე. რისკის მართვა გვიჩვენებს რისკის მინიმიზაციის ალტერნატივების ანალიზს. აგრეთვე, რისკის შეფასება საჭიროა რისკის მართვის გამოსაკვლევად და ზომების დგინდება საფუძვლების მოქმედების ალგორითმით (ნახ. 2).

შემდგომში, ნაშრომში მოყვანილია არასასურველი ხდომილებთან თანმდევი შექმნის რისკის სიტუაციების დადგენა. მათემატიკური მოდელის აგებისას გამოიყენება სხვადასხვა რთული მათემატიკური აპარატი - ალგებრული და დიფერენციალური განტოლებები, როგორც ჩვეულებრივი, ასევე კერძო წარმოებულებით. განვიხილოთ ჩვენს მიერ შემოთავაზებული, პრობლემის გადაწყვეტის მიდგომა. დაზიანების მათემატიკური მოლოდინის  $R$ -რისკი, შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$R_{MM} = \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{L=0}^{\infty} r(\varphi, L) P(\varphi, L) d\varphi dL \cdot \quad (1)$$

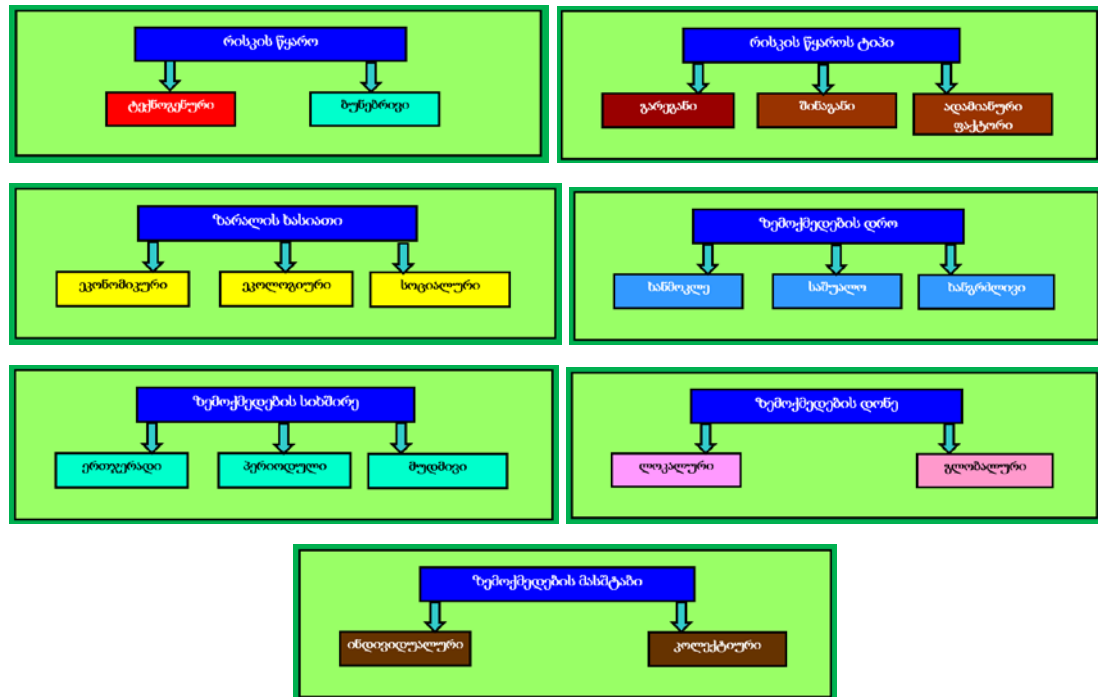
სადაც  $r(\varphi, L)$  არის მანძილი დაზიანების წყაროდან პოლარულ კოორდინატებში;  $P(\varphi, L)$  - ადამიანების წერტილში  $(\varphi, L)$  დაზიანების ალბათობა. ჩვენს მიერ შემუშავებულია რისკების კლასიფიცირება, შემდეგი მახასიათებლების მიხედვით (ნახ. 3). კერძოდ, რისკის წყაროების მიხედვით (ტექნოგენური - რისკი, რომლის წყაროს წარმოადგენს ადამიანის სამეურნეო მოქმედებას; ბუნებრივი - რისკი დაკავშირებული ბუნებრივ მოვლენებთან (მიწისძვრა, წყალდიდობა და ა.შ.) და წყაროს რისკის მიხედვით.

სადისერტაციო ნაშრომში განიხილება ტექნოგენური ობიექტები, კერძოდ მსხვილი გაზგამანაწილების ქსელები (მაგალითად შპს „ყაზტრანსგაზ-თბილისი“, შპს „სოკარ ჯორჯის გაზი“) მაგისტრალური გაზსადენები (მაგალითად შპს „საქართველოს ტრანსპორტირების კომპანია“, სამხრეთ კავკასიის მარშრუტი) და მშენებარე მიწისქვესა გაზსადავი.

რისკის მართვის შეფასებისათვის, შემუშავებულია ობიექტის მდგომარეობის აღიწერა ფაზურ სივრცეში  $n$ -ზომის ვექტორით.

$$S = \{T_i; N_i; M_i; D_i; C_i; T_i; R_i(u)\}, \quad (2)$$

სადაც  $T_i$  არის ტექნოლოგიური პარამეტრები;  $N_i$  - ელემენტების შესაძლო მტყუნებები;  $M_i$  - მეტეოპარამეტრების ვექტორი;  $D_i$  - მექანიკური დაზიანებები;  $C_i$  - ტოპოფოსფეროს მიწისზედა ფენაში გაზის კონცენტრაცია;  $R_i(u)$  - ეკოლოგიური ფუნქციის რისკი, რომელიც შეესაბამება სიტუაციას  $s_i \in S$ .



ნახ. 3. რისკების კლასიფიკაცია

მოვახდინოთ მართვის ამოცანის დასმის ფორმულირება შემდეგნაირად. ვთქვათ  $J[R(u), \Delta t]$  არის კრიტერიუმი, რომლის თანახმად



ხორციელდება მდგომარეობის  $s_i \in S_2$ -ს მართვა, ხოლო  $\mathbf{u}$  - არის მართვის ვექტორი, (იგი წარმოადგენს გარკვეულ ორგანიზიულ ტექნოლოგიურ ღონისძიებებს), ხოლო  $\Delta t = (t - t_0)$  არის ანომალური სიტუაციის განვითარება,  $t_0$ - ანომალური სიტუაციის წარმოქმნის მომენტი,  $t$  - მიმდინარე დრო. მაშინ ტროფოსფეროს ნებისმიერი  $i$ -ური  $s_i \in S_2$  მდგომარეობა განსაზღვრავს მართვის  $\mathbf{u}^*$ -ს მართვის ოპტიმალური ვარიანტის ამოხსნას, რომლის დროს

$$J[\mathbf{R}(\mathbf{u}^*), \Delta t] = \underset{\mathbf{u} \in U}{\text{Min}} J[\mathbf{R}(\mathbf{u}), \Delta t], \quad (3)$$

სადაც  $U$  არის  $s_i$  მდგომარეობის მართვადი სიტუაციების „დასაშვებ“ სიმრავლეს.

ამოცანის (3)-ის ამოხსნა მეტად რთულია. პირველ რიგში, აუცილებელია დადგინდეს  $s_i \in S_2$  სიმრავლის ნებისმიერი მდგომარეობების წარმოქმნის მიზეზების დადგენა.  $s_i$  მდგომარეობების მეორე: მიზეზების იდენტიფიკაციის შემდეგ, უცნობია მათი ნორმალიზაციის ხერხები. სხვა შემთხვევაში ნორმალიზაციის ხერხების რაოდენობა შესაძლოა იყოს მეტად ბევრი, მაგრამ უცნობია მათი ეფექტურობა. დისპეჩერს, გაზის ობიექტზე უნდა გააჩნდეს  $\mathbf{u}$  მართვის ინფორმაციის გავლენა. ეს კი დამოუკიდებელი ამოცანაა. მესამე - სიმრავლის დასაშვები ამონახსნები უნდა მოიძებნოს ოპტიმალური (აღნიშნული კრიტერიუმის აზრით) გადაწყვეტა  $\mathbf{u}^*$ .

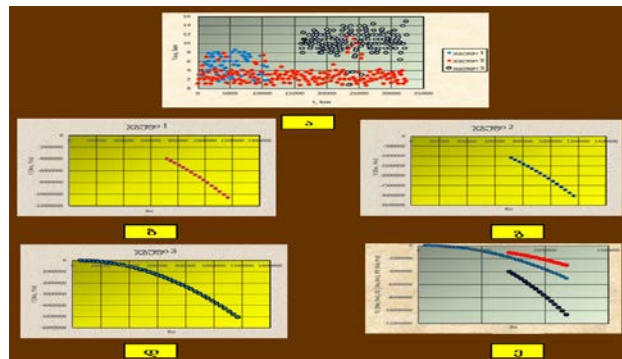
მესამე თავში შემუშავებულია მაგისტრალური გაზსადენების მტყუყუნებების და აღდგენების ალბათური მახასიათლებების დადგენა, კლასტური ანალიზის საშუალებით.

განვიხილოთ რეალური ამონაკრები, რომლის მიხედვით მოცემულია ნამუშევარის მონაცემები  $t_i$  და შესაბამისად აღდგენის დროები  $\tau_i$ . ჩვენს მიერ მოძიებული ამონაკრები შეესაბამება რუსეთის ერთ-ერთი მაგისტრალური გაზსადენი, რომელმაც სრულად ამოწერა რესურსი.

იმისათვის, რომ სრულად აღწეროთ მტყუყუნებების და აღდგენების ალბათური მახასიათლებების გამოკვლევა, განვიხილოთ ე.წ. ფაზური სივრცე, რომელშიც ამ ჰიპერსივრცეში თვითეულ წერტილს შეესაბამება კოორდინატები  $(t_i, \tau_i)$  (ნახ. 4ა). მონაცემების რაოდენობა გვაქვს  $n = 420$ .

ვიზუალური და ინტუიციური მოსაზრებიდან (ან ევრისტიკული მოსაზრებებიდან), ძირითად კლასტერებს მიეკუთვნება შესაბამისი ფერი. ცხადია, რომ მსგავსი მოსაზრება მეტად უხეშია, რისთვისაც მოვახდინოთ ენოს ასახვა, ფილტრაციის შედეგად. ჯერ პირველ შემთხვევაში მოვახდინოთ წრფივი ასახვა. პირველი იტერაციისათვის, ჩავთვალოთ, რომ კოეფიციენტები შემდეგია:  $r = 0,7$ ;  $b = 0,3$  და ჩავატაროთ სრული ასახვა (ე.ი. ასახვა მონაცემების ყველა მიხედვით) ამიტომ, ამ შემთხვევაში ენოს ასახვას ექნება;

$$\begin{cases} x_{n+1} = 1 - 0,7x_n - 0,3y_n; \\ y_{n+1} = x_n. \end{cases} \quad (4)$$



ნახ. 4. ა) მტყუყუნებების და აღდგენების მონაცემები ფაზურ სივრცეში; ენოს კვადრატული ასახვა ცალკეული კლასტერებისათვის (ბ, გ, დ) და კრებსიდი გრაფიკები (ე).

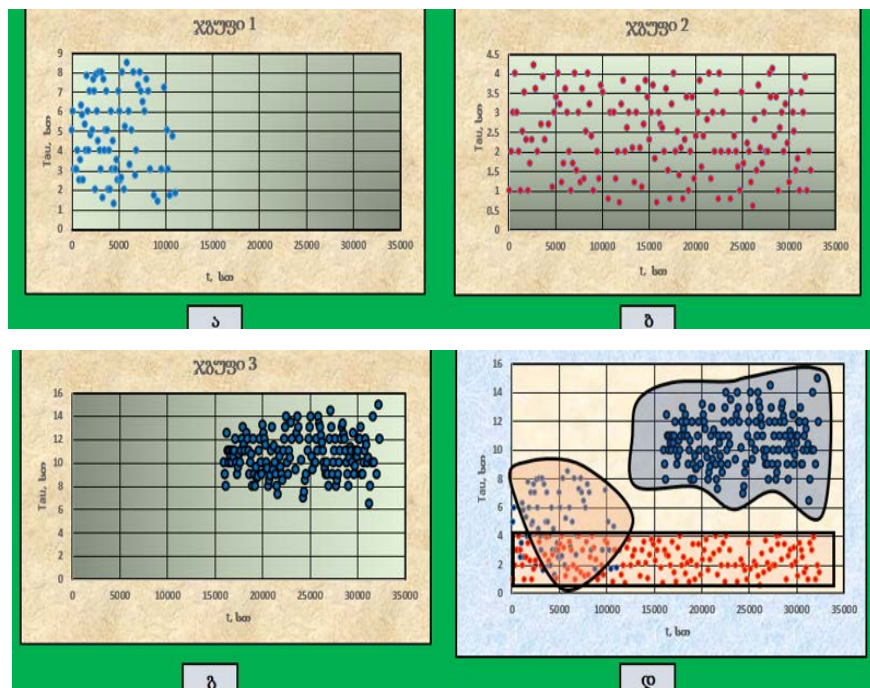
შემდეგი ეტაპისათვის, უნდა მოხდეს ენოს კვადრატული ასახვა, კერძოდ ახალი ფილტრაციისათვის, გვექნება კლასტერებად დაყოფა (ნახ. 4ბ,გ,დ,ე).

მიღებული ფილტრაციის შედეგად, შესაძლებელია ამონაკრების დაყოფა კლასტერებად (ნახ. 5 ა,ბ,გ).

სტატისტიკურად დამუშავდა ნამუშევარის და აღდგენის დროები, აგრეთვე დადგინდა შესაბამისი ალბათობის სიმკვრივის განაწილების ანალიზური ფუნქციები და შემუშავდა ნარევის ფუნქციის დადგენა.

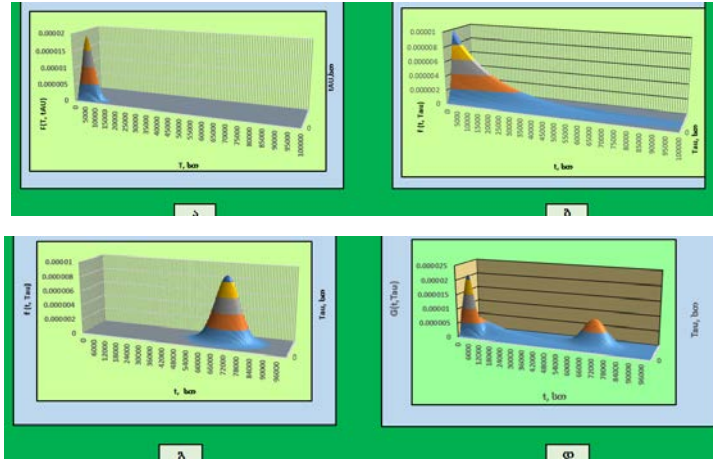
რადგანაც ჩვენს შემთხვევაში გვაქვს დამოუკიდებელი ცვლადებია (მათი კორელაციები მეტად მცირეა), ამიტომ  $t$  და  $\tau$  ცვლადებისათვის გვექნება ერთობლივი და ნარევის ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციები:

$$\begin{aligned}
 G(t, \tau) &= p_1 f_1(t) g_1(\tau) + p_2 f_2(t) g_2(\tau) + p_3 f_3(t) g_3(\tau) = \\
 &= p_1 G_1(t, \tau) + p_2 G_2(t, \tau) + p_3 G_3(t, \tau) = \quad (5) \\
 &= \frac{\lambda p_1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau-\mu_2)^2}{2\sigma_2^2}} e^{-\lambda t} + \frac{p_2}{\sigma_1(b-a)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}} + \frac{p_3}{2\pi\sigma_1\sigma_3} e^{-\frac{(t-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2} - \frac{(\tau-\mu_3)^2}{2\sigma_3^2}}
 \end{aligned}$$



ნახ. 5. ა) ამონაკრების დაყოფა კლასტერებად; ბ) სრული ამონაკრების კლასტერებად დაყოფა

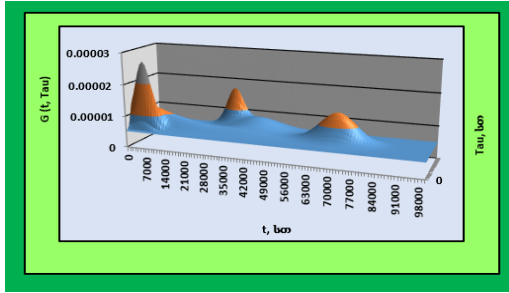
ნახ. 6-ზე ნაჩვენებია ცალკეული სივრცითი ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქციების ევოლუცია და ჯამური ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია.



ნახ. 6. ა) სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია მისახმარისი პერიოდისათვის; ბ) სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია ექსპლუატაციის ნორმალური პერიოდისათვის; გ) სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია დადლილობითი პერიოდისათვის; დ) ჯამური ნარევის სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია სრული პერიოდისათვის და რესურსის ამოწურვისას

მეტად საინტერესოა მისახმარისის პერიოდის შემთხვევა, სადაც ხშირად მისახმარისის პერიოდის დასაწყისში მტყუნების საფრთხე იზრდება გარკვეული დროისათვის, ხოლო შემდეგ კვლავ მცირდება. ასეთ დროს, შეიძლება მოხდეს განვიხილოთ ვაიბულის განაწილება (ნახ. 6, ბ,გ). ვთქვათ გვაქვს სრული რესურსი  $T$ , ხოლო გარკვეული ელემენტის სრული რესურსია  $T$ -ზე ნაკლები და ტოლია  $kT$ . მაშინ სურათი ნაცვლად ნახ. 6-ზე ნაჩვენები სურათი, გვექნება ნახ. 7-ზე ნაჩვენები სურათი. ე.ი. გვექნება ჯამური ნარევის სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია სრული პერიოდისათვის, რესურსის ამოწურვისას და გარკვეული ამოვარდნისას.

საბოლოოდ მიღებულია მაგისტრალური გაზსადენის კლასტერული ანალიზზე დაფუძნებული ფაზურ სივრცეში საიმედოობის გაანგარიშების მეთოდილოგია.



ნახ. 7. ჯამური ნარევის სივრცული ალბათობის განაწილების სიმკვრივის ფუნქცია სრული პერიოდისათვის, რესურსის ამოწურვისას და გარკვეული ამოვარდნისას

მეოთხე თავში განხილულია ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების ალტერნატიული სტრატეგიების ეფექტიანობის ანალიზი.

გაანალიზებულია ბუნებრივი გაზის ფასები: საბაზრო და პოლიტიკური ფასწარმოქმნა. ბუნებრივი გაზის ფასწარმოქმნა განსხვავდება რეგიონების მიხედვით, თუმცა გლობალური ეკონომიკური პროცესების ფონზე ბუნებრივი გაზის ფასწარმოქმნა საბითუმო დონეზე შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად კატეგორიად:

ნავთობზე მიბმული კონტრაქტები: მსოფლიოში ბუნებრივი გაზის იმპორტის ძირითადი ნაწილი სწორედ ასეთი ტიპის კონტრაქტებზე მოდის.

შემდეგ მოყვანილია ბუნებრივი გაზის სექტორი საქართველოში: მიწოდების უსაფრთხოება და სტატისტიკური ანალიზი. 2014 წელი ხასიათდებოდა ბუნებრივ გაზზე გაზრდილი მოთხოვნით, წინა წელთან შედარებით ბუნებრივ გაზზე მოთხოვნა გაიზარდა 13.8%-ით. გაზრდილი მოთხოვნა ძირითადად ავტოგაზგასამართი სადგურების მოხმარების ზრდით იყო განპირობებული, რომლებმაც მოიხმარეს დაახლოებით 80 მლნ. მ<sup>3</sup>-ით მეტი გაზი წინა წელთან შედარებით. გასულ წელთან შედარებით საანგარიშო წელს 70 მლნ. მ<sup>3</sup>-ით გაიზარდა თბოელექტროსადგურების მოხმარება.

ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოებას საქართველოში, კერძოდ ბუნებრივი გაზის სტაბილურ და საიმედო მიწოდებას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს საქართველოსათვის - 2013 წელს ქვეყნის ენერგეტიკული მოთხოვნილების მესამედზე მეტი დაკმაყოფილდა

ბუნებრივი გაზით. იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნას პროგნოზირებადი მოთხოვნის დაკმაყოფილება მომავალში, აუცილებელია როგორც მარშრუტებისა და მომარაგების შემდგომი დივერსიფიკაცია, ასევე გაზის ინფრასტრუქტურის განვითარებაც. ბუნებრივი გაზის მომწოდებელთან გრძელვადიანი კონტრაქტის პირობები უნდა უზრუნველყოფდეს წლის განმავლობაში გაზის მოწოდების გარანტიას და უთანაბრობის დაბალანსებას სეზონურ მოწოდებასა და მოთხოვნას შორის, რის მიღწევაც, წინააღმდეგ შემთხვევაში, შეუძლებელია ადგილობრივი გაზის მარაგის არარსებობის გამო. სამხრეთ კავკასიის მილსადენის დაგეგმილი გაფართოვების შედეგად ის დაუკავშირდება TANAP-ს; ამავე დროს განიხილება საქართველოს ტერიტორიაზე გამავალი და დამატებითი საკომპრესორო სადგურებით აღჭურვილი მეორე მილსადენის ნაწილების საკითხიც.

საქართველოში გაზის მიწოდების უსაფრთხოების პრობლემატიკაზე არსებული ლიტერატურაში ყურადღება გამახვილებულია ისეთ ღონისძიებებზე, როგორცაა: ა) სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის სისტემური საიმედოობის ამაღლება მაგისტრალური გაზსადენების რეაბილიტაცია-განვითარებისა და მათი ოპერატიული მართვის თანამედროვე მეთოდების დანერგვის გზით; ბ) მოწოდების წყაროების დივერსიფიკაცია შესაბამისი ტექნიკური საშუალებების და სხვადასხვა მიმწოდებლებთან გრძელვადიანი კონტრაქტების უზრუნველყოფით, ასევე გაზის ბაზრის ლიბერალიზაციით; გ) სტრატეგიული დანიშნულების ობიექტების, მათ შორის ინტერკონექტორებისა და მიწისქვეშა გაზსადენის მოწყობა, აგრეთვე ენერჯის წყაროების დივერსიფიკაციით **(LPG, LNG, CNG)** მაღალმთიანი და გაზსადენების სიტემებს მოშორებული რეგიონების უზრუნველყოფის მიზნით .

ნაშრომში განხილულია საქართველოს ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების ანალიზი ევროკავშირის ენერგეტიკული კანონმდებლობის მოთხოვნების გათვალისწინებით, სადაც გაზის მიწოდების უსაფრთხოების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი დოკუმენტია ევროკავშირის რეგულაცია 994/2010 გაზის მიწოდების უსაფრთხოების დაცვის ღონისძიებების შესახებ.

რეგულაცია 994/2010 მოიცავს დებულებებს რომელთა მიზანია გაზის მიწოდების უსაფრთხოების დაცვა ევროკავშირის შიდა ენერგეტიკული ბაზრის უწყვეტი და სათანადო ფუნქციონირების გზით, თუმცა უშვებს საგამონაკლისო ღონისძიებების დანარგვას იმ შემთხვევაში, როდესაც ბაზარს არ შეუძლია მიაწოდოს მოთხოვნილი გაზის მოცულობები. რეგულაციაში განსაზღვრულია ბუნებრივი გაზის სექტორის მონაწილეების, ევროკავშირის წევრი ქვეყნებისა და ევროკავშირის ვალდებულებები პრევენციისა და გაზის მიწოდების შეწყვეტის შემთხვევაში შესაბამისი აღდგენითი ღონისძიებებისა გატარებაზე.

რეგულაცია განსაზღვრავს მიწოდების სტანდარტს, რომელიც ავალდებულებს გაზის მიმწოდებელ კომპანიას დაცულ მომხმარებლებს მიაწოდოს ბუნებრივი გაზი შემდეგი შემთხვევების დადგომისას: ა) ექსტრემალურ ტემპერატურაზე 7 დღიანი პიკურ პერიოდში, რომელიც ხდება სტატისტიკური ალბათობით ერთხელ 20 წელიწადში; ბ) ნებისმიერი პერიოდი სულ მცირე 30 დღიანი განსაკუთრებით მაღალი მოთხოვნისა, რომელიც ხდება სტატისტიკური ალბათობით ერთხელ 20 წელიწადში; გ) სულ მცირე 30 დღიანი პერიოდი საშუალო ზამთრის პირობებში ყველაზე დიდი ინფრასტრუქტურის გათიშვის შემდეგ.

რეგულაცია აღნიშნულ საკითხებთან ერთად განსაზღვრავს ინფრასტრუქტურის სტანდარტს (მუხლი 6.), რომლის მიხედვითაც ქვეყანას აუცილებელია ჰქონდეს ისეთი ინფრასტრუქტურა, რომ ყველაზე დიდი გაზსადენის (ან ურთიერთდაკავშირებული გაზსადენების სისტემის) მწყობრიდან გამოსვლის შემდეგ დარჩენილმა ინფრასტრუქტურამ

უზრუნველყოს უკანსაკნელი 20- წლის განმავლობაში დაფიქსირებული პიკური მოთხოვნის დაკმაყოფილება ( $N - 1$ ) სტანდარტი).

$$N - 1[\%] = \frac{EP_m + P_m + S_m + LNG_m - I_m}{D_{max} - D_{eff}} 100, \quad N - 1 \geq 100\%. \quad (7)$$

ამგვარად მოყვანილია ( $N - 1$ ) სტანდარტის ფორმულა. სადაც:  $EP_m$  - საანგარიშო ტერიტორიაზე საზღვარზე მყოფი ყველა გაზსადენების მიღების წერტილების ტექნიკური სიმძლავრის ჯამი (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში);  $P_m$  - წარმოების მაქსიმალური ტექნიკური სიმძლავრე (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში), რომელიც აღნიშნავს ყველა იმ გაზის წარმოების ინფრასტრუქტურის ტექნიკური სიმძლავრის ჯამს, რომლებიც უკავშირდება გაზსადენების სისტემის მიღების წერტილს;  $s_m$  - გაზსაცავიდან ბუნებრივი გაზის მიღების მაქსიმალური ტექნიკური შესაძლებლობა (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში);  $LNG_m$  - LNG ტერმინალებიდან ბუნებრივი გაზის მიღების მაქსიმალური ტექნიკური შესაძლებლობა (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში);  $I_m$  - აღნიშნავს ერთი გაზის ინფრასტრუქტურის ტექნიკურ სიმძლავრეს (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში) რომელსაც გააჩნია ყველაზე დიდი სიმძლავრე საანგარიშო ტერიტორიაზე. იმ შემთხვევაში თუ რამდენიმე გაზის ინფრასტრუქტურა დაკავშირებულია საერთო მიწოდების ან ტრანსპორტირება-განაწილების ინფრასტრუქტურას და მათი ოპერირება ცალ-ცალკე შეუძლებელია, ისინი განხილულ უნდა იქნეს როგორც ერთიანი გაზის ინფრასტრუქტურა;  $D_{max}$  - ნიშნავს საანგარიშო ტერიტორიის ჯამურ დღიურ მოთხოვნას (მლნ მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში) რომელიც ტოლია იმ ყველაზე დიდი დაფიქსირებული მოთხოვნის, რომელიც ხდება სტატისტიკური ალბათობით 20 წელიწადში ერთხელ;  $D_{eff} - D_{max}$  -ის მოთხოვნის ნაწილს, რომელიც შესაძლებელია საკმარისად და დროულად დაკმაყოფილდეს საბაზრო მექანიზმებზე დაფუძნებულია მოთხოვნის მხარის მენეჯმენტით.

ამასთან დაკავშირებით, განხილულია ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების დონის გაზომვა საქართველოში ევროკავშირის ინფრასტრუქტურის სტანდარტის ( $n - 1$ ) მიხედვით.



ევროკავშირის რეგულაციების მოთხოვნების შესაბამისად, ინფრასტრუქტურული სტანდარტის საქართველოსთვის შესაფასებლად ორი მნიშვნელოვანი პარამეტრის - გაზსადენების გამტარუნარიანობებისა და მოხმარების მოცულობის გაანგარიშება შესაბამისის შედეგების მისაღწევად. შესაბამისად განხილულია ინფრასტრუქტურის შეფასება; შიდა ინფრასტრუქტურა; მიწოდების ანალიზი; მოხმარების ანალიზი;

ინფრასტრუქტურის სტანდარტის ფორმულა  $(N-1)$  საქართველოს შემთხვევაში საჭიროებს მოდიფიცირებას, კერძოდ ცვლადები  $LNG_m$  ( $LNG$  ტერმინალებიდან ბუნებრივი გაზის მიღების მაქსიმალური ტექნიკური შესაძლებლობა (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში),  $s_m$  - გაზსაცავიდან ბუნებრივი გაზის მიღების მაქსიმალური ტექნიკური შესაძლებლობა (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში) ამოღებულ უნდა იქნეს, ვინაიდან საქართველს დღეს არ გააჩნია არც გათხევადებული გაზის ტერმინალი და არც გაზსაცავი შესაბამისად ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$N-1[\%] = \frac{EP_m + P_m + -I_m}{D_{max} - D_{eff}} 100, \quad N-1 \geq 100\% . \quad (8)$$

სადაც  $EP_m$  არის საანგარიშო ტერიტორიაზე საზღვარზე მყოფი ყველა გაზსადენების მიღების წერტილების ტექნიკური სიმძლავრის ჯამი (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში), როგორც ნაშრომის ცხრილში ... არის მითითებული, აღნიშნული ცვლადი წარმოადგენს სამი გაზსადენის ფაქტიური გამტარუნარიანობების ჯამს, კერძოდ: სამხრეთ კავკასიური გაზსადენი = 8.4 მლრდ. მ<sup>3</sup> წელიწადში, ჩდრილოეთ-სამხრეთ კავკასიის გაზსადენი = 5 მლრდ. მ<sup>3</sup> და ყაზახი-საგურამოს მაგისტრალური მილსადენი=5 მლრდ მ<sup>3</sup> წ. ანუ ჯამში მიღების წყაროების ფაქტობრივი გამტარუნარიანობა შეადგენს 18.4 მლრდ მ<sup>3</sup>-ს წელიწადში, ანუ 50 მლნ მ<sup>3</sup> დღეში.  $P_m$  - წარმოების მაქსიმალური ტექნიკური სიმძლავრე (მლნ მ<sup>3</sup>/დღეში), რომელიც აღნიშნავს ყველა იმ გაზის წარმოების ინფრასტრუქტურის ტექნიკური სიმძლავრის ჯამს, რომლებიც უკავშირდება გაზსადენების სისტემის მიღების წერტილს. აღნიშნულ ცვლადში მოაზრება ბუნებრივი გაზის წარმოება სამგორ

პატარძელის საბადოდან და ნინოწმინდის სათავე ნაგებობიდან, და შეადგენს 0.027 მლნ მ<sup>3</sup> -ს დღეში.  $I_m$  - აღნიშნავს ერთი გაზის ინფრასტრუქტურის ტექნიკურ სიმძალვრეს (მლნმ<sup>3</sup> /დღეში) რომელსაც გააჩნია ყველაზე დიდი სიმძლავრე საანგარიშო ტერიტორიაზე. იმ შემთხვევაში თუ რამდენიმე გაზის ინფრასტრუქტურა დაკავშირებულია საერთო მიწოდების ან ტრანსპორტირება-განაწილების ინფრასტრუქტურას და მათი ოპერირება ცალ-ცალკე შეუძლებელია, ისინი განხილულ უნდა იქნეს როგორც ერთიანი გაზის ინფრასტრუქტურა. აღნიშნული გაზსადენის სისტემა შეიძლება ჩაითვალოს სამხრეთ კავკასიური გაზსადენი = 8.4 მლრდ. მ<sup>3</sup> წელიწადში, ანუ 23 მლნ მ<sup>3</sup> დღეში.  $D_{max}$  - ნიშნავს საანგარიშო ტერიტორიის ჯამურ დღიურ მოთხოვნას (მლნმ<sup>3</sup> / დღე-ღამეში) რომელიც ტოლია იმ ყველაზე დიდი დაფიქსირებული მოთხოვნის, რომელიც ხდება სტატისტიკური ალბათობით 20 წელიწადში ერთხელ. იმის გამო, რომ საქართველოს ბუნებრივი გაზის მოხმარებ მკვეთრად დაეცა 1990 წლის შემდგომ, მიზანშეწონილი აღებული იქნეს 2014 წლის პიკური მოთხოვნა რომელის შეადგენს 12 მლნ მ<sup>3</sup> დღეში.  $D_{eff} - D_{max}$  -ის მოთხოვნის ნაწილს, რომელიც შესაძლებელია საკმარისად და დროულად დაკმაყოფილდეს საბაზრო მექანიზმებზე დაფუძნებულია მოთხოვნის მხარის მენეჯმენტით. სტატისტიკური შეფასების მიზნით აღნიშნული ცვლადი ტოლია ნოლის, თუმცა შემდგომ ტავებში დაანგარიშებული იქნება მისი პოტენციალი და შესაბამისი ზეგავლენა ინფრასტრუქტურის სტანდარტის დასაკმაყოფილებლად.

შესაბამისი ცვლადების მნიშვნელობების ფორმულაში შეყავნით მივიღებთ

$$N - 1[\%] = \frac{50 + 0,027 - 23}{12 - 0} 100\% = 225\% . \quad (61)$$

როგორც ფორმულაშია მითითებული, საქართველოს არსებული გაზსადენების ინფრასტრუქტურა აკმაყოფილებს ე.წ.  $(N - 1)$ -ის სტანდარტს და შეადგენს 225 %-ს. თუმცა აღსანიშნავია, რომ ევროკავშირის ინფრასტრუქტურის სტანდარტის გაანგარიშების მეთოდს გააჩნია თავის

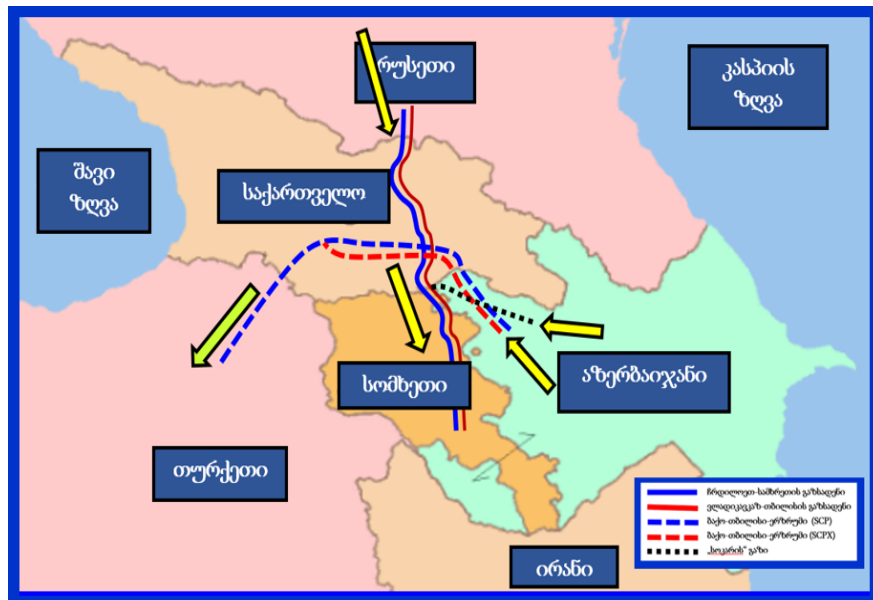
ნაკლოვანებები და შესაბამისად მიზანშეწონილია არსებული ფორმულის მოდიფიცირება საქართველოსთვის, არსებული თავისებურებების გათვალისწინებით.

საბოლოოდ განხილულია გაზის მიწოდების გაუთვალისწინებელი შეფერხებები და მიწოდება-მოხმარებას შორის არსებული დისბალანსით გამოწვეული პრობლემები; მნიშვნელოვანი საინვესტიციო ინფრასტრუქტურული პროექტები; კონკურენტული ბუნებრივი გაზის ბაზარი როგორც ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოების გაუმჯობესების საშუალება; კონკურენტული ბუნებრივი გაზის ბაზრის განვითარების ხედვა და ა.შ.

**მეექვსე თავში** განიხილება საქართველოს გაზის სექტორის პიკური მიწოდება-მოხმარების პროცესის საიმედოობის მახასიათებლების დადგენა და ენერგოუსაფრთხოების საკითხები. გაანალიზებულია საქართველოს გაზის სექტორის პროცესის ანალიზი და ევროკავშირის ენერგეტიკული ბაზრის მოთხოვნა და კასპიის საბადოების საპროექტო პოტენციალი. დადგენილია, რომ ქვეყნის ტერიტორიაზე სატრანზიტო პროექტების განვითარების პერსპექტივები ძირითადად დაკავშირებულია აზერბაიჯანიდან და, შესაძლოა თურქმენეთიდან გაზის ევროპულ ბაზარზე მიწოდების გაზის სამხრეთი კორიდორისა და სხვა პროექტებთან. საქართველო სატრანზიტო ქვეყანაა, იგი წარმოადგენს ერთიანი გაზომომარაგების სისტემის შემადგენელი მაგისტრალური მილსადენებისა და მასთან დაკავშირებული, მოწყობილობის მშენებლობისა და რეაბილიტაცია-რეკონსტრუქციის საინვესტიციო პროექტების დახასიათებას და ძირითადი ტექნიკურ-ეკონომიკური პარამეტრებს, ცხადია რომ, ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფა დაკავშირებულია სტრატეგიულ პროცესებთან (მიწისქვეშა გაზსაცავი, ტრანსსასაზღვრო ინტერკონექტორები, შემკრავები რეგიონებში რგოლური მიწოდების უზრუნველყოფისათვის და ა.შ.).

საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების გაუმჯობესების მიზნით განსაკუთრებულ ყურადღება ექცევა მიწოდების წყაროების დივერსიფიკაციას, ადგილობრივი ენერგეტიკული რესურსების ოპტიმალურ ათვისება და რეზერვების შექმნას, აგრეთვე ენერგეტიკული კანონმდებლობის ევროკავშირის კანონმდებლობასთან ეტაპობრივ დაახლოებას და საბაზრო მექანიზმების გაუმჯობესობას, რათა უზრუნველყოფილ იქნას იმპორტულ რესურსებზე ქვეყნის კრიტიკული დამოკიდებულების არსებითი შერბილება.

ნაშრომში მოყვანილია საქართველოს ტრანზიტული მაგისტრალური გაზადენების მოკლე დახასიათება (ნახ. 8).



ნახ. 8. საქართველოს ტრანზიტული მაგისტრალური გაზსადენების სქემატური დიაგრამა

ჩრდილოეთ-სამხრეთ კავკასიის მაგისტრალური გაზსადენის სისტემის (NSGP) დანიშნულებაა რუსული გაზის მიწოდება სომხეთში ქვეყნებში საქართველოს ტერიტორიის გავლით; აზერბაიჯანიდან მიეწოდება „სოკარის“ გაზი გაზსადენი, რომელიც აზერბაიჯანის-საქართველოს საზღვარზე უერთდება „ვლადოკავკაზ-თბილისის“ გაზსადენთან. გაზსადენი „ბაქო-თბილისი-ერზრუმი“ (SCP), საქართველო-თურქეთის საზღვრიდან; სამხრეთ-კავკასიური მილსადენის სისტემის გაფართოების

პროექტი (SCPX) მიზნად ისახავს არსებული სამხრეთ-კავკასიური მილსადენის სისტემის გამტარუნარიანობის გაზრდას.

ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველაზე უფრო სახიფათო სიტუაცია წარმოიშება იმ შემთხვევაში, თუ შეწყდება გაზის მიწოდება ყველა აზერბაიჯანული წყაროდან, როდესაც დეფიციტი 2020 წლის პროგნოზით 170 მლნ. მ<sup>3</sup>, ხოლო 2030 წლის პროგნოზით დაახლოებით 260 მლნ. მ<sup>3</sup>-მდე გაიზრდება, რის კომპენსირების საშუალება გაზით, რომელიმე სხვა წყაროდან, ან გაზსაცავიდან საქართველოს ამჟამად არ გააჩნია.

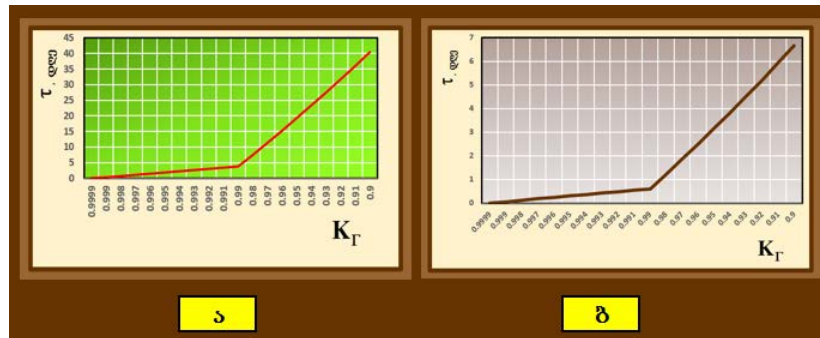
საქართველოში მიწისქვეშა გაზსაცავის მოწყობით: მნიშვნელოვნად ამაღვსება ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება, უზრუნველყოფილი იქნება ყველა მომხმარებლის გარანტირებული გაზმომარაგება პიკური დატვირთვისა და მიწოდების კრიტიკულ შეფერხების პირობებში.

განვიხილოთ სიტუაციური სურათი საქართველოს გაზის სექტორში. საქართველოში შემოსული ბუნებრივი გაზი წარმოადგენს პირობით ოთხ პროცესს: 1. სამხრეთ-კავკასიური მილსადენის (ბაქო-თბილისი-ერზერუმი) ოფციური გაზი; 2. სამხრეთ-კავკასიური მილსადენის (ბაქო-თბილისი-ერზერუმი) დამატებითი გაზი; 3. „სოკარის“ გაზი აზერბაიჯანიდან; 4. რუსული გაზი (რუსეთიდან სომხეთში ტრანზიტად გასული გაზსადენი). პიკური დღე ღამური მოხმარება წარმოადგენს 19 მლნ. მ<sup>3</sup>-ს. ამგვარად, სიტუაციური სურათი შემდეგია: სიტუაცია 1: ოთხივე მიწოდება წესრიგშია (19 მლნ. მ<sup>3</sup>); სიტუაცია 2: ვთქვათ გაზი გათიშა „სოკარმა“(14 მლნ. მ<sup>3</sup>); სიტუაცია 3: ვთქვათ გაზი გათიშა რუსეთმა (14 მლნ. მ<sup>3</sup>); სიტუაცია 4: ვთქვათ გაზი გათიშა სამხრეთ გაზსადენმა (16 მლნ. მ<sup>3</sup>)

განვიხილოთ გაზის სექტორის ნებისმიერი ობიექტის მზადყოფნის კოეფიციენტი  $K_T = \frac{t}{t + \tau}$ , სადაც  $t$  არის ნამუშევარი, ხოლო  $\tau$  - აღდგენის დრო.

აქედან  $\tau = \frac{(1-K_r)}{K_r} t$ . ჩავთვალოთ, რომ საანგარიშო დრო არის  $t = 1$

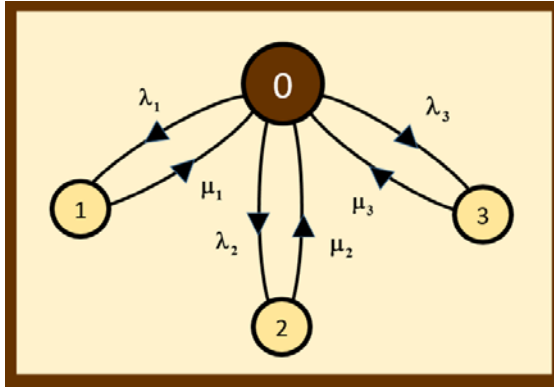
წელი=365 დღე. მაშინ მზადყოფნის კოეფიციენტის ფიქსირებულ მნიშვნელობას, შეესაბამება ალდგენის დროს ნახ. 9).



ნახ. 9. ა) მზადყოფნის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ალდგენის დროზე ( $t = 365$  დღე); ბ) მზადყოფნის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ალდგენის დროზე ( $t = 60$  დღე)

თუ ცნობილია, რომ გაზის სექტორის ობიექტები მდგომარეობს ნორმალური ექსპლუატაციისას, მაშინ მზადყოფნის კოეფიციენტები, და შესაბამისად ალდგენის დროები, შესაძლოა განვსაზღვროთ მტყუნების საფრთხეს მნიშვნელობა  $\lambda$ .

განვიხილოთ ნახ. 12-ზე ნაჩვენები გრაფი, რომელიც ითვალისწინებს მხოლოდ სექტორის გაზის ობიექტების მუშა მდგომარეობიდან - მტყუნების მდგომარეობაში გადასვლას და პირიქით. ამ დროს იგნორირებულია გადასვლები მტყუნების ორ მდგომარეობას შორის. ასეთი მოდელი მისაღებია, როდესაც მტყუნების თითოეული მდგომარეობის ალბათობა, გაცილებით ნაკლებია ნულოვან (მუშა) მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობაზე. ე.ი. იგნორირებული ორი ნებისმიერი ობიექტის ერთდროული მტყუნება. როგორც წესი, სექტორის გაზის ობიექტების, ეს პირობა მისაღებია. მტყუნებების ტიპების დიფერენცირების შემდეგ, შეიძლება ვიხელმძღვანელოთ სხვადასხვა პრინციპებით და გამოვიყენოთ შემდეგი თანაფარდობები.



ნახ. 10. სხვადასხვა მტყუნების მქონე უზნის მდგომარეობათა გრაფი

განვიხილოთ ნახ. 10-ზე ნაჩვენები გრაფის შესაბამისი კოლმოგოროვის პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებები.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)p_0(t) + \mu_1 p_1(t) + \mu_2 p_2(t) + \mu_3 p_3(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_1 p_0(t) - \mu_1 p_1(t); \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_2 p_0(t) - \mu_2 p_2(t); \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_3 p_0(t) - \mu_3 p_3(t). \end{array} \right. \quad (9)$$

საწყისი მდგომარეობა შემდეგია:

$$p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) = 1. \quad (10)$$

ჩავთვალოთ, რომ ვიხილავთ პიკურ სიტუაციას, რომლის ხანგრძლიობა შედარებით მოკლეა და შესაძლოა განვიხილოთ სტაციონარული მდგომარეობა, ე.ი.  $\frac{dp_i(t)}{dt} = 0$ . ასეთ დროს მივიღებთ ალგებრულ წრფივ განტოლებების სისტემას, რომლის ამოხსნის შემდეგ გვექნება:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}; \quad p_1 = \frac{\gamma_1}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}; \\ p_2 = \frac{\gamma_2}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}; \quad p_3 = \frac{\gamma_3}{1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i}. \end{array} \right. \quad (11)$$

თუ ავღნიშნავთ  $\gamma_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}$ , მაშინ საბოლოოდ მივიღებთ:

განვსაზღვროთ საიმედოობის მახასიათებლებს, რისთვისაც გამოვიყენოთ მონაცემები, კერძოდ ავიღოთ ალდგენის დროის  $\tau$ -ს და შესაბამისი დროის ნამუშევარის  $t = 60 - \tau$ -ს მნიშვნელობები. ამის შემდეგ განვსაზღვროთ მტყუნების საფრთხე  $\lambda$  და ალდგენის ინტენსივობები  $\mu$ :

$$\lambda = \frac{1}{t} = \frac{1}{60 - \tau} \text{ და } \mu = \frac{1}{\tau}. \text{ საბოლოოდ პარამეტრებია } \gamma_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}.$$

პირველ ეტაპზე ჩავთვალოთ, რომ ყველა ობიექტის მზადყოფნის კოეფიციენტები ერთნაირია და სხვადასხვა სცენარებისათვის გამოვიყენოთ შემდეგი მნიშვნელობები:  $K_T = 0,9999; 0,999; 0,99$  და  $0,9$ . განისაზღვრება ინტენსივობის რიცხვითი მნიშვნელობები და (14) ფორმულით განისაზღვრება ალბათობების მნიშვნელობებს. რადგანაც მიღებულია სტაციონარული პროცესი, ამიტომ ალბათობა  $P_0$  შეესაბამება სრული პროცესის ყველა სტაციონარული ალბათობების მნიშვნელობები (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

პროცესის ყველა სტაციონარული ალბათობების მნიშვნელობები

პროცესის ალბათობები	მზადყოფნის კოეფიციენტები			
	სერია 1 (0.9999)	სერია 2 (0.999)	სერია 4 (0.99)	სერია 7 (0.9)
$P_0$	0.9997	0.997	0.97	0.7258
$P_1$	0.0001	0.001	0.01	0.0914
$P_2$	0.0001	0.001	0.01	0.0914
$P_3$	0.0001	0.001	0.01	0.0914

ცხადია, რომ მიღებული შედეგი გაკეთებულია მხოლოდ ტესტისათვის, ამიტომ განვიხილოთ რეალური ობიექტების, რეალური მზადყოფნის კოეფიციენტების მნიშვნელობები. ავიღოთ სამი დამახასიათებელი სცენარი (ცხრილები 2, 3, ნახ. 13). აღსანიშნავია, რომ ყველაზე მაღალი საიმედოობის ობიექტია სამხრეთი დერეფნის გაზსადენის (ერზერუმი-თბილისი-თურქეთი) ოფციური გაზის მიწოდებისას; შემდეგ -



„სოკარის“ გაზის მიწოდება და საბოლოოდ - რუსული გაზი (რუსეთიდან სომხეთში ტრანზიტად გასული გაზსადენი).

ცხრილი 2

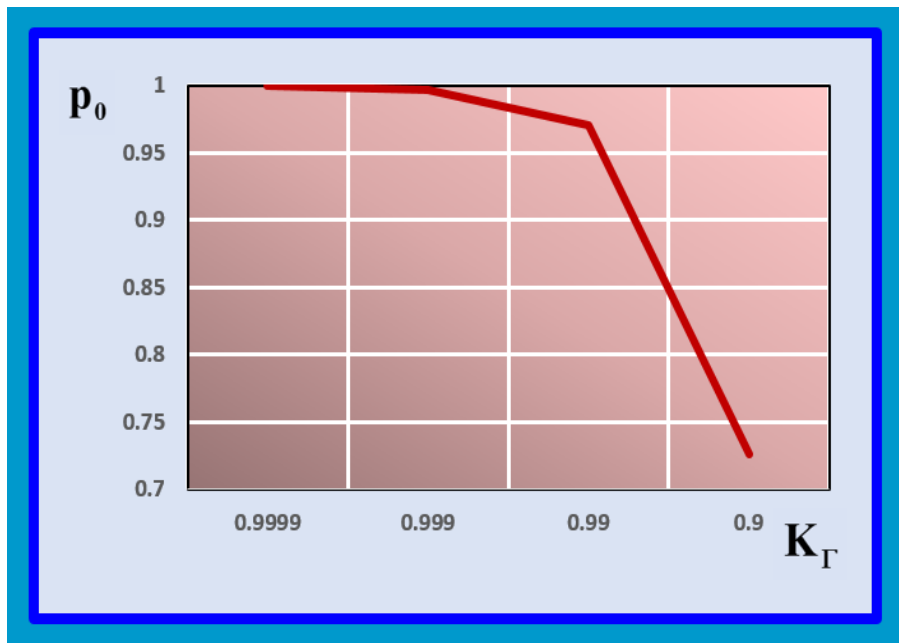
დამახასიათებელი სცენარების მზადყოფნის კოეფიციენტების მნიშვნელობები

	სერია 3	სერია 5	სერია 6
სამხრეთი დერეფნი	0,999	0.995	0.995
სოკარი	0.99	0.95	0.92
რუსეთი-სომხეთი	0.95	0.93	0.9

ცხრილი 3

სამი სცენარის პროცესის ყველა სტაციონარული ალბათობების მნიშვნელობები

პროცესის ალბათობები	სერია 3	სერია 5	სერია 6
$P_0$	0.9358	0.8898	0.8371
$P_1$	0.0214	0.0045	0.0042
$P_2$	0.0214	0.0335	0.05147
$P_3$	0.0214	0.0722	0.1072



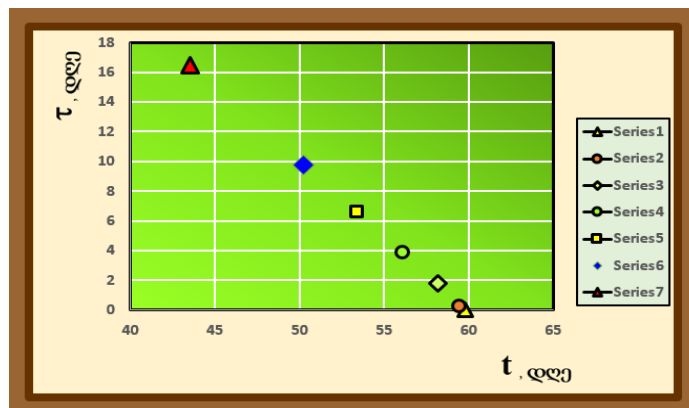
ნახ. 11. პროცესის მზადყოფნის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილ 4-ში მოყვანილია პროცესის ყველა სცენარების აღდგენის დროის  $\tau$ -ს და შესაბამისი დროის ნამუშევრის  $t$ -ს მნიშვნელობები.

სცენარების აღდგენის დროის  $\tau$ -ს და შესაბამისი დროის ნამუშევარის  $t$ -ს მნიშვნელობები

სცენარები	$t$ , დღე	$\tau$ , დღე
სერია 1 (0.9999)	59.982	0.018
სერია 2 (0.999)	59.82	0.18
სერია 3	56.148	3.852
სერია 4 (0.99)	58.2	1.8
სერია 5	53.394	6.606
სერია 6	50.226	9.774
სერია 7 (0.9)	43.548	16.452

ნახ. 14-ზე, ილუსტრაციისათვის, მოყვანილია ფაზური სივრცე  $(t, \tau)$  კოორდინატებში.



ნახ. 14. ფაზური სივრცე  $(t, \tau)$  კოორდინატებში

ამგვარად, მიღებული შედეგების შესაბამისად, შესაძლოა ნებისმიერი სცენარის გათამაშება და ყურადღების მიქცევა თუ როგორი სცენარი რეალიზდება.

## დასკვნები

1. არსებული ლიტერატურის ანალიზის და მსოფლიოში გაზის სექტორის მიმოხილვის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დღეს საქართველოში გაზის სექტორში სუსტადაა შესწავლილი საიმედოობის, დაზიანების პრევენციის ღონისძიების და გადაწყვეტილების მიღების პრინციპები, პიკური მოხმარების რისკების დადგენას, რაც მოითხოვს დამატებით კვლევას.

2. გაზის სექტორის ობიექტების რისკის შეფასებები წარმოადგენს საშიში საქმიანობის დეკლარირების რეალიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პირობას. ამიტომ, ჩვენ მიერ, ნაშრომში დამუშავებულია გაზის სექტორის ობიექტების დაზიანებების რისკის შეფასების მეთოდური აპარატი, რომელიც განსხვავდება არსებულისგან. ასევე დადგენილია გაზის სექტორის ობიექტების საიმედოო ექსპლუატაციის განსაზღვრის მეთოდიკა, რომელიც განსხვავებულია არსებულებისგან.

3. ნატურული და ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებას გვიჩვენა საქართველოს გაზის სექტორის ობიექტების საიმედოობის მახასიათებლების დადგენას, კერძოდ მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობების ინტეგრალური მახასიათებლების დადგენას, რომლებიც ქმნიან საორინტაციო საინფორმაციო ბაზას.

4. პირველად შექმნილია გაზის სექტორის ობიექტების რისკების ძირითადი მიზეზების გამოვლენა, კერძოდ კვანძებისა და მოწყობილობის მტყუნებები, კონსტრუქციული ხარვეზები, ტექნიკური გამზადების ან ტექნიკური მომსახურების წესების დარღვევები, ექსპლუატაციის ნორმალური პირობების გადახრებები; პერსონალის შეცდომები; გარე ზემოქმედებები და ა.შ. ამ მიზეზების კლასიფიკაციის მიხედვით დადგენილია რისკ-ფაქტორის თვისობრივი და რაოდენობრივი მეთოდები.

5. განსხვავებით არსებული მეთოდებისაგან, ჩატარებულია გაზის სექტორის ობიექტების საიმედოობის რაოდენობრივი მახასიათებლების

შეფასებას, ფაზურ სივრცეში. მიღებულია დინამიკური პროცესის აღწერა ალბათობის განაწილების ნარევის ფუნქციების საშუალებით და პროცესის მართვა.

6. შექმნილია გაზის სექტორის ობიექტების ფაზურ სივრცეში საიმედოობის გაანგარიშების ორიგინალური მეთოდილოგია, რომელიც დაფუძნებულია კლასტერულ ანალიზზე ფაზურ სივრცეში.

7. შეფასებულ იქნა საქართველოსთვის ბუნებრივი გაზის მიწოდების ალტერნატიული ვარიანტების (სტრატეგიების) ეფექტიანობა ტექნიკურ-ეკონომიკური კუთხით და განისაზღვრა პრიორიტეტული მიმართულება. გაზომარაგების საიმედოობისა და ხელმისაწვდომობის (ფასის) კომბინირებული შეფასების მეთოდით დადგინდა, რომ საქართველოში გაზსაცავის მშენებლობა და მისი ოპერირება ნაწილობრივ დერეგულირებული სატაირფო მეთოდოლოგიით წარმოადგენს ყველაზე სასურველ სტრატეგიას.

8. ნაშრომში გათვალისწინებულია ინტერდისციპლინარული მიდგომა და გამოკვეთილია ბუნებრივი გაზის კონკურენტული ბაზრის ჩამოყალიბების როლი გაზომარაგების უწყვეტობის ოპტიმიზაციისათვის. კონკურენტული ბუნებრივი გაზის ბაზრის გარეშე შეუძლებელია ხარჯ-ეფექტიანი ბუნებრივი გაზის სისტემის ოპერირება და შესაბამისად გაზომარაგების უსაფრთხოების კონცეფციის კრიტერიუმების ჯეროვანი შესრულება.

9. პირველად შექმნილია საქართველოს გაზის სექტორის პიკური მიწოდება-მოხმარების პროცესის საიმედოობის მახასიათებლების დადგენა და ენერგოუსაფრთხოების საკითხების ანალიზი. მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია და შესაძლებელია აღნიშნული საკითხების პრაქტიკული რეალიზაცია პროცესის მართვისათვის.

### **პუბლიკაციები:**

1. ი. პირველი, ზ.გაჩეჩილაძე, ნ. სუმბაძე ”საქართველოს ენერგოსისტემის მდგრადი განვითარების სტრატეგიული დაგეგმვის მოდელის LEAP გამოყენებით.” „ენერჯია“ № 4 (72). 2014 წ. თბილისი
2. ი. პირველი, დ. ნამგალაძე ”მაგისტრალური გაზსადენების საიმედოობის და ეფექტურობის საკითხები, ფაზურ სივრცეში კლასტერული მეთოდის გამოყენებით” GEN. 2015. № 2, თბილისი
3. ი. პირველი ”ბუნებრივი გაზის სექტორის ობიექტების ტექნოლოგიის რისკის პროგნოზირების ფორმირება” „ენერჯია“ № 1 (61). 2017 წ თბილისი

### **საერთაშორისო კონფერენციები:**

1. III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ენერჯეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები 24.10.2015-25.10.2015. ქუთაისი

## Resume

The level of access to energy resources and the level of gasification determines country's economic and social development. The use of natural gas has a great significance for production as well as for the household sector. Rational use of natural gas as a major technological advantage has the significant economic effect over other fossil energy sources, taking into account less negative impact on the environment.

The world's largest economies and small economies in most countries remain dependent on fossil fuels. The same is true for the Georgian Gas System.

By gasification rate Georgia was one of the leading countries of the CIS by using natural gas 43% and 56% of consumption liquefied petroleum gas, and corresponding annual peak demand in early 90-ies was 6 Billion Cubic Meter and 220 thousand tons of oil. Currently about 50 cities and 700 villages are gassified in Georgia.

Gas sector, its objects failure analysis, mainly as a part of the pipelines, as well as gas distribution system failure analysis and their large body characteristics values in order to determine, in particular, by us, was the statistical findings facilities accidents or damage, after analysis, cluster detection theory, adopted and the probability density function of the probability of a mixture of spatial failure recovery functions.

The solution is especially important for our country, which is experiencing its own fuel and energy resources shortages. Dissertation work conducts systematic study of the problem and it is almost all completely reflect all the factors that influence the natural gas sector in the structure formation. The predictive parameters and methods defined in the prediction of the approved method of using the complex. Selected methods of algorithms, which is the maximum precision in adequate condition.

Modern gas distribution systems in the present stage of its development must comply with these requirements, which should ensure: the maximum level of energy efficiency of distribution networks; Guaranteed safety, comfort and ease of operation; The reliability of gas supply (non-failure, durability, validity for repairs), the continuity of gas supply; Maintenance, repair and emergency-restoration work conditions; Gas supply regime to regulate and protect the quantitative and qualitative indicators; Technical diagnostics and forecasting of gas network system; Predict gas consumption modes; Construction and operation of the system with a minimum of material and financial costs.

To date, only a minor share of natural gas is imported from Russia. Natural gas is mainly imported from Azerbaijan. Also, the country is supplied under the contract and the optional gas pipeline from the southern route.

Thesis consists of introduction, four main chapters (with the relevant sections), the conclusion, drawings and tables, and the list of applicable literature. The work consists of the determination of the characteristics of the probability distribution

functions in the gas sector, their complex probabilistic characteristics of the gas peak consumption and reliability prediction, and natural gas distribution network and service quality and risk analysis.

The work reviews regional natural gas market, in particular the regional transport infrastructure and market development issues. We have analyzed the market demand for energy and the design potential of Caspian deposits. It is estimated that the country's prospects for the development of transit projects are mainly related to Azerbaijan and possibly access of Turkmen gas to the European market using the southern corridor and other projects.

The work reviews natural gas supply security concept, analyzes the natural gas types, world resources and reserves. Furthermore, analysis of the natural gas production and consumption in the world and by country, the pricing mechanisms and natural gas regional prices, and the situation in Georgia and development trends are discussed.