

ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობის განსაზღვრის მათემატიკური მოდელი

მაყვალა ზარიძე
სტუდ-ს დოქტორანტი

რეზიუმე

საქართველოს ეკონომიკისათვის ელექტროენერგიით საიმედო და უსაფრთხო მომარაგების პრობლემა განსაკუთრებით პრიორიტეტულია. შესაბამისად, საქართველოს ენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენების გაუმჯობესებას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე ეკონომიკის მდგომარეობისათვის.

საქართველოს ენერგეტიკის დარგის შემდგომი განვითარებისათვის აუცილებელია ქვეყნის ჰიდროპოტენციალის, როგორც ენერგეტიკულად მნიშვნელოვანი რესურსის, სიღრმისეული შესწავლა და გამოყენების შესაძლებლობების დაზუსტება, ახალი ობიექტების ოპტიმალური განთავსებისა და პარამეტრების დადგენა, წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენების მასშტაბებისა და მიზანშეწონილობის გათვალისწინებით.

ნაშრომში ეკონომიკურ-მათემატიკური კვლევისას გამოყენებულია არამკაფიო სიმრავლეების თეორია.

ელექტროენერგიის წარმოების მრავალფაქტორული ანალიზის შედეგად მიღებულია ჰესების მიერ 2020-2022 წლებისთვის საწარმოებელი საპროგნოზო მაჩვენებლები.

მიღებული შედეგების ანალიზი საშუალებს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ჰესების მიერ ელექტროენერგიის წარმოების გაზრდილი მაჩვენებელი სათანადოდ უზრუნველყოფს ქვეყნის ეკონომიკის მდგრად განვითარებას და შესაბამისად მოსახლეობის კეთილდღეობის უზრუნველყოფას.

RESUME

The problem of reliable and safe supply of electricity for Georgian economy is of particularly importance. Consequently, the improvement of Georgian energy potential is main for the state of the modern economy.

For the energy sector further development, country's hydro potential energy resources is essential. In-depth study, the use and capabilities of the specification, the optimal placement of new objects and parameters, the use of water resources in a complex on the scope is necessary.

The theory of fuzzy sets is used in the study of economic-mathematical research. As a result of multi-phase analysis of electricity generation, the HPPs have forecasted indicators of production for 2020-2022.

Analysis of the obtained results allows us to assume that an increase in power generation by HPPs will ensure the sustainable development of the country's economy and thus the welfare of the population.

* * * *

მათემატიკური მეთოდები და მოდელები იძლევა ამოცანათა მრავალვარიანტული გადანყვევების საშუალებას, საიდანაც არჩეული კრიტერიუმის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება საუკეთესო ვარიანტის პოვნა. ასეთი მოდელების დამუშავების საშუალებას იძლევა გამოყენებითი მათემატიკის ისეთი დარგები, როგორიცაა: სტატისტიკურ გადანყვევებებთან თეორია, მათემატიკური პროგრამირება, თამაშების თეორია, გრაფების თეორია, ქსელური ანალიზი და სხვა.

პროდუქციაზე მოთხოვნის განსაზღვრის წინაპირობას წარმოადგენს გამოვლენილი ფაქტორების შემცველი მათემატიკური მოდელების აგება. ამისათვის საჭიროა, პირველ რიგში, განისაზღვროს ფაქტორთა ის ჯგუფი, რომელიც ყველაზე მეტად მოქმედებს ელექტროენერგიის წარმოების რაოდენობრივ მახასიათებელზე. ელექტროენერგიის წარმოების მათემატიკური მოდელირებისა და ანალიზის დროს საჭიროა ამორჩეული ფაქტორების მოქმედების ხარისხის გამოვლენა.

მიჩნეულია, რომ ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის განსაზღვრის პროგნოზირების ყველაზე კარგი მეთოდია მრავალფაქტორული ანალიზი, რომელიც ხორციელდება კორელაციური და რეგრესიული ანალიზის საფუძველზე. ამ დროს მოთხოვნის მოდელი წარმოადგენს ფუნქციას, რომელშიაც დამოკიდებული ცვლადი (ფუნქცია) არის მოთხოვნა, ხოლო დამოუკიდებელი ცვლადები (არგუმენტი) – მასზე მოქმედი ყველა ფაქტორი, რომელიც ზოგადი სახით ასე გამოისახება:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (\#1)$$

სადაც n არჩეული ფაქტორების რაოდენობაა. შემდეგი ეტაპი ასეთი მოდელების აგებისა არის მოთხოვნასა და მასზე მოქმედ თითოეულ ფაქტორს შორის დამოკიდებულების მათემატიკური სახის პოვნა. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, ასეთი დამოკიდებულების პოვნის ყველაზე მიზანშეწონილი გზა ემპირიული მეთოდების გამოყენებაა, რომელიც ემყარება სხვადასხვა ფორმის ფუნქციებით მიღებულ გაანგარიშებათა შედეგების შედარებას ფაქტორზე მონაცემებთან.

ნაშრომში ხსენებული ფუნქციის სახის დადგენისათვის გამოვიყენებულა მათემატიკის შედარებით ახალ მიმართულება - არამკაფიო სიმრავლეების თეორია. ჩვენი აზრით, მოცემული სტატისტიკური მონაცემების აგრეგირება არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის გამოყენებით ეფექტიან შედეგს მოგვითმის.

არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია (**Fuzzy Sets Theory**) ზედმინევენით პასუხობს ჩვენს მიერ დასმულ ამოცანას. ამ თეორიის ფუძემდებლის, ლოფი ზადეს (**Lotfi Zadeh**) პიონერულ ნაშრომში (1965), რომელიც მიეძღვნა დამუშავების ინსტრუმენტების განუზღვრელობას და კერძოდ რაიმე ობიექტის შესახებ არსებული ცოდნის დამუშავების ინსტრუმენტებს, მან პირველად შემოგვთავაზა ობიექტის სიმრავლისადმი კუთვნილი ფუნქციის ცვლილება $[0;1]$ ინტევალში. ქვემოთ მოყვანილია მასალის გაგებისათვის საჭირო ინფორმაცია.

$\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \rightarrow [0;1] \subset \mathfrak{R}\}$ - X უნივერსუმზე განსაზღვრულ ყველა არამკაფიო სიმრავლეთა მესერი. ვიტყვი, რომ ფუნქცია $\nu: \Psi(X) \rightarrow \mathfrak{R}^+$ იზოტონური შეფასება $\Psi(X)$ -ზე, თუ:

$$\nu(A \cup B) + \nu(A \cap B) = \nu(A) + \nu(B) \quad (\#2)$$

და

$$A \subseteq B \Rightarrow \nu(A) \leq \nu(B). \quad (\#3)$$

იზოტონური შეფასება $\Psi(X)$ -ზე განსაზღვრავს მეტრიკას:

$$\rho(A, B) = \nu(A \cup B) - \nu(A \cap B). \quad (\#4)$$

$\Psi(X)$ -ს მეტრიკასა და იზოტონურ შეფასებასთან ერთად ეწოდება არამკაფიო სიმრავლეთა მეტრიკული მესერი. აქსიომატური მიდგომის საფუძველზე პირველად შემოყვანილია მეტრიკულ მესერზე განსაზღვრული არამკაფიო სიმრავლეთა სასრული ერთობლიობის შეთანხმებულობის მაჩვენებლის ცნება. დადგენილია ამ შეთანხმებულობის მაჩვენებლის ერთადერთობის აუცილებელი და საკმარისი პირობები. დამტკიცებულია, რომ შემოთავაზებული აქსიომათა სისტემა არის არანინალმდეგობრივი.

ჩვენს მიერ დასმული ამოცანის ამოხსნისათვის გამოვიყენებთ $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $N = 1, 2, \dots$ სასრულ უნივერსუმზე განსაზღვრულ არამკაფიო სიმრავლეთა სასრული ერთობლიობის $\{A_j\}$, $j = \overline{1, m}$, $m = 2, 3, \dots$, შეთანხმებულობის მაჩვენებლის დისკრეტულ მოდიფიკაციას:

$$S\{A_j\} = q(N - [(2m+1)/4])^{-1} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^N |\mu_{A_j^*}(x_i) - \mu_{A_j}(x_i)|, \quad q > 0. \quad (\#5)$$

აქაც და შემდგომშიც, კვადრატული ფრჩხილები აღნიშნავს რიცხვის მთელ ნაწილს, ხოლო არამკაფიო სიმრავლე A^* არის მოცემული სასრული ერთობლიობის წარმომადგენელი, რომელიც განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$A'_{[m/2]} \subseteq A^* \subseteq A'_{[(m+1)/2]+1}, \quad (\#6)$$

სადაც, არამკაფიო სიმრავლეთა სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ წარმოადგენს არამკაფიო სიმრავლეთა $\{A_j\}$ სასრული ერთობლიობის რეგულაციას, რაც ნიშნავს იმას, რომ სასრული სიმრავლეები $\{\mu_{A_j}(x)\}$ და $\{\mu_{A_j'}(x)\}$ ერთმანეთის ტოლია და, ამავდროულად, სრულდება პირობა

$$\mu_{A_1'}(x) \leq \mu_{A_2'}(x) \leq \dots \leq \mu_{A_m'}(x), \quad j = \overline{1, m}, \quad m = 2, 3, \dots \quad (\#7)$$

#5 ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ

$$S_{\max}\{A_j\} = qN, \quad q \geq 0. \quad (\#8)$$

აქ ჩვენ არამკაფიო ბუნების პარამეტრების განსაზღვრისათვის გამოვიყენებთ ერთ-ერთ ყველაზე ფექტიან ხერხს - ექსპერტთა შეფასებისას არამკაფიო აგრეგირების მეთოდს.

ვთქვათ $\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \rightarrow [0; b] \subset \mathbb{R}\}$ არის მეტრიკული მესერი უწყვეტი იზოტონური შეფასებით $\nu(A) = \sum_{i=1}^N \mu_A(x_i) \Rightarrow \rho(A, B) = \sum_{i=1}^N |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|$, უნივერსუმი X არის სასრული სიმრავლე $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ და m ექსპერტიდან შემდგარი ჯგუფი აფასებს A კოეფიციენტის მოცემული უნივერსუმისადმი მიკუთვნების ხარისხს. შედეგად მივიღებთ არამკაფიო სიმრავლეების სასრულ ერთობლიობას $\{A_j\}$, $j = 1, m$, $m = 2, 3, \dots$.

ჩატარებულმა ანალიზმა გვაჩვენა, რომ ელექტროენერგიის წარმოების მართვის პროცესისათვის შექმნილ მოდელში მიზანშეწონილია გამოვყოთ შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: ელექტროენერგიის მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე, ტექნიკური რესურსების ათვისების დონე და ელექტროენერგიის მომხმარებელთა რაოდენობა. მას შემდეგ, რაც ამოვიჩვენეთ ძირითად ფაქტორებს, რომლებიც მოქმედებენ ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობაზე, შემდგომ, უნდა ვიპოვოთ თითოეული ფაქტორის წარმოების მოცულობასთან ფუნქციონალური დამოკიდებულების სახე, რომელიც გვიჩვენებს როგორ მოქმედებს ფაქტორის ერთი ერთეულით ცვლილება წარმოების მოცულობაზე (გამოსაკვლევ ერთეულზე).

ქვემოთ მოცემულია ცხრილი № 3.3, რომელშიც ასახულია ჩვენს მიერ არჩეული დომინანტი პარამეტრებისა და ელექტროენერგიის წარმოების რიცხოვნობები 2007-2016 წლების პერიოდში.

ცხრილი № 1

შესებში ელექტროენერგიის წარმოება და მასზე მოქმედი ფაქტორები 2007-2016 წწ.

№	წლები	შესებში ელენერგიის წარმოება, მლრდ.კვტ.სთ (Y)	ელენერგიის მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე, კვტ.სთ (x ₁)	ტექნიკური ჰიდრორესურსების ათვისების დონე, % (x ₂)	ელენერგიის მომხმარებელთა რაოდენობა, ათასი კაცი (x ₃)
1	2007	6.836	1775,6	10.05	1350.238
2	2008	7.162	1840,9	10.53	1391.452
3	2009	7.412	1803,1	10.90	1426.806
4	2010	9.368	1971,1	13.78	1474.537
5	2011	7.890	2158,4	11.60	1522.268
6	2012	7.221	2175,6	10.62	1581.903
7	2013	8.271	2251,3	12.16	1623.117
8	2014	8.335	2365,0	12.26	1664.807
9	2015	8.453	2927,8	12.43	1653.553
10	2016	9.329	3089,5	13.72	1688.907

ახლა მოვახდინოთ ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობასა და მის მოხმარებას შორის, მოსახლეობის 1 სულზე, ფუნქციონალური დამოკიდებულების დადგენა.

განვიხილოთ სვეტი „შესებში ელენერგიის წარმოება“, როგორც 10 ექსპერტის (წლების რაოდენობა) შეფასება და მოვახდინოთ მათი აგრეგირება ზემოაღნიშნული მეთოდით. იმის გათვალისწინებით, რომ სვეტში უდიდესი მნიშვნელობაა $9.4E+09$, დავაკონკრეტოთ არამკაფიო სიმრავლეთა ზემოდ მოცემული მესერი შემდეგნაირად:

$$\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \rightarrow [0; 9.4E + 09] \subset \mathbb{R}\}.$$

გვაქვს ერთ ელემენტიანი არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა: $\{A_j, j = \overline{1, 10}\} = \{6.8E+09, 7.2E+09, 7.4E+09, 9.4E+09, 7.9E+09, 7.2E+09, 8.3E+09, 8.3E+09, 8.5E+09, 9.3E+09\}$. განვსაზღვროთ მისი რეგულაცია: $\{A'_j, j = \overline{1, 10}\} = \{6.8E+09, 7.2E+09, 7.2E+09, 7.4E+09, 7.9E+09, 8.3E+09, 8.3E+09, 8.5E+09, 9.3E+09, 9.4E+09\}$.

ამ შემთხვევაში #2 და #3 ფორმულით განსაზღვრულ იზოტონურ შეფასებებს ექნება სახე ($N=1, m=10$):
 $\nu(A) = \mu_A(x) \Rightarrow \rho(A, B) = |\mu_A(x) - \mu_B(x)|$.

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: არამკაფიო ელემენტებიანი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j, j = \overline{1,10}\}$, მისი რეგულაცია $\{A'_j, j = \overline{1,10}\}$. $\mu(x)$ -ით აღვნიშნოთ არამკაფიო აგრეგირების რეზულტატი.

ნაბიჯი 1: გამოვთვალოთ არამკაფიო ელემენტებიანი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ - ის

$$\text{ნარმომადგენელი (\#11) მიიღებს შემდეგ სახეს: } \mu_{A^*} = \begin{cases} (\mu_{A'_5} + \mu_{A'_6}) / 2 \\ \text{if } \sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) = \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6), \\ \mu_{A'_5} + \frac{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5)}{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) + \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6)} (\mu_{A'_6} - \mu_{A'_5}) \\ \text{otherwise.} \end{cases}$$

აქედან $\mu_{A^*} = 8.12E+09$.

ნაბიჯი 2: რადგან $\Delta = 0$, აგრეგირების შემდეგი $\mu(x) = \mu_{A^*}(x) = 8.12E+09$.

ამგვარად, ელექტროენერგიის წარმოების მაჩვენებლების აგრეგირებამ 2007-2016 წლების პერიოდში მოგვცა შემდეგი $\bar{y} = 8.12E+09$ (კვტ.სთ).

ახლა განვიხილოთ სვეტი „ელექტროენერგიის მოხმარება მოსახლეობის 1 სულზე“. წლების სახით გვაქვს 10 ექსპერტის შეფასება ანუ 10 ერთელემენტებიანი არამკაფიო სიმრავლე და მოვახდინოთ მათი აგრეგირება ზემოაღწერილი მეთოდით.

იმის გათვალისწინებით, რომ სვეტში უდიდესი მნიშვნელობაა 3089.5, დავაკონკრეტოთ არამკაფიო სიმრავლეთა ზემოდ მოცემული მესერი შემდეგნაირად:

$$\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \rightarrow [0; 3089.5] \subset \mathfrak{R}\}.$$

გვაქვს ერთელემენტებიანი არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა: $\{A_j, j = \overline{1,10}\} = \{1775.6, 1840.9, 1803.1, 1971.1, 2158.4, 2175.6, 2251.3, 2365.0, 2927.8, 3089.5\}$. განვსაზღვროთ მისი რეგულაცია: $\{A'_j, j = \overline{1,10}\} = \{1775.6, 1803.1, 1840.9, 1971.1, 2158.4, 2175.6, 2251.3, 2365.0, 2927.8, 3089.5\}$.

ამ შემთხვევაშიც #2 და #3 ფორმულით განსაზღვრულ იზოტონურ შეფასებებს ექნება სახე ($N=1, m=10$):
 $\nu(A) = \mu_A(x) \Rightarrow \rho(A, B) = |\mu_A(x) - \mu_B(x)|$,

მიეყვებოდა ჩვენს ალგორითმს.

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: არამკაფიო ერთელემენტებიანი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j, j = \overline{1,10}\}$, მისი რეგულაცია $\{A'_j, j = \overline{1,10}\}$. $\mu(x)$ -ით აღვნიშნოთ არამკაფიო აგრეგირების რეზულტატი.

ნაბიჯი 1: გამოვთვალოთ არამკაფიო ერთელემენტებიანი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ - ის ნარმომადგენელი (#11) მიიღებს სახეს:

$$\mu_{A^*} = \begin{cases} (\mu_{A'_5} + \mu_{A'_6}) / 2 \\ \text{if } \sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) = \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6), \\ \mu_{A'_5} + \frac{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5)}{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) + \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6)} (\mu_{A'_6} - \mu_{A'_5}) \\ \text{otherwise.} \end{cases}$$

აქედან $\mu_{A^*} = 2165.13$

ნაბიჯი 2: რადგან $\Delta = 0$, აგრეგირების შედეგი $\mu(x) = \mu_{A^*}(x) = 2165.13$

ამგვარად, ელექტროენერგიის მოხმარებამ მოსახლეობის 1 სულზე მაჩვენებლის აგრეგირებამ 2007-2016 წლების პერიოდში მოგვცა შემდეგი $x_1 = \tilde{x}_3 = 2165.13$ (კვტ.სთ).

შემდგომ განვიხილოთ სვეტი „ტექნიკური ჰიდრორესურსების ათვისების დონე“, როგორც 10 ექსპერტის (წლების რაოდენობა) შეფასებები. ანუ გვაქვს 10 ერთელემენტური არამკაფიო სიმრავლე და მოვახდინოთ მათი აგრეგირება ზემოაღნიშნული მეთოდით. იმის გათვალისწინებით, რომ სვეტში უდიდესი მნიშვნელობაა 13.72, დავაკონკრეტოთ არამკაფიო სიმრავლეთა ზემოთ მოცემული მესერი შემდეგნაირად: $\Psi(X) = \{\mu | \mu : X \rightarrow [0; 13.72] \subset \mathfrak{R}\}$.

გვაქვს ერთელემენტური არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა: $\{A_j, j = \overline{1, 10}\} = \{10.05, 10.53, 10.9, 13.78, 11.6, 10.62, 12.16, 12.26, 12.43, 13.72\}$. განვსაზღვროთ მისი რეგულაცია: $\{A'_j, j = \overline{1, 10}\} = \{10.05, 10.53, 10.62, 10.9, 11.6, 12.16, 12.26, 12.43, 13.72, 13.78\}$

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: არამკაფიო ერთელემენტური სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j, j = \overline{1, 10}\}$, მისი რეგულაცია $\{A'_j, j = \overline{1, 10}\}$. $\mu(x)$ -ით აღვნიშნოთ არამკაფიო აგრეგირების რეზულტატი.

ნაბიჯი 1: გამოვთვალოთ არამკაფიო ერთელემენტური სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ -ის წარმომადგენელი (#11) მიიღებს სახეს:

$$\mu_{A^*} = \begin{cases} (\mu_{A'_5} + \mu_{A'_6}) / 2 \\ \text{if } \sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) = \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6), \\ \mu_{A'_5} + \frac{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5)}{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) + \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6)} (\mu_{A'_6} - \mu_{A'_5}) \\ \text{otherwise.} \end{cases}$$

აქედან $\mu_{A^*} = 12.48$

ნაბიჯი 2: რადგან $\Delta = 0$, აგრეგირების შედეგი $\mu(x) = \mu_{A^*}(x) = 12.48$

ამგვარად, ტექნიკური მოხმარების ათვისების დონის მაჩვენებლის აგრეგირებამ 2007-2016 წლების პერიოდში მოგვცა შემდეგი $\tilde{x}_2 = 12.48$ (%).

ახლა განვიხილოთ სვეტი „ელექტროენერგიის მოხმარებელთა რაოდენობა“, როგორც 10 ექსპერტის (წლების რაოდენობა) შეფასებები, ანუ გვაქვს 10 ერთელემენტური არამკაფიო სიმრავლე და მოვახდინოთ მათი აგრეგირება ზემოაღნიშნული მეთოდით.

იმის გათვალისწინებით, რომ სვეტში უდიდესი მნიშვნელობაა 1688.907, დავაკონკრეტოთ არამკაფიო სიმრავლეთა ზემოდ მოცემული მესერი შემდეგნაირად:

$$\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \rightarrow [0; 1688.907] \subset \mathfrak{R}\}.$$

გვაქვს ერთელემენტის არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა: $\{A_j, j = \overline{1, 10}\} = \{1350.238, 1391.452, 1426.806, 1474.537, 1522.268, 1581.903, 1623.117, 1664.807, 1653.553, 1688.907\}$. ახლა განვსაზღვროთ მისი რეგულაცია: $\{A'_j, j = \overline{1, 10}\} = \{1350.238, 1391.452, 1426.806, 1474.537, 1522.268, 1581.903, 1623.117, 1653.553, 1664.807, 1688.907\}$

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: არამკაფიო ერთელემენტის სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j, j = \overline{1, 10}\}$, მისი რეგულაცია $\{A'_j, j = \overline{1, 10}\}$. $\mu(x)$ -ით აღვნიშნოთ არამკაფიო აგრეგირების რეზულტატი.

ნაბიჯი 1: გამოვთვალოთ არამკაფიო ერთელემენტის სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ -

$$\text{ის წარმომადგენელი (\#11) მიიღებს სახეს: } \mu_{A^*} = \begin{cases} (\mu_{A'_5} + \mu_{A'_6}) / 2 \\ \text{if } \sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) = \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6), \\ \mu_{A'_5} + \frac{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5)}{\sum_{j=1}^5 \rho(A'_j, A'_5) + \sum_{j=6}^{10} \rho(A'_j, A'_6)} (\mu_{A'_6} - \mu_{A'_5}) \\ \text{otherwise.} \end{cases}$$

აქედან $\mu_{A^*} = 1558.029$

ნაბიჯი 2: რადგან $\Delta = 0$, აგრეგირების შედეგი $\mu(x) = \mu_{A^*}(x) = 1558.029$

ამგვარად, ელექტროენერგიის მომხმარებელთა რაოდენობის მაჩვენებლების აგრეგირებამ 2007-2016 წლების პერიოდში მოგვცა შემდეგი $\tilde{x}_3 = 1558.029$ (ათასი კაცი).

ახლა განვიხილოთ არამკაფიო ფუნქცია $\tilde{y} = f(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3)$. დავადგინეთ, რომ 2006-2015წწ. პერიოდში შესაბამისი პარამეტრების არამკაფიო აგრეგირების გზით ფუნქცია იღებს ასეთ მნიშვნელობებს:

$$\begin{array}{cccc} \tilde{y} & \tilde{x}_1 & \tilde{x}_2 & \tilde{x}_3 \\ 8.12E=09 & 2165.13 & 12.48 & 1558.029 \end{array} \quad (\#12)$$

გამოსახულება #12-ით მიღებული მნიშვნელობები ძალზედ დიდ როლს თამაშობენ პროგნოზირების პროცესში. არამკაფიო ექსტრაპოლაციამ ღირსეული ადგილი დაიმკვიდრა საპროგნოზო სფეროში, განსაკუთრებით სტატისტიკური მონაცემების გენერალური ერთობლიობის არქონის შემთხვევაში. იმისათვის, რომ არამკაფიო ექსტრაპოლაციის გამოყენებით, გამოვთვალოთ პროგნოზული მაჩვენებლები, იყენებენ გარკვეული პერიოდების მონაცემთა არამკაფიო აგრეგირების შედეგებს.

პარამეტრების არამკაფიო აგრეგირების მნიშვნელობების საპოვნელად 2020-2022 წწ. პერიოდში იყენებთ არამკაფიო ექსტრაპოლაციას და ვიღებთ:

$$\tilde{y} = 1.48E + 10.$$

აქედან დეფაზიკაციის გზით მივიღებთ, რომ ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტროენერგიის წარმოება მოსალოდნელია შემდეგი სიდიდეებით (კვტ.სთ):

$$\begin{array}{ccc} 2020 & 2021 & 2022 \\ \tilde{y} & 13.9E+10 & 1.47E+10 \quad 16.8E+10 \end{array}$$

მათემატიკური მოდელის აგებისა და გადანაცვების შემდეგ საჭირო მიღებული შედეგების ეკონომიკური ანალიზი, რათა მოხდეს დარგში არსებული რეზერვების გამოაშკარავება.

საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების ათწლიან პროგნოზს აკეთებს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“, რომელიც მოცემულია ოფიციალურ დოკუმენტში „საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2018-2028“. აღნიშნული საპროგნოზო გეგმა საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემაში მომზადდა 2017 წელს.

კვლევის შედეგად, ჩვენს მიერ მიღებული საპროგნოზო შედეგები საკმაოდ გაბედულად შეიძლება ჩაითვალოს, იქედან გამომდინარე, რომ 2026-2027 წლამდე არ იგეგმება დამატებითი სიძლავრების ამოქმედება და ახალი ჰიდროელექტროსადგურების ექსპლუატაცია, რაც ცალსახად გაზრდიდა ჰესებში ელექტროენერგიის საპროგნოზო წარმოების მოცულობას.

2020 წლისათვის ჩვენს მიერ მიღებული ელექტროენერგიის წარმოების საპროგნოზო მაჩვენებელი განსხვავდება ოფიციალური მონაცემისგან. ჩვენს მიერ, 2020 წლისათვის ნავარაუდევია 1,5 მლრდ. კვტ.სთ-ით მეტი (10.7%-ით მეტი) ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია. ასეთი განსხვავების მიზეზად შესაძლოა დავასახელოთ „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ მიერ დარგში არსებული რეზერვების არასათანადოდ გათვალისწინება.

თუკი მოვახდენთ ჩვენს მიერ 2021-2022 წლისთვის მიღებულ საპროგნოზო მაჩვენებლის შედარებას „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ მიერ გაკეთებულ იგივე მაჩვენებელთან დავინახავთ, რომ 2021 წელს ნახევარი მლრდ. კვტ.სთ-მდე (2,6%-ით მეტი), ხოლო 2022 წელს 1 მლრდ. კვტ.სთ-ზე მეტი (6%-ით მეტი) ელექტროენერგიის წარმოება ნავარაუდევია ჩვენი პროგნოზისგან განსხვავებით. ასეთ გაზრდილი მაჩვენებლის გაფლერებისას, მათი მხრიდან, გასათვალისწინებელია ბუნებაზე ზემოქმედების ეკოლოგიური ასპექტები,

რომლების ხშირ შემთხვევაში უგულებელყოფილია რჩება ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობის პროცესში.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ეკონომიკურ-მათემატიკური გათვლებით 2022 წლისათვის ჰიდროელექტროსადგურებში ნავარაუდევია 16,8 მლრდ. კვტ.სთ ელექტროენერგიის წარმოება, ხოლო ამავე წელს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ საპროგნოზო ბალანსში მოხმარება შეადგენს 15,08 მლრდ. კვტ.სთ. აღნიშნული მონაცემების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ მოცემული პერიოდისთვის ქვეყნის ელექტრობალანსი უდევიცით იქნება და შესაძლებელია მილიარდ კვტ.სთ-მდე ჭარბი ელექტროენერგიის ექსპორტზე გატანა.

მიღებული შედეგების ანალიზი საშუალებს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ჰესების მიერ ელექტროენერგიის წარმოების გაზრდილი მაჩვენებელი სათანადოდ უზრუნველყოფს ქვეყნის ეკონომიკის მდგრად განვითარებას და შესაბამისად მოსახლეობის კეთილდღეობის უზრუნველყოფას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. გიორგი თავაძე, დემურ ჩომახიძე. ჟ. ბუნებრივი მონოპოლიები და მათი რეგულირება, (2005) თბ., 2005, გვ. 59-61;
2. Томас Т. Нэгл. Стратегия и тактика ценообразования. 3-е издание, Питер, 2004;
3. T. Tsabadze, A method for fuzzy aggregation based on grouped expert evaluations, Fuzzy Sets and Systems 157 (2006) 1346-1361;
4. T. Tsabadze, A new approach to the establishment of electricity tariffs based on fuzzy sets, Georgian Engineering News, 1 (2007) 113-119;
5. http://www.gse.com.ge/sw/static/file/TYNBP_GE-2018-2028_GEO.PDF.