საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნინო კიკაბიძე

ელექტროენერგიის ტარიფების გრძელვადიანი პერიოდისათვის ოპტიმალური დაგეგმვის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების შემუშავება და რეალიზაცია

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2014 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის ელექტროენერგეტიკის, ელექტრონიკის და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტის სათბობ–ენერგეტიკული დარგების მენეჯმენტის მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი დავით ჯაფარიძე

რეცენზენტები: ……..

……

დაცვა შედგება ---------- წლის ”------” ----------, --------- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ---------- ---------- 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
სრული პროფესორი /გ. ხელაძე/

შესავალი

სამუშაოს აქტუალობა, მიზანი და კვლევის სიახლე.

საბაზრო ეკონომიკის ფორმირების რთულ ეტაპზე ნებისმიერი ქვეყნისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, ელექტროენერგეტიკაში სატარიფო პოლიტიკის სწორად წარმართვას. ამ პროცესში წინა პლანზე იწევს ტარიფებზე მოქმედი ფაქტორების დადგენა და გრძელვადიანი პერიოდისათვის მეცნიერული კვლევის საფუძველზე ელექტროენერგიის ტარიფების სიდიდეების ოპტიმალურად დაგეგმვა.

აღნიშნულიდან გამომდინარე განსაკუთრებით აქტუალურია ელექტროენერგიის ტარიფების დადგენის მეთოდოლოგიის სრულყოფა და გრძელვადიანი პერიოდისათვის ტარიფების ისეთი სიდიდეების დადგენა, რომელიც ერთნაირად ხელსაყრელი იქნება როგორც ელექტროენერგიის მწარმოებელ და გამანაწილებელ საწარმოებისათვის, ისე მომხმარებლებისათვის; რითაც ელექტროენერგიის მწარმოებელ და გამანაწილებელ საწარმოებს საშუალება ეძლევათ გრძელვადიან, სტაბილურ პერსპექტივაზე დაგეგმონ თავიანთი საქმიანობა და განახორციელონ დამატებითი ინვესტიციები, ხოლო მომხმარებლებმა სწორად გათვალონ ელექტროენერგიის მოხმარებასთან დაკავშირებული ხარჯები. დასმული პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის წარმოების, გადაცემა-განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფების მაღალი სიზუსტით პროგნოზირების პირობებში.

კვლევის მიზანს წარმოადგენს გრძელვადიანი პერიოდისათვის ქვეყანაში ფუნქციონირებად ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ყველა მონაწილე სუბიექტისათვის ტარიფების ისეთი საგეგმო სიდიდეების დადგენა, რომელიც თანაბარმომგებიანი იქნება ყოველი მათგანისათვის.

კვლევის ძირითად სიახლეს წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ სადისერტაციო ნაშრომში დასმული ამოცანები გადაწყვეტილია თანამედროვე ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების გამოყენებით.

გრძელვადიანი პერიოდისათვის გენერაციის, გადაცემა-განაწილებისა და სამომხმარებლო ტარიფების ოპტიმალური გეგმური მაჩვენებლების განსასაზღვრავად შერჩეულია ტარფების ოპტიმალურობის კომპლქსური ხასიათის კრიტერიუმი. ფორმირებულია ფუნქციები და ჩამოყალიბებულია ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები. ამ მოდელების მიხედვით შემუშავებულია ალგორითმი და გადაწყვეტილია კომპიუტერული პროგრამით უზრუნველყოფის ამოცანა.

კვლევის ობიექტი და ამოცანები.

კვლევის ობიექტად აღებულია ქვეყანაში ელექტროენერგიის ტარიფების გრძელვადიანი პერიოდისათვის ოპტიმალური დაგეგმვის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების შემუშავება და რეალიზაცია. აქედან გამომდინარე, დისერტაციაში გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

პირველ ეტაპზე შესრულებულია ელექტროენერგიის გრძელვადიანი პერიოდისათვის გენერაციის ტარიფების პროგნოზირების მრავალვარიანტული, მრავალფაქტორიანი, ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის ფორმირება. შემუშავებულია ალგორითმი და შერჩეულია კომპიუტერული პროგრამა.

საბოლოოდ ტარიფების საპროგნოზო პარამეტრების ექსპერტული შეფასების საფუძველზე დაზუსტებულია ტარიფების ოპტიმალური გეგმური სიდიდეები. მთლიანობაში ჩამოყალიბებულია გენერაციის ტარიფების გრძელვადიანი პერიოდისათვის ოპტიმალური დაგეგმვის მეთოდიკა.

მეორე ეტაპზე, სიღრმისეულად არის შესწავლილი გადაცემის ტარიფის ფორმირების ამოცანა, დადგენილია მის სიდიდეზე მოქმედი შიგა და გარე ფაქტორები. პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების ჰიბრიდული მეთოდის გამოყენებით ჩამოყალიბებულია გადაცემის ტარიფის გრძელვადიანი პერიოდისათვის ოპტიმალურად რეგულირების ეკონომეტრიკული მოდელი. აღნიშნული

მოდელი აპრობირებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში.

მესამე ეტაპზე, შესრულებულია ელექტროენერგიის განაწილებისა და სამომხმარებლო ტარიფის ფორმირების ცვალებადობის საშუალო ვადიანი პროგნოზირება. ვინაიდან ფაქტორების დიდი ნაწილი განუსაზღვრელობის მატარებელია, მიღებული მონაცემების აპრობაციის მიზნით ხელოვნური ნეირონული ქსელების მეშვეობით შესრულებულია განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფის გრძელვადიანი პერიოდისათვის პროგნოზირება. ჩატარებულია მიღებული საპროგნოზო მაჩვენებლების ექსპერტული ანალიზი. ანალიზიდან გამომდინარე დაზუსტდებულია ოპტიმალური ტარიფის გეგმური პარამეტრები.

მეოთხე დამასრულებელ ეტაპზე გადაწყვეტილია ელექტროენერგიის ბაზრის მონაწილე სუბიექტებს შორის ტარიფების ოპტიმალური განაწილების ამოცანა. რისთვისაც ოპტიმიზაციის კრიტერიუმად შერჩეული იქნა ბაზრის თითოეული მონაწილის მაქსიმალური სარგებლიანობის პრინციპი და შესაბამისად დაზუსტებულია ელექტროენერგიის გენერაციის საშუალო შეწონილი ტარიფის, გადაცემის, განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფების გრძელვადიანი გეგმიური პარამეტრები.

კვლევის მეთოდები.

წარმოდგენილ დისერტაციაში დასმული პრობლემის კვლევა შესრულებულია საკითხისადმი სისტემური და კომპლექსური მიდგომით. კორელაციური ანალიზით დადგენილია ტარიფების სიდიდეზე მოქმედი ფაქტორები. შემუშავებულია ტარიფების გრძელვადიანი პერიოდისათვის ოპტიმალური დაგეგმვის მრავალფაქტორიანი ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები, შესაბამისი ალგორითმები და გადაწყვეტილია მათი კომპიუტერული პროგრამით უზრუნველყოფის ამოცანა. იმის გათვალისწინებით, რომ ტარიფების სიდიდეების ფორმირება ატარებს განუსაზღვრელობის ხასიათს კვლევაში გამოყენებულია მათემატიკის

თანამედროვე მიღწევები, პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების ჰიბეიდული და RAB (ინვესტირებული კაპიტალის რეგულირების ბაზა)-ის მეთოდები. ეს მეთოდები საშუალებას იძლევა იმიტაციურ მოდელირებით განხორციელდეს გენერაციის, გადაცემის, განაწილების და შესაბამისად სამომხმარებლო ტარიფების გრძელვადიანი დაგეგმვა და მათ სიდიდეებზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორით. ამ გზით მიიღწევა დაგეგმვის მაღალი სიზუსტე, მიღებული გეგმური პარამეტრების სათანადო ექსპერტული შეფასების საფუძველზე 5-წლიანი პერიოდისათვის განსაზღვრულია ელექტროენერგიის ტარიფების ოპტიმალური გეგმური მაჩვენებლები.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა.

ელექტროენერგიის ტარიფების ფორმირების და გრძელვადიან პერიოდისათვის დაგეგმვის მსოფლიო გამოცდილების ანალიზით გამოირკვა, რომ წარმოდგენილი ანალიზის შესასრულებლად გამოყენებული მეთოდები და მოსალოდნელი შედეგები პრაქტიკულად ახალი სიტყვაა ელექტროენერგიის ტარიფების მენეჯმენტში. კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება დაინერგოს ელექტროენერგიის გენერაციის, გადაცემის, განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფების გრძელვადიან პერიოდისათვის დაგეგმვაში, ელექტროენერგეტიკაში ინვესტირების ეფექტიანობის შეფასებაში. გრძელვადიანი პერიოდისათვის ელექტროენერგიის ტარიფების ოპტიმალური მოდელირება და შესაბამისად დაგეგმვის შეთავაზებული ერთიანი მეთოდიკა ატარებს უნივერსალურ ხასიათს, მისი პრაქტიკული რეალიზაცია დიდ დახმარებას გაუწევს ნებისმიერ ენერგოკომპანიას, რათა ოპტიმალურად დაგეგმოს თავისი საქმიანობა და გრძელვადიანი პერიოდისათვის სწორად გათვალოს ელექტროენერგიის წარმოებასთან, გადაცემასთან, განაწილებასთან და მოხმარებასთან დაკავშირებული ხარჯები.

წარმოდგენილი მეთოდიკის გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტური იქნება ელექტროენერგიის ტარიფების დამდგენი სახელმწიფო ეროვნული კომისიისათვის. ამ მეთოდიკის სასწავლო პროცესში დანერგვას დიდი

სარგებლის მოტანა შეუძლია ელექტროენერგეტიკული სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 122 გვერდს. იგი შედგება, შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, შედეგების განსჯისა და დასკვნითი ნაწილისაგან. შედეგების განსჯა თავის მხრივ შედგება 4 თავისაგან. ნაშრომში ჩართულია 42 ცხრილი, 18 ნახაზი, ნაშრომს თან ერთვის გამოყენებული ლიტერატურის სია.

I. ლიტერატურის მიმოხილვა

შესწავლილია სადისერტაციო ნაშრომში დასმული პრობლემის გადაწყვეტის მსოფლიოში არსებული პრაქტიკა. შეფასებულია პრობლემის გადაწყვეტისათვის ჩატარებული კვლევების დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა და შემუშავებულია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის ტარიფების ოპტიმალურად დაგეგმვის კრიტერიუმი.

II. შედეგები და მათი განსჯა

სადისერტაციო ნაშრომში კვლევის შედეგები და მათი განსჯა წარმოდგენილია ოთხ თავად.

“პირველ თავში - საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის გრძელვადიანი დაგეგმვა” - კორელაციური ანალიზით დადგენილია ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორები. ამ ფაქტორების გათვალისწინებით ფორმირებულია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ეკონომეტრიკული

მოდელი. ამ მოდელით საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრის მაგალითზე გადაწყვეტილია 5-წლიან პერიოდში საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის ოპტიმალურად დაგეგმვის ამოცანა.

ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფზე მოქმედებენ ისეთი ფაქტორები, როგორიცა: ინფლაციის ზრდის ტემპი, თბოსადგურების მიერ წარმოებული ელექტროენერგიის და შესასყიდი საბალანსო ელექტროენერგიის ღირებულების ხვედრითი წილი ტარიფში. ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის სიდიდეები გამოთვლილია საქართველოში 2007-2011 წლებში რეალიზებული ელექტროენერგიის წარმოების მოცულობის შესახებ სტატისტიკური მონაცემებისა და საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მიერ 2008 წელს დამტკიცებული ელექტროენერგიის წარმოების ტარიფების მიხედვით.

ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირების მრალფაქტორიანი ზოგად ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელი გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$Y_{\text{გენ}}=-0.439x_1-0.51123x_2+\ 0.122x_3+0.612\ x_4+6.722 \qquad (1)$$

სადაც

სადაც

$Y^{(i)}$ არის შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფია (i) წლისათვის. (თეთრი/კვტ.სთ)

x_1 - ინფლაციის საშუალო წლიური ზრდის ტემპი (i) წლისათვის. (%)

x_2 - შესყიდული საბალანსო ელწქტროენერგიის ღირებულების ხვედრითი წილის ზრდის ტემპი (i) წლისათვის.

x_3 –თბოსადგურებში გამომუშავებული ელექტროენერგიის ხვედრითი წილის ზრდის ტემპი (i) წლისათვის.

x_4 – ფიქტიური ცვლდის ზრდის ტემპი

შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირებისათვის აუცილებელია ეკონომიკურ-მათემატიკურ მოდელში შემავალი თითოეული ფაქტორის პროგნოზირება ჩატარებულია ავტორეგრესიული მოდელით. (იხ. ცხრილი №1)

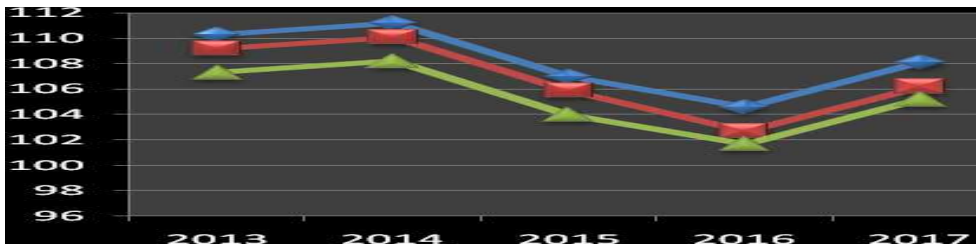
ცხრილი 1

შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების მოდელები

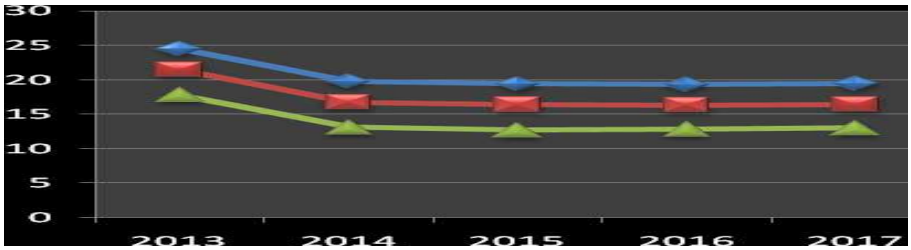
დასახელება	ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელები
ინფლაციის ზრდის ტემპი	$Y = -0.75148*Y^{-1}+(-0.36035)*Y^{-2}+225.9248$
თბოსადგურების წარმოებული ელექტროენერგიის ხვედრითი წილი	$Y =0.3596*Y^{-1}-0.3517*Y^{-2}+16.3558$
შესყიდული საბალანსო ელ.ენერგიის ღირებულების ხვედრითი წილი	$Y =0.3283*Y^{-1}-0.1267*Y^{-2}+1.009$

პროგნოზირების ავტორეგრესულ მოდელებში Y^{-1}, Y^{-2}არის საპროგნოზო ფაქტორების წინა წლის მაჩვენებლები.

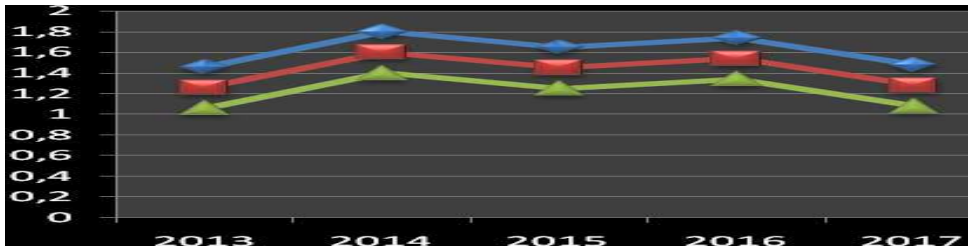
შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების გრაფიკები (იხ. სურ. №1, №2, №3)



სურ. №1 ინფლაცია დინამიკა და პროგნოზი 2013-2017წწ



სურ. №2 თბოსადგურის ხვედრითი წილის დინამიკა და პროგნოზი 2013-2017წწ



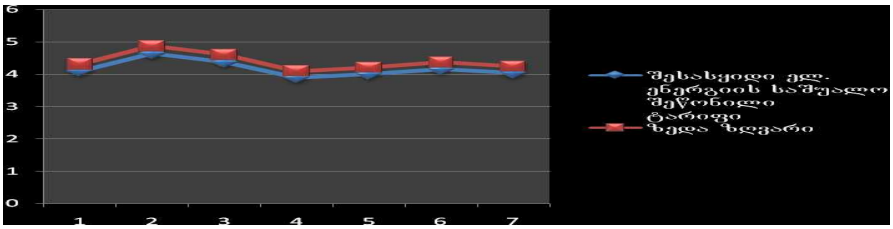
სურ. №3 საშუალოშეწონილ ტარიფში შესყიდული საბალანსო ელექტროენერგიის ღირებულების ხვედრითი წილის დინამიკა და პროგნოზი 2013-2017წწ

პირველ გამოსახულების და ცხრილ 1-ში მოცემული ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების ავტორეგრესული მოდელებით განსაზღვრულია ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის 5-წლიან პერიოდში გეგმიური მაჩვენებლები. ანგარიშის შედეგები ასახულია მე-2 ცხრილში და მე-4 სურათზე.

ცხრილი 2

საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის საპროგნოზო პარამეტრები

წელი	2013	2014	2015	2016	2017
შესასყიდი ელ. ენერგიის საშუალო შეწონილი ტარიფი	4,378	3,896	4,006	4,1606	4,0381
ზედა ზღვარი	4,596	4,092	4,20724	4,36863	4,2400



სურ. №4 საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზი (2011-2017წწ)

კვლევის შედეგები გვიჩვენებენ, შემოთავაზებული მეთოდიკით შესაძლებელია მაღალი სიზუსტით განხორციელდეს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვა.

მეორე თავში – "ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალური რეგულირების ეკონომეტრიკული მოდელირება" – მოცემულია ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალურად დაგეგმვის ამოცანის გადაწყვეტა ორი სხვადასხვა მეთოდით.

პირველი მეთოდით ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის დაგეგმვის განსახორციელებლად შემუშავებულია პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების ჰიბრიდული მოდელი. ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფის დაგეგმვა ატარებს კომლექსურ ხასიათს.

გადაცემის ზღვრულ ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების დადგენის მიზნით ჩატარებულ იქნა ექსპერტული ანალიზი, ანალიზის შედეგების მიხედვით შეირჩა შესაძლო ფაქტორების ნუსხა, რომელიც მოცემულია მე-3 ცხრილში.

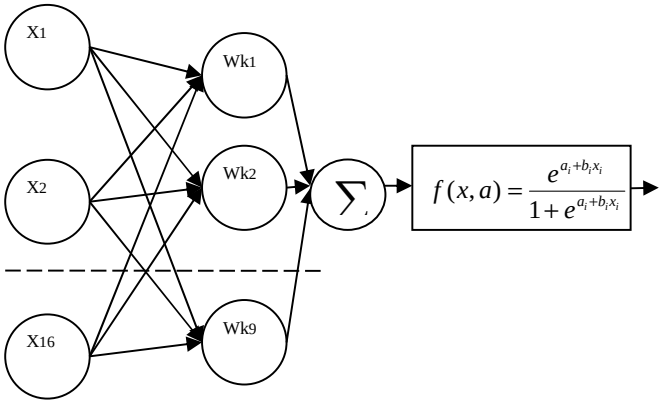
ცხრილი 3

ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის სიდიდეზე
მოქმედი შესაძლო ფაქტორები

№	ფაქტორი	აღნიშვნა	შენიშვნა
1	2007 წელს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი	X_1	თეთრი. კვტ·სთ
2	2008 წელს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი	X_2	თეთრი. კვტ·სთ
3	2009 წელს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი	X_3	თეთრი. კვტ·სთ
4	2010 წელს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი	X_4	თეთრი. კვტ·სთ
5	2011 წელს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი	X_5	თეთრი. კვტ·სთ
6	ინფლაციის ზრდის ტემპი	X_6	%
7	საამორტიზაციო ანარიცხები	X_7	ათასი ლარი 1 კვტ სთ-ზე
8	საოპერაციო ხარჯები	X_8	ათასი ლარი 1 კვტ სთ-ზე
9	ინვესტირებული კაპიტარილის ფონდამონაგები	X_9	ათასი ლარი 1 კვტ სთ-ზე
10	გადასახადები	X_{10}	ათასი ლარი 1 კვტ სთ-ზე
11	ელექტროენერგიის დანაკარგები	X_{11}	ათასი ლარი 1 კვტ სთ-ზე

მეთოდოლოგიის პრაქტიკული აპრობაცია განხორციელებულია სს„საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის” მაგალითზე.

ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფის 5 წლიანი პროგნოზირების ხელოვნური ნეირონული ქსელების მოდელი მიიღებს მე-5 სურათზე.



სურ. №5. ელექტროენერგიის გადაცემა ზღვრული ტარიფის 5-წლიანი პროგნოზირების მოდელი

პარალელურად განხორციელდა ფაქტორების ცვალებადობის მომავალი 5-წლიანი პერიოდის პროგნოზირება. საქართველოს ენერგოსისტემის 2008-2012 წლების მუშაობის შესახებ სტატისტიკური მონაცემებიდან გამომდინარე ავტორეგრესული მეთოდით მიღებულია ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების ავტორეგრესული მოდელები, რომლებიც ასახულია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების ავტორეგრესული მოდელები

საპროგნოზო ფაქტორები	პროგნოზირების განტოლება
ინფლაციის ზრდის ტემპი	$Yi = -0.22206 * X^{-1} - 0.67532 * X^{-2} + 200.5196$
საამორტიზაციო ანარიცხები	$Yi = -0{,}60226 * X^{-1} - 0{,}51587 * X^{-2} + 0{,}009873$
საოპერაციო ხარჯები	$Yi = -0{,}54511 * X^{-1} - 0{,}42139 * X^{-2} + 0{,}002617$
ინვესტირებული კაპიტალის ფონდამონაგები	$Yi = 0{,}661236 * X^{-1} + 0{,}779591 * X^{-2} - 0{,}00347$
გადასახადები	$Yi = 0{,}3785524 * X^{-1} + 0{,}000517$
ელექტროენერგიის წლიური დანაკარგები	$Yi = -1.0233 * X^{-1} - 0.45245 * X^{-2} + 0.16716$

პროგნოზირების ავტორეგრესულ მოდელებში Y^{-1}, Y^{-2}არის საპროგნოზო ფაქტორების წინა წლის მაჩვენებლები.

მე-5 ცხრილში მოცემულია ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გეგმიური მაჩვენებლების განსაზღრისათვის საწყისი ინფორმაცია.

ცხრილი 5

ხელოვნური ნეირონული ქსელების მეშვეობით ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გეგმიური მაჩვენებლების განსაზღრისათვის საწყისი ინფორმაცია

წელი	ინფლაცია	საამორტიზაციო ანარიცხები თეთრი/კვტ.სთ	საოპერაციო ხარჯები თეთრი/კვტ.სთ	ფონდაშონაგები თეთრი/კვტ.სთ	გადასახადები თეთრი/კვტ.სთ	ელექტროენერგიის დანაკარგებით გამოწვეული	ტარიფი
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2008	106	0,00162	0,00234	0,00657	0,00013	0,00135	1,02299
2009	103	0,00940	0,00485	0,00763	0,00050	0,00055	2,31119
2010	111	0,00379	0,00345	0,00690	0,00045	0,00050	1,45505
2011	102	0,00339	0,00302	0,00640	0,00103	0,00091	1,37244
2012	98,6	0,00327	0,00310	0,00614	0,00088	0,00051	1,32313
2013	109	0,00588	0,00355	0,00558	0,00091	0,00032	
2014	110	0,00616	0,00373	0,00501	0,00085	0,00050	
2015	106	0,00465	0,00350	0,00420	0,00086	0,00050	
2016	103	0,00313	0,00328	0,00321	0,00084	0,00059	
2017	106	0,00390	0,00330	0,00193	0,00084	0,00051	

მე-5 ცხრილში მოცემული საწყისი ინფორმაციის საფუძველზე მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების გამოყენებით კომპიუტერული პროგრამა PredictorXL მეშვეობით 5-წლიანი პერიოდისათვის განსაზღვრულია ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფის გეგმიური პარამეტრები. შედეგები შეტანილია მე-6 ცხრილში. ამ ცხრილში ასახული მონაცემებით აგებულია 5-წლიან პერიოდში ტარიფის

ცვალებადობის გრაფიკი (იხ.სურ. №6) და გამოთანაბრების მეთოდით დადგენილია 5-წლიანი პერიოდისათვის ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფის გეგმიური მაჩვენებლების ზედა ზღვრები.

ცხრილი. 6

გადაცემის ტარიფის ცვალებადობის დინამიკა 2012-2017წწ

წელი	2013	2014	2015	2016	2017
ელ.ენერგიის გადაცემის ტარიფი თეთრი/კვტ.სთ	1,43324	1,26911	1,06027	0,98735	0,97184
ელ.ენერგიის გადაცემის ტარიფი ზედა ზღვარი თეთრი/კვტ.სთ	1,48324	1,32411	1,12027	1,05235	1,04184

სურ. 6 ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გეგმიური მაჩვენებლების ცვალებადობის დინამიკა 2013-2017წწ. ზღვრული

როგორც მე-6 ცხრილში ასახული მონაცემებიდან ჩანს ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფი 2-ჯერ აღემატება საქართველოში ამჟამად მოქმედ ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის სიდიდეს.

მე-6 ცხრილის შესაბამისად მაქსიმალური დამაჯერებლობის მეთოდის და Excel კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით მიღებულია ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში დაგეგმვის გამარტივებული მათემატიკური მოდელი მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$Y = -0.006x^4 + 0.110x^3 - 0.646x^2 + 1.38x + 0.485$$

$$R^2 = 0.999$$

სადაც x არის i^{-1} წლის გადაცემის ტარიფის ფაქტიური სიდიდე.

მეორე მეთოდით ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პეროდში დაგეგმვა შესრულებულია ეკონომეტრიკული მოდელირების გამოყენებით. ამ მეთოდიკით 5-წლიან პერიოდში ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ეკონომეტრიკულ მოდელს აქვს მე-7 ცხრილში მოცემული სახე.

ცხრილი №7

რეგულირების პერიოდის (2013-2017) ყოველი წლისათვის ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის საანგარიშო ეკონომეტრიკული მოდელები

რეგულირების წლები	ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გამოსათვლელი ფორმულები
2013	$T_1 = \frac{(ОП_1 + А_1 + T_{ამოც1} + C_{ფინ1} + K_1\ НД * CI_1)(1 + П_1)}{W_1}$
2014	$T_2 = \frac{(ОП_2 + А_2 + T_{ამოც2} + C_{ფინ2} + K_1(1 - НД)НД + K_1' НД' * CI_2)(1 + П_2)}{W_2}$
2015	$T_3 = \frac{(ОП_3 + А_3 + T_{ამოც3} + C_{ფინ3} + K_1(1 - НД)^2\ НД + [K_1'(1 - НД') + K_2']НД' * CI_3)(1 + П_3)}{W_3}$
2016	$T_4 = \frac{(ОП_4 + А_4 + T_{ამოც4} + C_{ფინ4} + K_1(1 - НД)^3 НД + [K_1'(1 - НД')^2 + K_2'(1 - НД') + K_3']НД' * CI_4)(1 + П_4)}{W_4}$
2017	$T_5 = \frac{(ОП_5 + А_5 + T_{ამოც5} + C_{ფინ5} + K_1(1 - НД)^4 НД + [K_1'(1 - НД')^3 + K_2'(1 - НД')^2 + K_3'(1 - НД') + K_4']НД' * CI_5)(1 + П_5)}{W_5}$

სადაც

T_i არის ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის სიდიდე რეგულირების i წლისათვის, თეთრი/კვტ.სთ;

$ОП_i$ –ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის საოპერაციო ხარჯები რეგულირების i წლისათვის, ათასი ლარი/წელიწადში;

$А_i$ –ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის ძირითადი ფონდების საამორტიზაციო ანარიცხები რეგულირების i წლისათვის, ათასი ლარი/წელიწადში;

$Т_{არაკ}$ – ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის არაკონტროლირებადი ხარჯები რეგულირების i წლისათვის, ათასი ლარი/წელიწადში;

$С_{დამ}$ –ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის ელექტრულ ქსელებში დანაკარგებით გამოწვეული დამატებითი ხარჯები რეგულირების i წლისათვის, ათასი ლარი/წელიწადში;

$ДК_i$ – ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავალი რეგულირების i წლისათვის, ათასი ლარი;

$СІ_i$ – ინფლაციის ზრდის ტემპი რეგულირების i წლისათვის;

$П_i$ – მარეგულირებელი ორგანოების მიერ დაგეგმილი მოგების ნორმა;

W_i – რეგულირების i წლისათვის ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის კუთვნილი სისტემათაშორისი ელექტროგადამცემი ხაზით ექსპორტირებული და გადამცემი ქსელის საშუალებით მიწოდების პუნქტებში გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა (კვტ.სთ).

$ОП_i, А_i, Т_{არაკ}, С_{დამ}, ДК_i, W_i$ პარამეტრების სიდიდეები დგინდება ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის მუშაობის, გადაცემის ტარიფის გრძელვადიანი რეგულირების პერიოდის დაწყებამდე, წინა წლების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების და მარეგულირებელი ორგანოების მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამების საფუძველზე.

ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავალი რეგულირების ყოველი წლისათვის განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$ДК_i = (РИК_i - ВИК_i) * НД + (SИМИ_i - ВН_i + ЧОК_i) * НД'$$

სადაც

$ДК_i$ არის ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავალი i წლისათვის, ათასი ლარი;

$РИК_i$ – ინვესტირებული კაპიტალის სიდიდე რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე i წლისათვის, ათასი ლარი;

$ВИК_i$ – რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალის დაბრუნება, დაგროვილი რეგულირების დაწყებიდან i წლამდე, ათასი ლარი;

НД – ინვესტირებული კაპიტალზე შემოსავლიანობის ნორმა, დადგენილი მარეგულირებელი ორგანოების მიერ, გრძელვადიანი რეგულირებისათვის i წლისათვის;

НД' – რეგულირების პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა;

$SИМИ_i$ – დანახარჯების ჯამი, გათვალისწინებული რეგულირების გრძელვადიანი პერიოდისათვის მარეგულირებელი ორგანოების მიერ დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამაში, დაწყებული i-0 წლიდან დამთავრებული i-1 წლისათვის;

$ВН_i$ – ინვესტიციების დაბრუნება, განსახორციელებელი საინვესტიციო პროგრამის შესაბამისად დაგროვილი გრძელვადიანი პერიოდის დაწყებიდან i-1 წლამდე, ათასი ლარი;

$ЧОК_i$ – წმინდა საბრუნავი კაპიტალის სიდიდე, რომელიც შეიძლება დადგინდეს ინვესტირებული კაპიტალის 4-8% ფარგლებში.

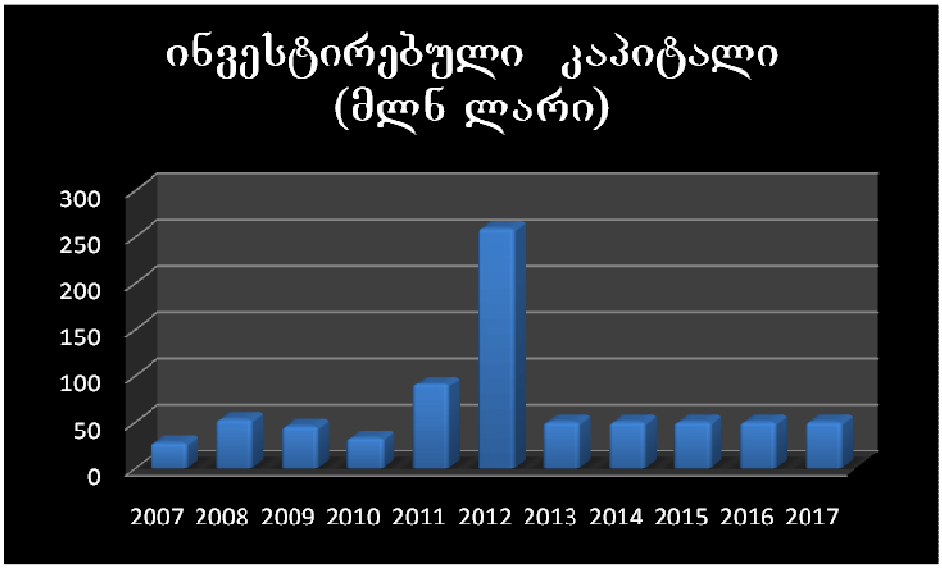
შემუშავებულია ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატისათვის მარეგულირებელი ორგანოების მიერ გრძელვადიანი პერიოდისათვის დამტკიცებული საინვესტიციო პროგრამის შესაბამისად რეგულირების პერიოდის ყოველი წლისათვის ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლების

მოცულობის განსაზღვრისათვის მიღებული ალგორითმი მოცემულია მე-8 ცხრილში.

ცხრილი 8

ინვესტიციის შემოსავლიანობის ანგარიშის ალგორითმი

ინვესტირების ეტაპები და ინვესტირებული კაპიტალი (ათ. ლარი)	2013-2017 წლებში ინვესტირებული კაპიტალის მოცულობა (ათასი ლარი)				
	2013	2014	2015	2016	2017
რეგულირების დაწყებამდე ინვესტირებული კაპიტალი (ათ. ლარი)	K_1	K_1(1-НД)	K_1(1-НД)^2	K_1(1-НД)^3	K_1(1-НД)^4
რეგულირების დასაწყისში ინვესტირებული დასაბრუნებელი კაპიტალის შემოსავლიანობა (ათ. ლარი)	K_1 НД	K_1(1-НД)НД	K_1(1-НД)^{2}НД	K_1(1-НД)^{3}НД	K_1(1-НД)^{4}НД
რეგულირების პერიოდში საინვესტიციო პროგრამის მიხედვით განხორციელებული ინვესტიციების მოცულობა (ათ. ლარი)	K_1'	K_2'	K_3'	K_4'	K_5'
რეგულირების პერიოდში საინვესტიციო პროგრამის მიხედვით განსახორციელებელი ინვესტიციების შემოსავლიანობა (ათ. ლარი)	0	K_1'НД′	$[K_2'(1-НД')+K_3']$НД′	$[K_3'(1-НД')^2+K_4'(1-НД')+K_5']$НД′	$[K_4'(1-НД')^3+K_5'(1$ Д′
გრძელვადიან პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის მთლიანი (ჯამური) შემოსავალი (ათ. ლარი)	K_1 НД	K_1(1-НД)НД+K_1'НД′	K_1(1-НД)^{2}НД+ $[K_2'(1-НД')+K_3']$НД′	K_1(1-НД)^{3}НД+ $[K_3'(1-НД')^2+K_4'(1-НД')+K_5']$НД′	K_1(1-НД)^{4}НД+ $[K_4'(1-НД')^3+K_5'($ Д′



სურ 7. საქართველოს ენერგოსისტემაში 2007–2012 წლებში განხორციელებული და 2013–2017 წლებში განსახორციელებელი ინვესტიციების მოცულობების ცვალებადობის დინამიკა

ცხრილი 9

ენერგოსისტემის საწარმოო პროგრამა

წელი	2013	2014	2015	2016	2017
ამონაგები	36,280	38,700	40,220	42,010	43,030

საოპერაციო ხარჯის, საამორტიზაციო ანარიცხების, სისტემათშორისი ელექტროგადამცემი ქსელის საშუალებით მიწოდების პუნქტებში გადაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობის გრძელვადიან პერიოდში ზღვრული საგეგმო სიდიდეების დადგენის მიზნით ჩატარებულმა ექსპერტულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებლების ცვლილებაზე ზეგავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი. რომელთა პროგნოზი ჩატარებულია ხელოვნური ნეირონული ქსელების მეშვეობით. საქართველოში ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი, ოპტიმალური გეგმური სიდიდეების განსაზღვრისათვის აუცილებელი საწყისი ინფორმაცია მოცემულია მე-10 ცხრილში.

ცხრილი 10

5-წლიან პერიოდში საქართველოში ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის ოპტიმალური საგეგმო სიდიდეების დადგენის საწყისი ინფორმაცია

რეგულირების წელი	მთლიანი საოპერაციო ხარჯი (ათასი ლარი/ წელი)	საამორტიზაციო ანარიცხები (ათასი ლარი/ წელი)	ინვესტირებული კაპიტალის ამონაგები (ათასი ლარი/ წელი)	მარეგულირებელი ორგანოების მიერ არაკონტროლირებად გადასახადები (ათასი ლარი/ წელი)	ელექტროენერგიის დანაკარგებით გამოწვეული დამატებითი ხარჯები (ათასი ლარი/ წელი)	გაცემული ელექტროენერგიის რაოდენობა (კვტ.სთ)	რეგულირებამდე პერიოდში ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმა	რეგულირების პერიოდში განახორციელებული ინვესტიციების შემოსავლიანობის ნორმა	ენერგოსისტემის მოგების ნორმა
2013	20 595	31,510	36,280	9,238	3,093	9,897,508,398			
2014	32 439	31,232	38,700	8,814	2,749	10,609,755,534			
2015	23 725	31,245	40,220	9,080	3,132	10,598,972,468	0.1	0.12	0.1
2016	27 064	31,316	42,010	8,842	3,032	11,364,477,325			
2017	28 177	31,361	43,030	8,992	3,065	11,352,887,963			

მე-9 და მე-10 ცხრილების საწყისი მონაცემებისა და ეკონომეტრიკული მოდელის საშუალებით გამოთვლილია გადაცემის ტარიფი 5-წლიანი პერიოდისათვის შედეგები შეტანილია მე-11 ცხრილში.

ცხრილი 11

ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის 5-წლიანი პერიოდის საგეგმო მაჩვენებლები, ზედა ზღვრის ჩვენებით

გადაცემის ტარიფი	რეგულირების წელი				
	2013	2014	2015	2016	2017
ზედა ზღვარი	1.01	1,05	1,05	1,05	1,05
საბაზისო	0,97	1	1	1	1

გადაცემის ტარიფის ოპტიმალური საგეგმო სიდიდეების განსასაზღვრავად ჩატარებული კვლევების შედეგების ანალიზიდან აშკარად ჩანს, რომ რეგულირების 5-წლიან პერიოდში საქართველოს ენერგოსისტემას დიდი სიზუსტით შეიძლება დაუდგინდეს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი 1.05 ÷ 1 თეთრი/კვტ.სთ-ის ფარგლებში. ჩატარებული კვლევის შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ როგორც ერთი ისე მეორე მეთოდით შესაძლებელია, 5-წლიან პერიოდში, მაღალი სიზუსტით დაიგეგმოს ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი.

მესამე თავში – "ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალური რეგულირების ეკონომეტრიკული მოდელირება"- დასმულია და გადაწყვეტილია ელექტროენერგიის განაწილების ლიცენზიატი ენერგოკომპანიისათვის გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ამოცანა. პრობლემის გადაწყვეტისადმი კომპლექსური მიდგომით ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფის დაგეგმვა განხორციელებულია ეკონომეტრიკული მოდელირებით. მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების ჰიბრიდული მოდელით შესრულებულია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის განაწილების ლიცენზიატი ენერგოკომპანიის აუცილებელ მთლიანი ამონაგების მაფორმირებელი ეკონომიკური პარამეტრების ზღვრული სიდიდეების დაგეგმვა. მთლიანი ამონაგების გეგმური მაჩვენებლების და მარეგულირებელი ორგანოების მიერ დამტკიცებული ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმის, საინვესტიციო და საწარმოო პროგრამის გათვალისწინებით ჩამოყალიბებულია ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის მეთოდიკა. ეს მეთოდიკა აპრობირებულია სს „თელასის" მაგალითზე. ჩამოყალიბდა სს „თელასის" აუცილებელი მთლიანი ამონაგების განმსაზღვრელი ეკონომიკურ პარამეტრებზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირებისათვის საჭირო საწყისი ინფორმაციის საფუძველზე ჩატარებულია ამ ფაქტორების პროგნოზირება

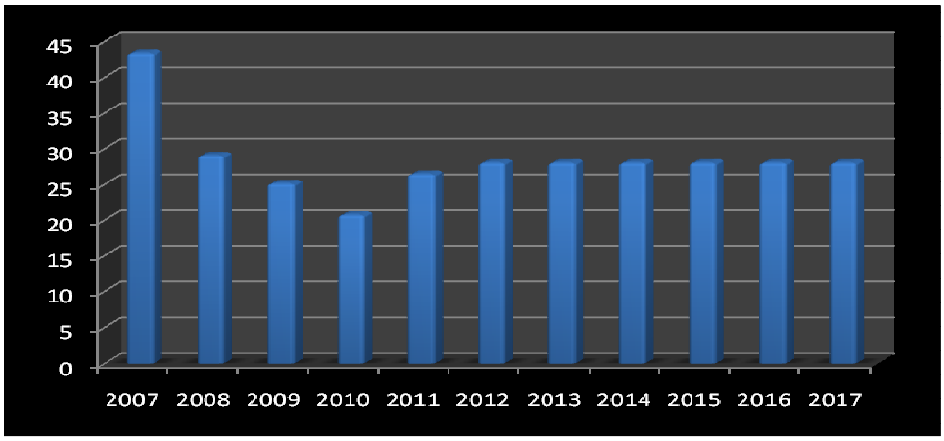
ავტორეგრესული მოდელების საშუალებით და შედეგები შეტანილია მე-12 ცხრილში.

ცხრილი 12

სს „თელასის" განაწილების ტარიფის გამსაზღვრელი ეკონომიკური პარამეტრების 5 წლიანი პროგნოზი

ფაქტორები	პროგნოზირების წელი				
	2013	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
მთლიანი საოპერაციო ხარჯები (ლარი/წელი)	70240530	68920065	70535950	69687057	70725868
საამორტიზაციო ანარიცხები (ლარი/წელი)	11230000	11354851	11346031	11349465	11347985
ელექტროენერგიის დანაკარგით გამოწვეული დამატებითი ხარჯი (ლარი/წელი)	10650000	11027804	9350035	10641276	9819588
ინფლაციის ზრდის ტემპი	102.4	104.4	105.6	104.8	104.4
შესყიდული ელექტროენერგია (კვტ.სთ)	2051779907	2044682992	2042332028	2040465425	2041117999

ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლები დაანგარიშებულია მე-2 თავში მოცემული ალგორითმით სს „თელასში" 2007–2012 წლებში ინვესტირებული კაპიტალისა და 2013–2017 წლების საინვესტიციო პროგრამის შესაბამისად. (იხ. სურათი 8 და ცხრილი 13)



სურ 8. სს „თელასში” 2007–2012 წლებში განხორციელებული ინვესტიციების და 2013–2017 წლებში განსახორციელებელი საინვესტიციო პროგრამა

ცხრილი 13

სს „თელასის” საწარმოო პროგრამა

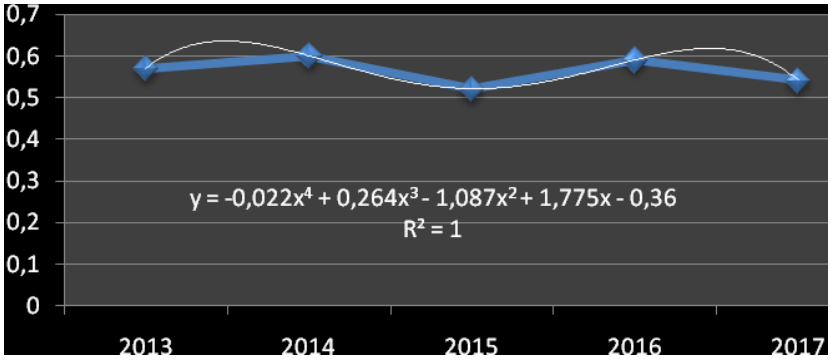
წელი	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ამონაგები	6808000	8636200	9842500	11500322	11830000	10650000	11027804	9350035	10641276	9819588

მე-12 და მე-13 ცხრილებში ასახული მონაცემებითა და PredictorXL კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით შესრულებულია საქართველოში ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფის 5-წლიანი პერიოდისათვის საგეგმო მაჩვენებლების ანგარიში და გამოთანაბრების მეთოდით დადგენილია ტარიფის ზედა ზღვარი. (იხ. ცხრილი 14 და სურ.9)

ცხრილი 14

განაწილების ტარიფი	2013	2014	2015	2016	2017
ზედა ზღვარი	0,61	0,64	0,55	0,62	0,57
საბზისო	0.57	0.6	0.52	0.59	0.54

მე-12 ცხრილის შესაბამისად მაქსიმალური დამაჯერებლობის მეთოდის და Excel კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით მიღებულია ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალურად დაგეგმვის გამარტივებული მათემატიკური მოდელი (იხ. სურათი 9)



სურ. 9. სამომხმარებლო ტარიფის საგეგმო მაჩვენებლების ოპტიმალურად ამსახველი გამარტივებული მათემატიკური მოდელი

კვლევამ აჩვენა, რომ ამჟამად მოქმედი ელექტროენერგის ტარიფთან შედარებით ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფი 30%-იტ ნაკლები უნდა იყოს.

მეოთხე თავში - „გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის დაგეგმვა და მისი მაფორმირებელი ენერგოკომპანიების ტარიფების ოპტიმალური განაწილება”- საქართველოში ელექტროენერგეტიკული კომპანიებისათვის გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვის მრავალფაქტორიანი-ეკონომიკურ მათემატიკური მოდელის ჩამოსაყალიბებლად შესრულებულია კორელაციური ანალიზი. ჩატარებული კვლევით დადგინდა, რომ ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის სიდიდეზე მოქმედებენ, შესყიდული ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის სიდიდე, ინფლაციის საშუალო წლიური ზრდის ტემპი, პირობითად მუდმივი დანახარჯების ხვედრითი წილი რეალიზებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულებაში, პირობითად

ცვლადი დანახარჯების ხვედრითი წილი 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულებაში, უცხოური ვალუტის კურსის ცვალებადობა.

სამომხმარებლო ტარიფის პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი ზოგად ეკონმიკურ-მათემატიკურ მოდელი გამოისახება ფორმულით:

$$Y^i = a_1x_1 + a_2x_2 + a_{13}x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 \qquad (3\text{-}1)$$

სადაც

$Y^{(i)}$ –სამომხმარებლო ტარიფი (თეთრი/კვტ.სთ) (i) წელიწადს

x_1 - ინფლაციის საშუალო წლიური ზრდის ტემპი (%) (i) წელიწადს

x_2 - პირობითად მუდმივი ხარჯების ხვედრითი წილი რეალიზებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულებაში (i) წელიწადს

x_3 – პირობითად ცვლადი ხარჯების ხვედრითი წილი რეალიზებული 1 კვტ.სთ ელექტროენერგიის ღირებულებაში (i) წელიწადს

x_4 – შესყიდული ელექტროენერგიის საშუალო შეწონილი ტარიფის სიდიდე (i) წელიწადს, ლარი/კვტ.სთ

x_5- სავალუტო კურსის საშუალო წლიური ზრდის ტემპი (%) (i) წელიწადს

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 - რეგრესიის კოეფიციენტებია, რომლებიც გვიჩვენებენ სხვადასხვა ფაქტორების ფიქსირებული მნიშვნელობის დროს შესაბამისი ფაქტორის გავლენის ხარისხს საპროგნოზო მაჩვენებლებზე.

i – 1,…n- წელი

(1) გამოსახულებიდან გამომდინარე რეგრესიის კოეფიციენტის გამოსათვლელ განტოლებათა სისტემა ექნება:

$$\begin{aligned}
&a_1x_1^1 + a_2x_2^1 + a_1x_3^1 + a_1x_4^1 + a_1x_5^1 = Y^i \\
&a_1x_1^2 + a_2x_2^2 + a_1x_3^2 + a_1x_4^2 + a_1x_5^2 = Y^i \\
&a_1x_1^3 + a_2x_2^3 + a_1x_3^3 + a_1x_4^3 + a_1x_5^3 = Y^i \qquad (2) \\
&a_1x_1^4 + a_2x_2^4 + a_1x_3^4 + a_1x_4^4 + a_1x_5^4 = Y^i \\
&a_1x_1^5 + a_2x_2^5 + a_1x_3^5 + a_1x_4^5 + a_1x_5^5 = Y^i
\end{aligned}$$

$x_1, x_2 \dots x_n$ - მნიშვნელობები განისაზღვრება წინაწლების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით.

სამომხმარებლო ტარიფის სიდიდე i წელიწადს განისაზღვრება ფორმულით:

$$Y^i = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + P}{W}$$

სადაც

N_1 – საამორტიზაციო ანარიცხები, ლარი/წელიწადი

N_2 – სარემონტო ხარჯები, ლარი/წელიწადი

N_3 – შესყიდული ელექტროენერგიის ღირებულება, ლარი/წელიწადი

N_4 – ტრანზიტის მომსახურების ხარჯები, ლარი/წელიწადი

N_5 – დანახარჯები შრომის ანაზღაურებაზე, ლარი/წელიწადი

N_6 – ფონდამონაგები, ლარი/წელიწადი

N_7 – სხვა საექსპლოატაციო ხარჯები, ლარი/წელიწადი

W – შესყიდული ელექტროენერგიის მოცულობა, კვტ.სთ.

P – დაგეგმილი მოგების ნორმა, ლარი/წელიწადი

ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფების საგეგმო მაჩვენებლების დასაზუსტებლად ჩატარებულია მიღებული პროგნოზული პარამეტრების ექსპერტული შეფასება. ექსპერტულ შეფასებას საფუძვლად დაედო ტარიფის მაფორმირებელი თითოეული ენერგოკომპანიის საინვესტიციო და საწარმოო პროგრამები, ამ პროგრამების ფინანსური უზრუნველყოფის რეალურად განხორციელებადობის მეცნიერული კვლევით მიღებული შეფასების და ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის პროგნოზულ სიდიდეებთან შედარებითი ანალიზის შედეგები.

შემოთავაზებული მეთოდიკა აპრობირებულია სს „თელასი”-ს მაგალითზე. ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის გრძელვადიანი პერიოდისათვის დაგეგმვას საფუძვლად დაედო ამ ორგანიზაციის მიერ 2007-2011 წლებში ელექტროენერგიის შესყიდვა-რეალიზაციაზე და ინვესტირებული კაპიტალის კომპენსაციაზე გაწეული დანახარჯები. ამ მონაცემების მიხედვით ჩატარდა სს „თელასი”-ს სამომხმარებლო ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირება ავტორეგრესული მოდელის გამოყენებით. (იხ. ცხრილი №15)

ცხრილი 15

გრძელვადიან პერიოდში (2007-2017წწ) ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზული მაჩვენებლები

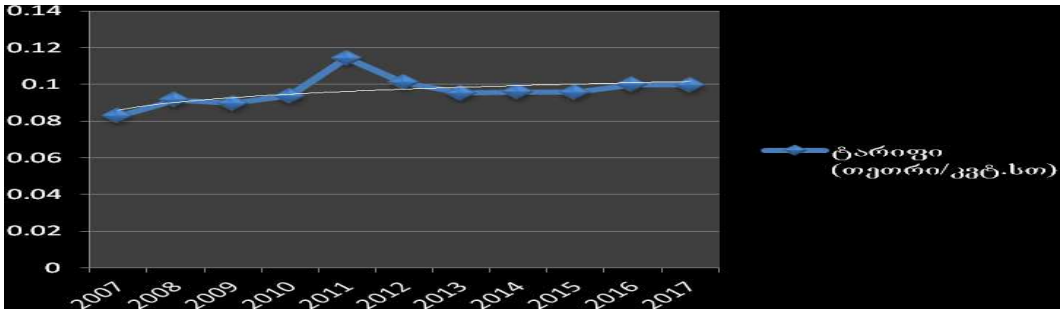
წელი	საშუალოშეწონილი ტარიფი	ინფლაციის ზრდის ტემპი	პირობითად მუდმივი დანახარჯები 1 კვტ სთ ელექტროენერგიის შესყიდვა-რეალიზაციაზე (ლარი/ კვტ სთ)	პირობითად ცვლადი დანახარჯები 1 კვტ სთ ელექტროენერგიის შესყიდვა-რეალიზაციაზე (ლარი/ კვტ სთ)	სს "თელასი"-სთვის ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფი ლარი/კვტ·სთ	ვალუტის კურსის ცვალებადობა
2007	3,03	110	0.023824	0.027389	0,0303	1.6869
2008	2.87	105,5	0.031485	0.02914	0,0287	1.65
2009	2.28	103	0.034331	0.032109	0,0228	1.6705
2010	2.18	111,2	0.037109	0.033214	0,0218	1.7826
2011	3.8	102	0.039639	0.037048	0,038	1.68
2012	2.73	105,2	0.038869	0.036767	0,027	1.733
2013	3.18	109,2	0.040376	0.042568	0,0318	1.595
2014	3.05	110,1	0.039917	0.03926	0,0305	1.62
2015	3.45	105,9	0.040814	0.049477	0,0345	1.56
2016	4.16	102.7	0.040748	0.039495	0,0416	1,6
2017	4.04	106,2	0.040453	0.059562	0,0404	1.59

სს "თელასი"-ს მიერ შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირება შესრულებულია 2007-2012 წლებში ელექტროენერგიის შესყიდვის შესახებ სტატიკური მონაცემების და პირველ თავში ჩამოყალიბებული ელექტროენერგიის საშუალო-შეწონილი ტარიფების პროგნოზირების მეთოდიკის მიხედვით და მონაცემები ასახულია მე-15 ცხრილში.

მე-15 ცხრილის მონაცემების (3-1) ფორმულაში შეტანით მიღებულია მე-16 ცხრილში მოცემული სს "თელასი"-ს ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის საგეგმო პარამეტრები და გრაფიკულად ასახულია მე-10 სურათზე.

ცხრილ 16

სამომხმარებლო ტარიფი	რეგულირების წლები				
	2013	2014	2015	2016	2017
ანგარიშით მიღებული	0,0953	0,0958	0,0957	0,0999	0,0997
მოგების გათვალისწინებით	0,10483	0,10538	0,10527	0,10989	0,10967
ზედა ზღვარი	0,1100715	0,110649	0,1105335	0,115385	0,115154



სურ. 10. სს „თელასი"-ს ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის მაჩვენებლების ცვალებადობის გრაფიკი

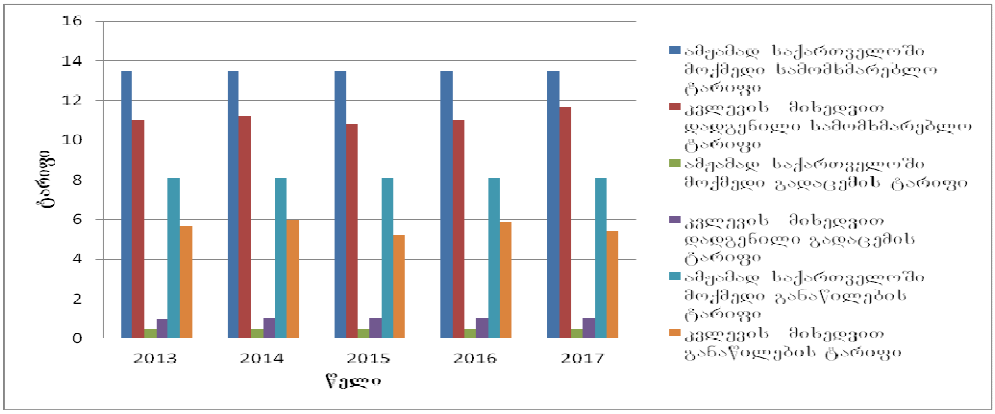
ოპტიმალურობის თანაბარმომგებიანობის კრიტერიუმის შესაბამისად შესრულებულია საქართველოში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის მაფორმირებელი ლიცენზიატ ენერგოკომპანიებს შორის ელექტროენერგიის ტარიფების წილების ოპტიმალური განაწილება.

ჩატარებული კვლევების შედეგების შედარებითი ანალიზი ასახულია მე-17 ცხრილში და მე-11 სურათზე.

ცხრილი 17

5-წლიან პერიოდში საქართველოში ელექტროენერგიის გადაცემის, განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფების შედარებითი ანალიზი

წელი	2013	2014	2015	2016	2017
ამჟამად საქართველოში მოქმედი სამომხმარებლო ტარიფი	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
კვლევის მიხედვით დადგენილი სამომხმარებლო ტარიფი	10.48	10.538	10.527	10.99	10.967
ამჟამად საქართველოში მოქმედი გადაცემის ტარიფი	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
კვლევის მიხედვით დადგენილი გადაცემის ტარიფი	0.97	1	1	1	1
დისპეტჩერიზაცია	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ამჟამად საქართველოში მოქმედი განაწილების ტარიფი	8.08	8.08	8.08	8.08	8.08
კვლევის მიხედვით განაწილების ტარიფი	5.7	6	5.2	5.9	5.4
სამომხმარებლო ტარიფი	11	11.22	10.78	11	11.649



სურ. 11 5-წლიან პერიოდში საქართველოში ელექტროენერგიის გადაცემის, განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფების შედარებითი ანალიზი

როგორც მე-17 ცხრილში და მე-11 სურათზე ასახული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოში ელექტროენერგიის ამჟამად მოქმედი სამომხმარებლო ტარიფი მინიმუმ 20%-ით მაინც აღემატება რეალურ ტარიფს, ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფი 50%-ით უნდა გაიზარდოს, ხოლო განაწილების ტარიფი 30%-ით ნაკლები უნდა იყოს ამჟამად მოქმედ ტარიფზე.

დასკვნები

1. გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის ტარიფების დაგეგვის მსოფლიო გამოცდილების ანალიზის საფუძველზე შემუშავებულია გრძელვადიან პერიოდში საქართველოს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერიის საშუალოშეწონილი ტარიფის, ელექტროენრგიის გადაცემის, განაწილების ლიცენზიანტი ენერგოკომპანიების ტარიფების ოპტიმალურად დაგეგმვის კრიტერიუმი. ეს კრიტერიუმი გულისხმობს მარეგულირებელი ორგანოების მიერ დამტკიცებული საწარმოო და საინვესტიციო პროგრამებით, ინვესტირებული კაპიტალის შემოსავლიანობის ნორმით, ლიცენზიატი ენერგოკომპანიებისთვის აუცილებელი მთლიანი ამონაგების მაფორმირებელი ეკონომიკური პარამეტრების ზღვრული გეგმური მაჩვენებლების შეზღუდვის პირობებში ელექტროენერგიის ტარიფების ისეთი სიდიდის დადგენას, რომელიც საშუალებას მისცემს ენერგოკომპანიებს განვითარდნენ, იყვნენ მომგებიანები და უზრუნველყონ ინვესტირებული კაპიტალის გარანტირებული დაგეგმვა.
2. კორელაციური ანალიზით დადგენილია ენექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფზე მოქმედი ფაქტორები.

განხორციელებულია ამ ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში პროგნოზირება. პროგნოზული პარამეტრების ექსპერტული შეფასებით დაზუსტებულია გეგმური მაჩვენებლები. მიღებული ეკონომეტრიკული მოდელი აპრობირებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრის მაგალითზე. კვლევის შედეგები გვიჩვენებენ, რომ შემოთავაზებული მეთოდიკით შესაძლებელია მაღალი სიზუსტით განხორციელდეს ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვა.

3. გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ამოცანის გადასაწყვეტად შემუშავებულია ორი მეთოდი. პირველი მეთოდი გულისხმობს გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის ოპტიმალური ტარიფის დაგეგმვას პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი და ხელოვნური ნეირონული ქსელების ჰიბრიდული მოდელის გამოყენებით. მეორე მეთოდი ითვალისწინებს გადაცემის ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვას ეკონომეტრიკული მათემატიკური მოდელების მეშვეობით. აღნიშნული მეთოდით ჩატარებულია საქართველოს ენერგოსისტემის ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიანი დაგეგმვა. მიღებული შედეგები ადასტურებენ, რომ ამ მეთოდით გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის ტარიფების ოპტიმალურად დაგეგმვა შესაძლებელია ჩატარდეს მაღალი სიზუსტით, ნებისმიერი კონფიგურაციის და მასშტაბის ელექტროენერგიის გადაცემის ლიცენზიატი ენერგოკომპანიისათვის.

4. შერჩეულია, ელექტროენერგიის გამანაწილებელი ლიცენზიატი ენეროკომპანიის გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ეკონომეტრიკული მოდელი. აღნიშნული მოდელი

აპრობირებულია სს „თელასის” მაგალითზე. ჩატარებული კვლევით დადგინდა, რომ ამ კომპანიისათვის სემეკის მიერ ელექტროენერგიის განაწილების ტარიფი დადგენილია არამართებულად. მისი სიდიდე არ აღემატება 6 თეთრს. რაც 20% ნაკლებია ამჟამად მოქმედ ტარიფზე.

5. მრავალფაქტორიანი ანალიზის საფუძველზე გადაწყვეტილია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ამოცანა. ამ გზით გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ეკონომეტრიკული მოდელი აპრობირებულია სს„თელასის” მაგალითზე.

6. ოპტიმალურობის თანაბარმომგებიანობის კრიტერიუმის შესაბამისად შესრულებულია საქართველოში ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის მაფორმირებელი ლიცენზიატ ენერგოკომპანიებს შორის ელექტროენერგიის ტარიფების წილების ოპტიმალური განაწილება. ანალიზით დადგინდა, რომ საქართველოში მოქმედი ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფი მინიმუმ 20%-ით მაინც აღემატება რეალურ ტარიფს. ამ დროს ელექტროენერგიის გადაცმის ტარიფი მინიმუმ ორჯერ მაინც უნდა აღემატებოდეს მოქმედ ტარიფს.

7. ჩატარებული კვლევების შედეგების მიხედვით ჩამოყალიბებულია გრძელვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის წარმოების, გადაცემის, განაწილების და სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალურად დაგეგმვის ერთიანი მეთოდიკა. მეთოდიკა ატარებს უნივერსალურ ხასიათს. მისი წარმატებით გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი მასშტაბის გენერაციის, გადაცემის და განაწილების ლიცენზიატი ენერგოკომპანიებში, გრძელვადიან პერიოდში ტარიფების ოპტიმალურად დაგეგმვაში. ანალიზით ირკვევა, რომ ტარიფების დაგეგმვა მაღალი

სიზუსტით შეიძლება 5 წლიანი პერიოდისათვის. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, საქართველოში ელექტროენერგიის ტარიფების დაგეგმვის 5 წლიან დაგეგმვზე გადასვლა, რაც საშუალებას მისცემს ელექტროენერგიის წარმოების, გადაცემა-განაწილების მომსახურებით დაკავებულ ენერგოკომპანიებს ოპტიმალურად დაგეგმონ თავიანთი საქმიანობა, ხოლო ელექტროენერგიის მომხმარებლებს სწორად გათვალონ ელექტროენერგიის შესყიდვის ხარჯები.

8. კვლევის შედეგების პრაქტიკაში გამოყენება დიდ სარგებელს მოუტანს ტარიფების მარეგულირებელ ორგანოებს, ენერგეტიკაში ფასწარმოქმნის პრობლემების კვლევებით დაინტერესებულ სამეცნიერო და სასწავლო ორგანიზაციებს.

აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია საერთაშორისო რეცენზირებად და რეფერირებად სამეცნიერო ჟურნალებში: "ბიზნეს-ინჟინერინგი", საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები", „ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალი" შემდეგი სამეცნიერო შრომების სახით:

1. "საქართველოს ენერგეტიკულ ბაზარზე შესასყიდი ელექტროენერგიის საშუალოშეწონილი ტარიფის პროგნოზირება". ჟურნალი "საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები". 1 (487), 19-27 გვერდი. 2013 წელი.
2. "გრძელვადიანი პერიოდისათვის ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვა". ჟურნალი "ბიზნეს-ინჟინერინგი". №4, 335 გვერდი. 2013 წელი.
3. "გრძელვადიანი პერიოდისათვის ელექტროენერგიის გადაცემის ზღვრული ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვა". ჟურნალი "საქართველოს

ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები". 1 (491), 37-45 გვერდი. 2014 წელი.

4. „ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალური რეგულირების ეკონომეტრიკული მოდელირება" – ქართული ელექტრონული სამეცნიერო ჟურნალები. 30 ივნისი, 2014 წელი.

ნაშრომის თემატიკის ირგვლივ საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში მოეწყო ორი თემატური სემინარი და კოლოქვიუმი შემდეგი სახელწოდებებით:

I სემინარი: „ელექტროენერგიის ტარიფების დადგენის მსოფლიოში არსებული გამოცდილების ანალიზი და საქართველოში მისი მეთოდოლოგიის სრულყოფის ამოცანები"

II სემინარი: "გრძელვადიანი პერიოდისათვის ელექტროენერგიის ტარიფის დაგეგმვის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის შემუშავება და რეალიზაცია"

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენების სახით გაშუქდა სამეცნიერო კონფერენციაზე სახელწოდებით:

1. "სამომხმარებლო ტარიფის ოპტიმალური დაგეგმვა". აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს "ჰიდროენერგეტიკაში ინვესტიციების ხელშეწყობის პროექტისა" და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ერთობლივი კონფერენცია: "ახალგაზრდა ინჟინრების როლი საქართველოს ენერგეტიკის სექტორში". სტუ. 17 აპრილი, 2013 წელი.

2. „საქართველოში ელექტროენერგიაზე სამომხმარებლო ტარიფების გრძელვადიან პერიოდში ოპტიმალური დაგეგმვა" პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეროვნული ეკონომიკის განვითარების მოდელები: გუშინ, დღეს და ხვალ". სტუ. 17-18 ოქტომბერი 2013 წელი.

3. “ელექტროენერგიის გადაცემის ტარიფის გრძელვადიან პერიოდში RAB-ისპრინციპების საფუძველზე ოპტიმალური რეგულირების ეკონომეტრიკული მოდელირება”. აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს “ჰიდროენერგეტიკაში ინვესტიციების ხელშეწყობის პროექტისა” და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ერთობლივი კონფერენცია: “ახალგაზრდა ინჟინრების როლი საქართველოს ენერგეტიკის სექტორის განვითარებაში”. სტუ. 23 აპრილი, 2014 წელი.

Abstract

Dissertation work: „Electricity tariffs optimal planning for a long-term period with economic-mathematical models develop and implement” The article presents formulation of long-term, optimal criteria for regulating transmission tariff of electricity, based on analysis of the world long-term experience. The criteria determines transmission tariff in refected conditions long-term internal rate of return on invested capital, which is foreseen in the tariff established by regulating authorities for the electricity transmission licencee energy companies, and it includes all the factors reflecteed on the entire income of the energy company and amount of electricity supplied to the consumers. The dissertation consists of an introduction, four chapters and literatuluri review. Based on the criteria is developed a methodilogy, determining marginal planning indices of economic parameters defining amount of needed income of energy company and amount of electricity supplied to the consumers and econometric modelling of electricity transmission long-term optimal regulating tariff.

In first chapter theare are analyzed the forecasting sum of average weighted tariff of generation in Georgian electricity. In order to resolve this problem the multi-factor economical-mathematic model was worked out. By the correlation analysis the factors are established, which are affecting the tariffs. There is formulates a simplified economic-

mathematical models for the 5-year period the average weight tariff for electricity generation. By this model has been conducted generation weight average tariff forecast.

The proposed methodology is tested on the example of Georgian power system. Research evidence shows that electricity transmission tariffs in Georgia are set unfairly. In fact, the tariff is likely to be more than twice the current rate and for the 5-year period Tariff for electricity transmission . There are analyzed the optimal planning of consumer electricity tariff. In order to resolve this problem the multi-factor economical-mathematic model was worked out.. Mentioned tariff parameters on the basis of expert evaluation of the performance is worked out the optimal planning of the necessary prerequisite. Therefore formed a long-term period electricity tariff methodology, which is approved by JSC "TELASI". Research has shown that the National Energy Regulatory Commission of Georgia a long-term period electricity tariff planning of consumer electricity tariff it damages consumers mainly economic interests of distribution power company.

In second chapter is shown two methods of planning tariff of electrical power transmission in long period. The first method of planning tariff of electrical power transmission is multifactor and artificial nairon networks hybrid model which is done by disserant. Second method of planning is done using econometric modeling. This metod of planning tariff of electrical power transmission in long period is approbated in example of Georgian power system. Analyze of executed researches results shows that there is possible to plan exact tariff of electrical power transmission in 5 years period using as first as second method.

In third chapter is solved task of planning optimal tariff of electrical power in long period for electrical power distribution licenced companies. To solve the problem of planning tariff of electrical power distribution is used econometric method , where is taken into account power companies' benefit forming parameters. Methodic is approbated in example of JSC "TELASI". Here is counted optimal planning results in 5 years period for this tariff.

In last fourth chapter by deep researches is worked out econometric optimal planning model in long period of consumer tariff for licensed power companies. There is used multifactor and artificial nairon networks hybrid method of prognosis for forming

this model. To determine economic parameters forming of electrical power consumer tariff in long period is used multifactor analysis. The model of optimal planning of consumer tariff in long period carries generalized character and possible to be used for any configuration and scale licensed power companies. To check effectivity of using this methods in practice in long period on example of JSC "TELASI", here is counted planning index of consumer tariff in 5 years period. Here is established by our analysis results, that it is possible to plan optimally consumer tariff using econometric model. In this chapter is also described optimal distribution of tariff between power companies. Analysis of results shows that this time consumer tariff is unfairly done and it's value is 20 % more of real. Researches results could be established in plannig electrical power generation, transmission, distribution and consumer tariff in long period to evaluate efectivity of investment in energetic. This metodic of optimal modeling of electrical power tariff in long period carries universal character, its practical establishment could help any power company to plan optimally its busyness and make right counts of costs of electrical power generation, transmission and distribution.