

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazma hüququnda*

## **ENERJİSİSTEMİN ENERJİ AVADANLIQLARININ İSTİSMAR ETİBARLILIĞININ AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏ EDİLMƏSİ**

İxtisas: 3341.01 – Elektrik stansiyaları (elektrik hissəsi) və  
elektroenergetik sistemlər

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Yusif Zeyni oğlu Fərzəliyev**

Texnika üzrə elmlər doktoru  
elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim olunmuş  
dissertasiya işinin

### **AVTOREFERATI**

**BAKİ – 2024**

Dissertasiya işi Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: texnika elmləri doktoru, professor

**Fərhadzadə Elmar Mehtiyeviç**

Rəsmi opponətlər:

-texnika elmləri doktoru, professor

**Lazımov Tahir Mıdhət oğlu**

-texnika elmləri doktoru, professor

**Hüseynov Aqıl Həmid oğlu**

-texnika elmləri doktoru, professor

**Oboskalov Vladislav Petroviç**

-texnika elmləri doktoru, professor

**Səidov Rasim Əzim oğlu**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya Şurasının Sədri: Əməkdar elm xadimi,  
texnika elmləri doktoru, professor



**Yusifbəyli Nurəli Adil oğlu**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: Texnika elmləri namizədi, dosent



**Fərhadov Vahid Qara oğlu**

Elmi seminarın sədri: Texnika elmləri doktoru, dosent



**Quliyev Hüseynqulu Bayram oğlu**

# GİRİŞ

## **Problemin aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.**

Elektrik enerji sistemlərinin (EES) avadanlıq və qurğularının istismar etibarlılığının idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsi ən vacib və çətin problemlərdən sayılır.

Ənənəvi olaraq belə idarə etmə heyətin ixtisaslaşmasına, intuisiyasına, iş təcrübəsinə və normativ sənədlərə əsaslanan keyfiyyət səviyəsində aparılır.

Zaman keçdikcə xidmət müddəti qoyulmuş normanı ötən obyektlərin payı artır. Hal-hazırda bu vəziyyət obyektlərin 50% - dən artıq hissəsini əhatə edir. Bu obyektlərin texniki vəziyyəti xüsusi diqqət tələb edir. Onların imkanları azalır, aşınmanın bərpasına çəkilən xərclər artır. İstismar xərclərinin artmasına həmçinin, dayanmaların müddətinin uzanması, plan və qəza təmirlərinin periodunun azalması kimi faktorlar təsir edir. “Xüsusi diqqət” ehtiyatda olma vaxtının artırılması və texniki vəziyyətə effektiv nəzarətin vacibliyindən irəli gəlir. Resurslarını başa vurmuş obyektlərin yeni konstruksiyalı obyektlərlə əvəz olunması, iş prinsipi, idarə etmə, texniki vəziyyətin diaqnostikası, toplanmış iş təcrübəsinin əhəmiyyətini azaldır. Belə əvəz etmələr heyətin müntəzəm olaraq ixtisasının və hazırlığının artırılmasını tələb edir.

*Beləliklə, mövcud istismar etibarlılığının idarə edilməsi sisteminin təkmilləşdirilməsi aktualdır.* Bu baxımdan ən əhəmiyyətli istiqamətlərdən biri heyətin vaxtında və periodik olaraq metodiki dəstəyə ehtiyacı yaranır ki, bu səhv qərarların qəbul edilməsini, obyektlərin qəza açılmalarının və qəza təmirində olan boş dayanmaların müddətini azaldır. Ən çox tələb olunan tövsiyələrə aiddirlər:

- obyektlərin işinin sərfəliliyi və etibarlılığı üzrə sıralanması (ranjir);
- “zəif həlqələrin” göstərilməsi, texniki vəziyyətin pisləşməsinə gətirib çıxaran əsas səbəblər;
- keyfiyyətin qiymətləndirilməsi:
  - obyektlərin iş rejimlərinin idarə edilməsi;
  - plan təmiri dövründə aşınmanın bərpa edilməsi;

- məcburi boş dayanmalar dövrü və başqa səbəblərin konservasiyası. Bu məsələlərin həlli hər şeydən əvvəl müvafiq avtomatlaşdırılmış sistemlərin və hətta üsulların və hesablama alqoritmlərinin olmaması kimi metodiki çətinliklərlə bağlıdır.

EES-in obyektlərinin imtina, qüsurlar və aşınmalar haqqında toplanmış statistik verilənləri, çoxölçülülük verilənlərə aiddir. Başqa sözlə obyektlərin bu verilənlər üzrə hesablanmış etibarlılıq göstəriciləri (EG) bir çox əlamət və onların müxtəlif növlülüyündən (alt əlamətlər) asılıdırlar. Praktikada bu xüsusiyyət qismən nəzərə alınır. Hər hansı fərdliliyin nəzərə alınması statistik verilənlərin bir, iki və həttdən üç əlamət (məsələn, açarın tipi, gərginlik sinfi və onun yerləşdirilməsi) üzrə təsnifatı aparılır və EG-si hesablanır. Bu zaman ehtimal olunur ki, çoxölçülülük təsadüfi kəmiyyətlər (məsələn, qəza təmirində boş dayanmaların müddəti), sanki, baş toplumdan olan seçimdirlər. Ənənəvi yanaşmanın ikinci çatışmazlığı ondan ibarətdir ki, etibarlılığın xarakter və göstəricilərinin kəmiyyət qiymətləndirilməsi zamanı, verilənlərin məqsədyönlü təsnifatının qiymətləndirilməsinə ciddi baxılmır. Yəqindir ki, əgər toplum və seçim üzrə hesablanmış etibarlılıq xarakteristikası və göstəriciləri təsadüfi fərqlənirlərsə, onda toplumun verilənlərinin təsnifatı məqsədəuyğun deyil. Baş toplumdan təsadüfi seçimlərin təhlilinin klassik üsullarının tətbiqi, məsələn etimad intervalı üsulu çox zaman EG-nin ortalama qiymətləndirilməsinin aralanma xarakterinin və təsadüfi olmayan seçim üzrə aparılan hesablamanın qiymətləndirilməsinin də təsadüfi olmasına gətirib çıxarılması nəticəsini verir. Amma bu onun təsadüfi olması nəticəsini vermir, çünki, seçimlərin verilənləri alt əlamətlər (A $\Theta$ ) üzrə aparılmışdır.

Enerji avadanlıqlarının istismarında onlar arasında baş verən fiziki proseslər öz təbiətlərinə görə çox zəhmətli və çətinlidirlər. Nəzərə alsaq ki, yüz minlərlə qurğulardan söhbət gedirsə onların nəinki, hər biri öz özünəməxsus əlamətlə xarakterizə olunurlar, həttdə bu əlamətlər özləri də alt əlamətlərə bölünürlər. Beləliklə biz çoxölçülülük atributlar adlanan elementlərin qarşılıqlı əlaqələri prosesində meydana çıxan xüsusiyyətlər müxtəlifliyini alırıq. Lakin çoxölçülülük verilənlərin analizinin bu sahədə üsul və qaydaları olmadığı üçün biz, bu prosesi

baştoplumun tədqiqatı kimi qəbul edirik. Buna müvafiq olaraq avadanlıqların etibarlıq göstəriciləri və xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi üsulları baştoplumdan seçmənin analizi istiqamətində aparılır. Lakin belə bir mühakimə səhv nəticələrə gətirib çıxarır. Hesab edilir ki, baştoplum normal qanun paylanmasına malikdir, əslində reallıq ondan ibarətdir ki, biz sonlu toplumla qarşılaşırıq ki, onun da qoyulmuş məsələlərin həllində hansı paylanma qanununa tabe olduğunu əvvəlcədən bilmirik.

Statistik verilənlər o, dərəcədə məhduddurlar ki, bu verilənlərin paylanma funksiyaları ilə işlədikdə onlara ənənəvi yanaşmaya aid olan inam intervallarını tətbiq etmək yersizdir. Öz növbəsində belə yanaşma mühakiməsi buradan alınan pis nəticələrlə səhv həllə gətirib çıxarır.

Dissertasiya işində, qoyulmuş məsələlərin həll edilməsi üçün statistik fərziyələrin yoxlanılması, statistik hesablamalar nəzəriyyələri və fidusial intervallardan istifadə edilmişdir. Əlbəttə, bu sahələrdə başqa müəlliflərin tədqiqatları olmuşdur. T. Anderson 1963-cü ildə, seçmə və toplumları normal qanun çərçivəsində tədqiq edərkən, çoxölçülü statistik analizin əsasını işləmiş və az miqdarlı təsadüfi kəmiyyətlərin cədvəllərini qurmuşdur.

L.A. Melentyev ilk dəfə Sibirdə əsas ideyası energetikanın kompleks öyrənilməsi olmaqla fundamental məktəbin əsasını qoydu. Bu məktəbdə akademiklər V.A. Stennikov, Y.N. Rudenko regionların energetikasının inkişafının metodiki əsasını əsaslandırmaqla enerji sistemin etibarlılığının və yaşamaq qabiliyyətinin elmi qollarını inkişaf etdirdilər. A.P. Merenkov isə sistemli tədqiqatların metodologiyası istiqamətini yaratdı. N.İ. Voropay və L.D. Krivorutskiy energetik və iqtisadi təhlükəsizlik monitoring sistemini yaratdılar.

1960-cı illərdə İ.A. Ryabinin gəmişilik energetikasının etibarlılığının qiymətləndirilməsi və onun məntiqi-riyazi əsasları nəzəriyyəsini işlədi. B.V. Qnedenko ehtimal nəzəriyyəsi üsullarını, riyazi statistikanı və həmçinin energetika sahəsinin etibarlılıq nəzəriyyəsinin riyazi yanaşmalarını çox gözəl şəkildə əsasını qoydu. Böyük alim A.N. Kolmoqorov ilk dəfə təsadüfi kəmiyyətləri

modelləşdirməklə onların xüsusiyyətlərinin kritik qiymətlərini verilməsini paylanma qanunları vasitəsilə ifadə etdi.

M. Kendal və A. Styüart 1966-cı ildə, statistikada statistik paylanma qanunu nəzəriyyəsini daha da genişləndirməklə, 1973-cü ildə fidusial intervallar üçün ən sadə və rahat üsul təklif etdi.

1971-ci ildə Y.Q. Polyak ehtimal nəzəriyyəsinin müəyyən məsələlərinin alqoritmləşdirilməsi və proqramlaşdırılması məsələlərini hərtərəfli öyrəndi. J. Kleynen 1978-ci ildə imitasiya modelləşdirilməsinin dəqiq tərifini verdi və o, belə ifadə olunurdu: mürəkkəb sistemin modelinin tədqiqi, elə həmin sistemin özü haqqında məlumatın alınması istiqamətinə yönəlib. K. Şennon 1978-ci ildə, imitasiya modelləşdirməsi zamanı yaranan səhvlər əsasında yeni riyazi modellər hazırladı. J.R. Levin və A.A. Tompson 1993-cü ildə, bu modellərin yaradılması əməliyyat risklərini öyrənməklə məşğul oldular. Bundan başqa onlar əsası R. Fişer-1930, J. Neyman-1915 illərdə qoyulmuş inam intervalları və fidusial sərhədlər sahəsində statistik fərziyyələrin yoxlanması nəzəriyyəsinin tətbiqini öyrənməklə bu işə öz töhvələrini vermiş oldular. F. Diakonis 1994-cü ildə 20 elementdən çox olmayan kiçik seçimlərin tədqiqatlarda alqoritmləşdirmə tezliyinin yaxşılaşdırılması üçün tətbiq etdi.

Eldric 2000-ci ildə, ehtimal nəzəriyyəsində səhvlər nəzəriyyəsini tədqiq edən R. Fişer və H. Jeffrey'sin işlərini müqayisə etdi.

Müasir günlərimizdə Ukraynalı professor M.A. Duel və dosent T.N. Furseva enerjisistemin enerji avadanlıqları və qurğularının fəaliyyətinin faktiki texniki vəziyyətini analiz edən avtomatlaşdırılmış informasiya sistemlərinin yaradılmasında böyük nailiyyətlər qazanmışlar.

G. Kovalyov və L. Lebedeva "Reliability of Power Systems" (elektroenergetika sistemlərinin etibarlılığı) kitabını çapdan çıxarmışlar. Kitabda müasir elektrik enerji sistemlərinin etibarlığının qiymətləndirilməsi məsələlərinin formalaşdırılması və alqoritmləşdirilməsi məsələləri məqsəd kimi qoyulmuşdur.

Fidusial üsulların tətbiqinin genişləndirilməsi üçün bir çox alimlər öz elmi işlərini tamamlamaqla bu sahəyə xeyli köməklik göstərmişlər. Bunlara misal olaraq: Arendacka B, Casella, G. və Berger, R. L., Liang Yan, Lidong E, Jan Hannig, daha sonra Hari Iyer,

Hartung, J., Knapp, G., Gunnar Taraldsen və Bo Henry Lindqvisti göstərmək olar.

A.O. Samuel və Zhicihan Zənq isə çoxölçülü statistik verilənlər istiqamətində xüsusi üsullar və bu üsullara müvafiq sistemlər yaratmaqla bu sahədə olan elmi işlərin sırasını zənginləşdirdilər.

Lakin bu gün artıq işlənmə resursunun yarısından çoxunu başa vurmuş avadanlıq və qurğuların faktiki texniki vəziyyətini analiz edən və normal paylanma qanununa aid edilən bu ənənəvi üsul və yanaşmalardan istifadə yolverilməzdir.

### **Tədqiqatın obyektı və predmeti.**

Tədqiqatın obyektı EES-in avadanlıq və qurğularıdır. İllüstrasiya məqsədilə dissertasiyada güc transformatorlarının, açarların, qazan qurğularının, qaz-mazut yanacağı ilə işləyən EES-in 300 MVt gücündə olan enerji bloklarının etibarlılığı və sərfəliliyi haqqında olan informasiyadır.

Tədqiqatın predmet sahəsi – EES-in obyektlərinin istismar etibarlılığıdır. Tədqiqatlar, təsadüfi kəmiyyətlərin dəyişməsi qanunauyğunluğunun imitasiya modelləşdirilməsinin, statistik fərziyələrin yoxlanılmasının əsas müddələrinin, statistik hesablamaların nəzəriyyəsi riyazi aparatının və fidusial intervallar üsulunun tətbiqi əsasında aparılır.

### **İşin məqsədi və tədqiqat məsələləri.**

Dissertasiya işinin məqsədi – elektrik enerji sistemləri avadanlıq və qurğularının istismar etibarlılığının avtomatlaşdırılmış idarə edilməsidir. Bu məqsədə çatmaq, etibarlılıq göstəriciləri və xarakteristikasının dəqiqliyi və dürüstlüyünün kəmiyyətə qiymətləndirilməsi, onların müqayisə üsulları, sıralandırılması və təsnifatı haqqında olan məsələlərin cavablandırılmasını tələb edir ki, bu da öz növbəsində istismar məsələlərinin həllinin səhv qərarlarının azaldılmasına imkan yaradır.

Qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələləri həll etmək lazımdır:

1. EES-in obyektlərinin etibarlılığının xarakteristikalarının və göstəricilərinin qiymətləndirilməsində statistik verilənlərin təsnifatının məqsədəuyğunluğunun qiymətləndirilməsi üsul və

alqoritmlərinin işlənməsi. Bu məsələnin həlli bir məqsədi güdür – ortalama qiymətləndirməsindən fərdi qiymətləndirməyə keçid. Bu məsələnin çoxölçülüyünü də qeyd etmək lazımdır. Verilənlərin təsnifatı üsul və alqoritmləri, hər şeydən əvvəl həll ediləcək istismar məsələsi və etibarlılığın xarakteristikası və göstəricilərinin qiymətləndirilməsi üsulundan asılıdır;

2. Çoxölçülü təsadüfi kəmiyətlərin statistik xüsusiyyətini xarakterizə edən parametrlərin kritik qiymətlərinin hesablanması üsul və alqoritmlərinin təkmilləşdirilməsi. Məsələ burasındadır ki, təsnifatın məqsəduyğunluğu seçilən və yaxud işlənən meyarlarla qiymətləndirilir. Meyarların işlənməsi zamanı verilənlərin azsaylı olması və onların statistik paylanması xarakterini nəzərə almaq lazımdır;
3. EES obyektlərinin klasterlərinin etibarlıq xarakteristikası və göstəricilərinin hesablanması üsul və alqoritmlərini işləmək. Obyektlərin belə təsnifatı onların təmiri və texniki xidmətinin təşkili zamanı artıq dərəcədə metodik dəstək verir;
4. İES-in 300 MVt gücündə enerji bloklarının qazan qurğuları misalında EES-in avadanlıqlarının texniki-iqtisadi göstəriciləri üzrə onların texniki vəziyyətlərinin təhlili üsul və alqoritmlərinin səmərəliliyini artırmaq. Üsul və alqoritmlər qazan qurğularının sıralanmasını, işin sərfəliliyi və etibarlılığının artırılmasının əsas istiqamətlərinin formalaşdırılması, iş rejimlərinin idarə edilməsi keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi, məcburi boş dayanmalar zamanı texniki vəziyyətin saxlanması və aşınmanın bərpası imkanını təmin etməlidir;
5. İES-in 300 MVt gücündə enerji bloklarının misalında EES-in iri avadanlıqlarının texniki-iqtisadi göstəriciləri üzrə onların texniki vəziyyətlərinin təhlili üsul və alqoritmlərinin təkmilləşdirilməsi. Üsul və alqoritmlər istiliyin sərfəliliyi ehtiyatlarından tam istifadə, enerji bloklarının sıralanması və onların “zəif halqalar”ının aşkar edilməsi, enerji blokları arasında yükün paylanması, normanı aşan xidmət müddətinin və həmçinin eksperimental energetik xarakteristikalarının həqiqiyə uyğun gəlməməsini təmin etməlidir.



## **Tədqiqat üsulları**

Tədqiqatlar, təsadüfi kəmiyətlərin dəyişməsi qanunauyğunluğunun imitasiya modelləşdirilməsinin, statistik fərzilərin yoxlanılmasının əsas müddələrinin, statistik hesablamaların nəzəriyyəsi riyazi aparatının və fidusial intervallar üsulunun tətbiqi əsasında aparılır.

## **Dissertasiya işinin müdafiyyə çıxarılan əsas müddələri**

1. EES obyektlərinin etibarlılığının göstəriciləri və xüsusiyyətləri qiymətləndirilərkən statistik məlumatların təsnif edilməsinin məqsədəuyğunluğunu qiymətləndirmək üçün metod və alqoritmlərin hazırlanması. Bu problemin həllinin bir məqsədi var - orta qiymətləndirmədən fərdiliyyə keçid. Bu məsələnin mürəkkəbliyini qeyd etmək lazımdır. Məlumatların təsnifatı metodları və alqoritmləri, ilk növbədə etibarlılıq göstəricilərinin və xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsi metodundan və həll ediləcək əməliyyat tapşırığından asılıdır.
2. Çoxölçülü təsadüfi dəyişənlərin statistik xüsusiyyətlərini xarakterizə edən parametrlərin kritik dəyərlərini hesablamaq üçün metod və alqoritmlərin təkmilləşdirilməsi. Məsələ ondadır ki, təsnifatın məqsədəuyğunluğu seçilməsi və ya inkişaf etdirilməsi meyarla qiymətləndirilir. Kriteriyalar hazırlanarkən az sayda məlumatın olmasını və onların statistik paylanmasının xarakterini nəzərə almaq lazımdır;
3. EES obyektlərinin klasterlərinin göstəricilərinin və etibarlılıq xüsusiyyətlərinin hesablanması üçün metod və alqoritmlər hazırlamaq. Obyektlərin belə təsnifatı onlara texniki xidməti və təmirinin təşkilində əhəmiyyətli metodoloji dəstəyi təmin edir;
4. Elektrik stansiyası avadanlığının texniki vəziyyətini texniki-iqtisadi göstəricilərinə görə təhlil etmək üçün metod və alqoritmlərin səmərəliliyini 300 MVt İES güc aqreqatı qazanxanasının timsalında artırmaq. Metodlar və alqoritmlər qazan qurğularının sıralanması, iş etibarlılığı və səmərəliliyinin artırılması, iş rejimlərinin nəzarət keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi, məcburi dayanma zamanı texniki vəziyyətin qorunması və aşınmanın bərpası üçün əsas istiqamətləri formalaşdırma imkanını təmin etməlidir;

Böyük elektrik stansiyalarının texniki vəziyyətini texniki və iqtisadi göstəricilərinə görə 300 MVt gücündə İES enerji blokları təmsalında təhlil etmək üçün metod və alqoritmlərin tətbiq edilməsi. Metodlar və alqoritmlər istilik səmərəliliyi ehtiyatlarının F.İ.Ə., enerji vahidlərinin sıralanması və "zəif əlaqələrinin" müəyyənləşdirilməsinin mümkünlüyünü, istismar müddəti hesablanmışdan artıq olan enerji vahidləri arasında yük bölgüsünü və eksperimental enerji xüsusiyyətlərinin daha tam istifadəsini təmin etməlidir, təcrübə energetik xüsusiyyətlər həqiqi olanlara uyğun gəlmir.

### **Elmi yenilik.**

EES-in avadanlıq və qurğularının istismar etibarlılığının yeni avtomatlaşdırılmış idarə edilməsi üsul və alqoritmlərindən və aşağıdakılardan ibarətdir:

1. EES-in obyektlərinin istismar etibarlılığının xarakteristikası və göstəriciləri statistik istismar verilənlərinin xarakterinin çoxölçülü olmasını nəzərə almaqla hesablanır. Yeni hesablama üsul və alqoritmləri, təsadüfi kəmiyyətlərin paylanması qanunauyğunluğu imitasiya modelləşdirilməsi, statistik fərziyələrin yoxlanılması nəzəriyyəsi riyazi aparatı və fidusial intervallar nəzəriyyəsinə əsaslanır;
2. Qeyd olunmuşdur ki, cari statistik paylama funksiyası üzrə təsadüfi kəmiyyətlərin modelləşdirilməsi üsullarının qeyri-dəqiqliyi, seçimlərin realizasiya sayları  $n_v \leq 20$  olduqda və səpələnmə parametrlərinin aralanması zamanı aşkara çıxır. Təsadüfi ədədlərin statistik paylama funksiyası üzrə yeni modelləşdirmə üsulu tövsiyə olunur;
3. Toplum və seçim verilənlərinin statistik paylama funksiyalarının müqayisəsi yolu ilə aşınma, qüsurlar və imtinalar haqqında statistik verilənlərin təsnifatının məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi üsul, alqoritm və proqramları işlənmişdir. Verilmiş AƏ üzrə çoxölçülü statistik verilənlərin sonlu toplumunun yoxlanmamış təsnifatı enerji qurğularının etibarlılığının xarakteristikası və göstəricilərinin real qiymətlərinin

təhrif olunmasına və onların hesablanması üçün dəqiqliyinin azalmasına gətirib çıxarır;

4. Göstərilmişdir ki, kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlər üçün etibarlılıq göstəricilərinin etimad intervallarının sərhəd qiymətlərinin müqayisəsi yolu ilə təsnifatının məqsədə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi, faktiki səhvsiz qərar riskinin aşağı salınması ilə bağlıdır. Hesablamanın dəqiqliyinin artırılması fidusial intervallar sərhəd qiymətlərinə keçilməsi vasitəsilə mümkündür;
5. Göstərilmişdir ki, sıralanma iki istiqamətdə yerinə yetirilə bilər. Birinci üsul azsaylı çoxölçülü kəmiyyət verilənlərinin məqsədə uyğun təsnifatının təhlilinə əsaslanıb. İkinci üsul obyektlərin inteqral göstəriciləri üzrə sıralanmasına əsaslanıb. Bu üsul çox sadədir və verilənləri kəmiyyət və nizamlı miqyas ölçüləri vasitəsilə qeyd etməyə imkan verir. Lakin o, inteqral göstəricilərinin təsadüfi xarakterini nəzərə almır. Hesablama nəticələrinin təhlili göstərir ki, ən az və ən çox səmərəli və etibarlı obyektləri hər iki üsul kifayət qədər yaxşı ayırd edir. Sıralamada fərq, variasiya sırasının orta hissəsində müşahidə olunur. Bu hissədə yerləşən obyektlərdə inteqral göstəricilərin bu göstəricilərin ortalama qiymətlərindən çox da fərqlənmədiyini göstərir;
6. “Zəif halqalar”ın, obyektlərin iş rejimlərinin idarə edilməsi keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi, məcburi boş dayanmalar zamanı obyektlərin saxlanması keyfiyyəti və aşınmanın bərpası keyfiyyətinin tanınması üsul, alqoritm və proqramları işlənmişdir;
7. İstismar məsələlərinin həllinin obyektivliyi texniki-iqtisadi göstəricilərin zamana görə dəyişməsi qanunauyğunluğu haqqında məlumatların cəlb edilməsi yolu ilə artırılır. Göstərilmişdir ki, texniki-iqtisadi göstəricilərin normallaşdırılmış dəyişməsi asılılığı daha informativdir, nəinki, onların mütləq qiymətlərinin dəyişməsi asılılığı;
8. Göstərilmişdir ki, İES-in enerji bloklarının sıralanması zamanı onun işinin etibarlılığı və sərfəliliyinin inteqral göstəriciləri enerji blokun və əsas əhəmiyyətli qurğularının texniki-iqtisadi göstəricilərinin asılı olmayan xüsusiyyətlərini əks etdirməlidir;

9. İES-in enerji bloklarının arasında yüklərin paylanması zamanı hər enerji blokun nəinki sərfəliliyi və texniki vəziyyəti və həm də onun hər bir enerji blokunun işlək sayının dəyişməsinə nəzərə alan yeni üsul, alqoritm və proqramı işlənilmişdir. Üsulun, eksperimental energetik xarakteristikaların real xarakteristikalara uyğun gəlmədiyi zamanı tətbiq edilməsi tövsiyə edilir.

### **İşin elmi və praktik əhəmiyyəti.**

İşdə alınan nəticələr həm elmi və həm də praktik xarakter daşıyırlar. İşin elmi tərəfi, məhdud saylı statistik verilənlərlə işləmək üçün bir sıra üsullar tətqiq olunmuşdur. İmitasiya modelləşdirməsində yeni yanaşma işlənilmişdir. Təsnifat zamanı onun məqsədəuyğunluğu və mötəbərliyinin təyin olunması metodologiyası işlənilmişdir. Elektrik avadanlıqlarının etibarlılığı və səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində kritik qiymətlərin tapılması yolları göstərilmişdir. Fidusial intervalların dəqiq həqiqi qiymətin tapılmasında tətbiqi qaydaları göstərilmişdir. İstismar zamanı avadanlıq və qurğuların etibarlı iş effektivliyinə görə sıralanması (ranjirovka) elmi cəhətdən əsaslandırılmış və göstərilmişdir.

İşin praktik tərəfi isə, istismar etibarlılığının idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsi İES-in əsasən qaz-mazut yanacağı ilə işləyən 300 MVt gücündə olan enerji bloklarının qazan qurğularının texniki-iqtisadi göstəricilərinin orta aylıq qiymətlərinə əsasən illüstrativ göstərilmişdir.

1. Texniki-iqtisadi göstəricilərin qiymətləndirilməsi haqqında ənənəvi informasiyanı aşağıdakı məlumatlarla tamamlamaq təklif olunur:
  - İES-in enerji bloklarının, turbin qurğularının və qazan qurğularının sıralanması nəticələri haqqında;
  - obyektlər toplusu və hər bir obyektin “zəif halqaları” haqqında;
  - aşınmanın bərpası, saxlanması və rejimlərin idarə edilməsi keyfiyyəti haqqında.

Bu məlumatlar texniki-iqtisadi göstəricilərin qoyulan tələblərə cavab verməsi uyğunsuzluğu səbəblərini aradan qaldırır.

2. Texniki-iqtisadi göstəricilərin dəyişməsi nəticələrinin təhlili texniki xidmət və təmirin çatışmamazlığı nəticəsində istilik səmərəliliyinin böyük ehtiyatlarının istifadə olunmamasını aşkar etdi. Onların vaxtında aradan qaldırılması qəzasız işi və şərti yanacaq sərfinin azaldılmasını təmin etməyə imkan verir;
3. Qeyd edilmişdir ki, yüklərin paylanması zamanı obyektlərin texniki vəziyyətinin tam nəzərə alınmaması xeyli miqdarda yanacaq itkisinə səbəb olur. Təcrübə tədqiqatları göstərir ki, minimal yüklə ən etibarsız və səmərəsiz enerji blokların 77,8 %-i, maksimal yüklə isə ən etibarlı və səmərəli enerji blokların 36%-i yüklənir. Beləliklə enerji bloklarının operativ sıralanmasının vacibliyi və zəruriliyi şübhə doğurmur;
4. Texniki İstismar Qaydalarının (TİQ) enerji bloklarının istismar etibarlılığının və sərfəliliyinin idarə edilməsi aylıq yekun müzakirələrinin tövsiyə effektivliyinin xeyli artırılmasını təmin edən texniki-iqtisadi göstəricilərin təhlili nəticələri və “isteklahçılar” arasında bu informasiyanı xüsusi formalar şəklində paylaşan struktur işlənmişdir;
5. Enerji blokları arasında onların texniki vəziyyətini nəzərə almaqla yükün paylanmasının iqtisadi səmərəliliyi yekun şərti yanacaq sərfinin 0,2-0,3 %-ni təşkil edir.

### **İşin aprobeiasyası.**

Dissertasiya işinin əsas nəticələri məruzə və müzakirə edilmişdir:

- “Enerjisistem: idarəetmə, rəqabət, təhsil” III beynəlxalq elmi-praktiki konfransı, Yekaterinburq, UDTU-UPİ, 2008;
- Y.N.Rudenko adına “Böyük enerji sistemlərinin etibarlılığı tədqiqatlarının metodiki məsələləri” 2013 (Bakı);
- “Energetikanın müasir elmi-texniki və paktiki problemləri” beynəlxalq elmi-praktiki konfransı. Sumqait, 2015;
- Y.N.Rudenko adına “Böyük enerji sistemlərinin etibarlılığı tədqiqatlarının metodiki məsələləri” 2015 (Minsk);
- AzETvəLAEİ-nin elmi-texniki seminarları 2009-2020-ci illər.
- Y.N.Rudenko adına “Böyük enerji sistemlərinin etibarlılığı tədqiqatlarının metodiki məsələləri” 2017 (Qırğızıstan);

- The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications 26-28 August 2020, Baku, Azerbaijan

### **İşin nəticələrinin tətbiqi.**

Alınmış nəticələrin dürüstlüyü nəzəri və təcrübi tədqiqatların müasir üsullarının tətbiqi ilə təmin olunur. Nəticələrin səhsizliyi ilkin verilənlərin səhsizliyinə nəzarət, “geriyə məsələsi” həlli üsulu və Azərbaycan İES-in 300 MVt gücündə olan enerji bloklarının texniki-iqtisadi göstəriciləri üçün işlənmiş kompüter texnologiyalarının tətbiqi ilə təsdiqlənir.

Dissertasiya işində alınan tədqiqatların nəticələri Azərbaycan İES-in “Azərenerji” enerji sisteminin iri elektrik stansiyasında, onun İdarələrinin müvafiq texniki şöbələrində və həmçinin avadanlıq və qurğuların təmiri, texniki xidməti, təmirin keyfiyyətinə nəzarət və zəmanətli öhdəliklərin yerinə yetirilməsində istifadə olunur. Enerji sistemin və elektrik stansiyasının görülən işlərdə maraqlı olması İnstitutun Elmi Şurasının Azərbaycan İES-də keçirilən iclasında alınmış nəticələrin müzakirəsinin müvafiq akt və protokollarla təsdiqlənir (5 saylı 23.05.2016 tarixli protokolu).

### **Dərc edilmiş məqalələr.**

Dissertasiya işinin əsas məzmunu 60 nəşr işində dərc edilmişdir, o cümlədən xarici elmi jurnallarda 44 məqalə, bunlardan 6 ədəd SCOPUS - da, 3 – ü beynəlxalq verilənlər bazası olan Web of Science<sup>TM</sup> Core Collection Clarivate Analytics agentliyində, respublika elmi jurnallarında 8 məqalə, elmi konfransların materiallarında dərc olunmuş 8 tezis məruzə edilmişdir.

### **Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi müəssisənin adı.**

Tədqiqatların nəticələri və işlənməsi müvafiq olaraq, “Azərenerji” enerjisistemi ilə razılaşdırılmış Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutunun 2008-2020-ci il “Enerji avadanlıqlarının etibarlılığı və ifrat gərginlikdən mühafizə” şöbəsinin elmi-tədqiqat plan işləri hesabatlarına daxil edilir.

## İŞİN HƏCMİ VƏ STRUKTURU.

Dissertasiya işi 322 səhifəlik kompüter mətnindən, girişdən, beş fəsildən, nəticədən, 211 istifadə olunmuş ədəbiyyat, işarə və ixtisarlar siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi 293 səhifədən (586000 işarə) ibarətdir və həmçinin I Fəsil (144000 işarə), II Fəsil (42000 işarə), III Fəsil (80000 işarə), IV Fəsil (70000 işarə), V Fəsil (74000 işarə) ibarətdirlər. Dissertasiyada 59 şəkil və 72 cədvəl var.

**Girişdə** dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, əsas məsələlər və məqsəd formalaşdırılmış, tədqiqat məsələləri göstərilmiş, elmi yeniliyi və praktiki dəyəri verilmiş və dissertasiyanın strukturu göstərilmişdir.

**Dissertasiya işinin birinci fəslində** İES-in avadanlıq və qurğularının fərdi etibarlılığının göstərici və xarakteristikalarının hesablanması statistik verilənlərin məqsədyönlü təsnifatının qiymətləndirilməsi üsul və alqoritmləri verilmişdir. Tədqiqatlar təsadüfi kəmiyətlərin realizasiyasının real dəyişmə qanunauyğunluqlarının imitasiya modelləşdirilməsi və qəza təmirlərində boşdayanmaların müddətinin onların statistik paylama funksiyaları (s.p.f.) əsasında aparılır. Təsadüfi kəmiyətlərin səpələnməsinin məlum üsullarla modelləşdirilməsində yolverilməz xətlər qeyd olunmuşdur.

Bu problemin həllinin çox yönlü olduğu qeyd olunur. Məlumatların təsnifatının məqsədəuyğunluğunun monitorinqi üsulları göstəricilərin növündən və həll olunan əməliyyat tapşırıqlarının etibarlılıq xüsusiyyətlərindən, təsadüfi dəyişənlərin dəyişməsinin xarakterindən asılıdır. Məqalədə verilmiş xüsusiyyət növü üçün statistik paylanma funksiyasının qiymətləndirilməsinin ən mürəkkəb halının tədqiqinin nəticələri təqdim olunur. Həll olunan problemin analoqu Kolmoqorov meyarıdır ki, burada statistik paylanma funksiyası təsadüfi dəyişənin analitik paylanması ilə müqayisə edilir. Bu meyarın praktiki tətbiqi çox vaxt səhvdir, çünki kritik dəyər Kolmoqorov statistikasına deyil, verilmiş paylama funksiyasına ilə təsadüfi seçmənin statistik paylanma funksiyası arasında ən böyük uyğunsuzluğun oxşar dəyəri ilə müqayisə edilir.

Bu mühüm məsələnin tədqiqi bu xətanın əsas səbəbini müəyyən etməyə və onu aradan qaldırmağın yollarını göstərməyə imkan verdi. Göstərilir ki, paylama funksiyaları arasında uyğunsuzluğun şübhə doğurduğu bir vəziyyətdə səhv qərarın riskini azaltmaq ikinci növ xətanın böyüklüyünü nəzərə almaqla əldə edilir. Tərs məsələnin həlli metodunun tətbiqi səhv qərarın riskinin nümunələrin statistik xüsusiyyətləri ilə müəyyən edildiyini müəyyən etməyə imkan verdi. Yuxarıdakı meyarlar seçmənin mütəbərlliyi yalnız o halda tanıyır ki, “təsadüfi dəyişənin ən böyük dəyəri” statistikasının əhəmiyyəti digər statistiklərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olsun.

Modelləşdirmənin yeni üsul və alqoritmi tövsiyə edilir. S.p.f.-nin biz tərəfdən aşağıdakı tənliklə təqdim edilməsi tövsiyə edilir:

$$F_3^*(X) = \begin{cases} 0 & \text{eger } X \leq X_1 \\ \frac{i-1}{n+1} + \frac{(X-X_i)}{(n+1) \cdot (X_{i+1}-X_i)} & \text{eger } X_1 < X < X_{n+1} \\ 1 & \text{eger } X \geq X_{n+2} \end{cases} \quad (1)$$

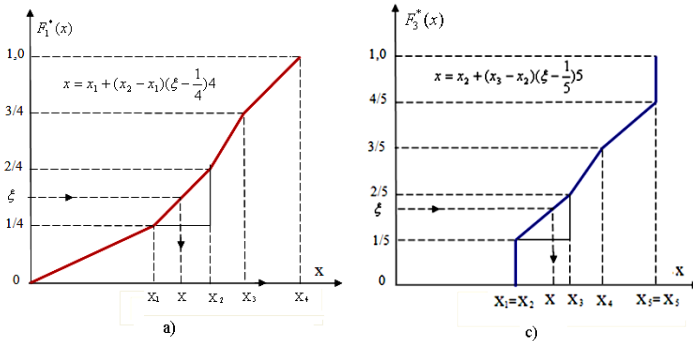
burada  $i=1,(n+1)$

X təsadüfi kəmiyyətinin realizasiyasının hesablanması aşağıdakı düsturla aparılır:

$$X = X_i + (X_{i+1} - X_i) \cdot [\xi \cdot (n+1) - (i-1)] \quad (2)$$

burada  $i=1,(n+1)$ ;  $\xi$  -  $[0,1]$  intervalında bərabər paylanmış təsadüfi kəmiyyətdir. Şək.1.-də modelləşdirmə üsullarının qrafiki illüstrasiyası verilmişdir.





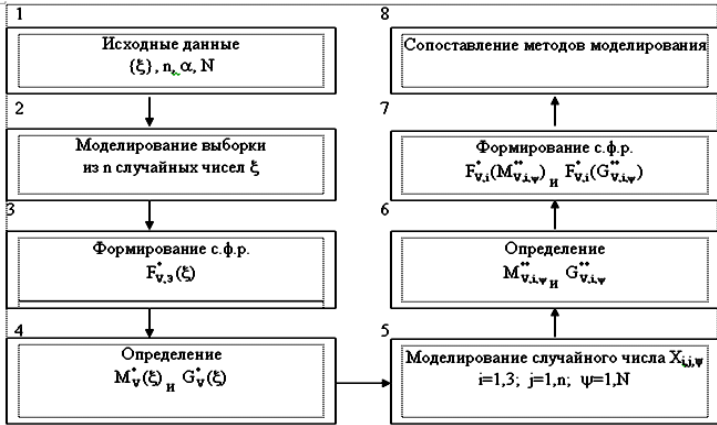
**Şəkil 1.** Empirik paylanma üzrə kəsilməz təsadüfi kəmiyətlərin modelləşdirilməsi üsulları. a-ənənəvi üsul; c-tövsiyə olunan üsul.

Təcrübi tədqiqatlar nəticəsində qərara alındı<sup>1</sup>:

- $[0,1]$  intervalında müntəzəm qanunla paylanan  $x$  təsadüfi kəmiyətinin  $F^{**}(x)$  üzrə modelləşdirilən statistik paylama funksiyası kiçik həcmli  $n_v$  seçiminin uyğunluq dərəcəsi nəzərə alınmaqla həmin həcmə bərabər  $\xi$  təsadüfi kəmiyyət seçiminin,  $F^*(\xi)$  statistik paylama funksiyasına təsirini azaldır. Belə uyğunluğun nəticəsi olan  $\alpha$ -nın əhəmiyyət səviyyəsinin artımı,  $n_v$ -nin  $(1-\alpha)^{-1}$  qiyməti qədər süni artımı ilə analojidir.
- təsadüfi kəmiyətlərin modelləşdirilmiş realizasiyalarının kiçik həcmli seçimlərində orta-kvadratik qiymət və həm də orta hesabı qiymətlərinin ənənəvi üsulla hesablanması dəqiqliyinin tələblərinə uyğunsuzluğu, modelləşdirmə üsullarının müqayisəsinə sübutdur
- tövsiyə edilən üsul bu nöqşənlərdən azaddır.

<sup>1</sup> Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев, – Москва: «Наука», - 1965, - 524 с.

Şək. 2-də modelləşdirmə üsullarının müqayisə algoritmi verilmişdir. Təsnifatməni şərtləndirən, statistik verilənlərin bir sıra əlamətlərdən və onların alt əlamətlərindən asılı olmasıdır, daha doğrusu onun çoxölçülülüdür.



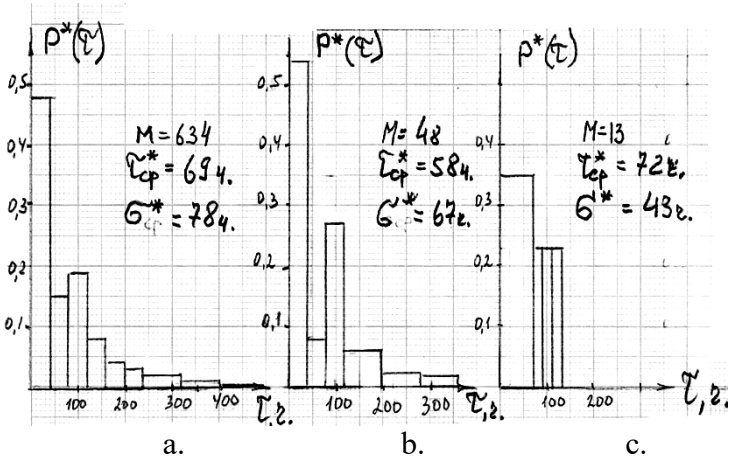
Şəkil 2. Kəsilməz təsadüfi kəmiyətlərin modelləşdirilməsi üsullarının müqayisə algoritminin böyüdülmüş blok-sxemi.

Çoxölçülülük verilənlərdən seçimlərin təhlili üçün baş toplumlardan seçimlərin təhlili klassik üsulların tətbiqi səhv qərar riskinin artmasına gətirir. Çoxölçülülük statistik verilənlərin sonlu toplumunun əlamətlərin alt əlamətləri, məsələn, gərginlik sinifləri, quraşdırıldığı yer, istismar müddəti və s. üzrə nəzarətsiz təsnifatı enerji qurğularının etibarlılığının göstərici və xarakteristikalarının real qiymətlərinin təhrif olunmasına gətirib çıxarar.

EPS avadanlığının etibarlılığını təhlil edərkən, əməliyyatın statistik məlumatlarının pasport məlumatları və iş şəraiti məlumatları ilə müəyyən edilmiş bir, bəzən isə iki meyara görə təsnifatı aparılır. Müxtəlif gərginlik siniflərinin elektrik avadanlıqlarının etibarlılığının göstəriciləri. Bəzən növ və ya təyinat, dizayn, xidmət müddəti, istehsalçı və digər xüsusiyyətlərə görə qruplaşdırılan elektrik avadanlıqlarının PN verilir. Statistik məlumatların ikidən artıq əlamətlərə görə təsnifatı praktiki olaraq həyata keçirilmir. Bunun səbəbi əlamət növlərinin müxtəlifliyi (RP) və ST

qiymətləndirmələrinin düzgünlüyünün azalmasıdır (etibar intervalının genişliyinin artması). Dəqiqliyin azalması statistik məlumatların müəyyən bir ümumi populyasiyadan təsadüfi seçmə ilə uyğunluğu fərziyyəsi çərçivəsində baş verir. Faktiki olaraq:

1. EPS avadanlığının etibarlılığını xarakterizə edən statistik məlumatlar (işləməyən vəziyyətlər haqqında məlumat) çoxlu sayda pasport və əməliyyat məlumatlarından (quraşdırma sahəsi, gərginlik sinfi, dizayn, xidmət müddəti və s.) asılıdır və buna görə də statistik məlumat kimi qəbul edilə bilməz. ümumi əhalinin analoqu, nə də homojen məlumatların sonlu nümunəsi kimi. Riyaziyyatda belə məlumatlar adətən çoxölçülü adlanır. Təəssüf ki, çoxölçülü verilənlərin (ÇV) təhlili üçün analitik üsullar yalnız təsadüfi dəyişənlərin paylanması hansısa bir, əsasən normal olan paylanma qanununa uyğun olduğunu güman etmək üçün işlənilib hazırlanmışdır. Bu, elektrik avadanlıqlarının istismarının statistik məlumatlarına əsasən qurulmuş real paylama histoqramlarına heç uyğun gəlmir. Nümunə olaraq, şəkl. 3-də 300 MVt-lıq enerji bloklarının fəvqəladə dayandırılması ( $\tau_a$ ) müddətinin histoqramları göstərilir. Birinci histoqram 1992-2006-cı illər üçün səkkiz enerji blokunun istismar məlumatlarına görə paylanmanı xarakterizə edir. İkinci histoqram 2005-ci ildə bütün enerji blokları üçün  $P^*(\tau_a)$  paylanmasını xarakterizə edir. Bu nümunə üçün fəvqəladə söndürmələrin sayı 634-dən 48-ə qədər azalıb. Üçüncü histoqram birinci enerji bloku üçün  $P^*(\tau_a)$  paylanmasını göstərir. 2005-ci ildə. Bu histoqramlardakı dəyişikliyin xarakteri ilə normal paylanmanın dəyişmə qanunauyğunluqlarının müqayisəsi  $P^*(\tau_a)$ -nın bir spesifik və xüsusən də normal paylanma qanununa uyğun olması ehtimalının aşağı olduğunu təsdiq edir.



**Şəkil 3.** 300 MVt gücündə enerji blokların qəza təmirində boşdayanma müddətinin histoqramı. a. 5 il ərzində səkkiz enerji bloku üzrə müşahidə olunan məlumatlar; b. Bir il ərzində müşahidə olunan məlumatlar; c. Bir il ərzində bir enerji bloku üzrə müşahidə olunan məlumatlar.

Bu təsnifatın xüsusiyyətləri:

2. Verilmiş RP-yə görə çoxdəyişənli statistik məlumatların təsnifatı zamanı çoxdəyişənli məlumatların sonlu toplusundan seçmə məlumat təsadüfi çıxarılmır. Məsələn, 110 kV nominal gərginlikli bütün elektrik açarlarının seçildiyi təsadüfi deyil. Gəlin bu xüsusiyyəti təkmilləşdirək. Təsadüfi olmayan nümunə:

- təsadüfi dəyişənlərdən ibarətdir;
- nümunə  $n$ -də təsadüfi dəyişənlərin sayı zamanla təsadüfi dəyişir, məsələn, artır;

– çoxölçülü verilənlərin sonlu toplusunun təsadüfi dəyişənlərinin dəyişmə intervalında paylanma xüsusiyyətləri RP-dən asılıdır;

3. Çoxdəyişənli statistik məlumatların sonlu toplusu üçün paylanma qanununun növü tək-cə məlum deyil. Statistikalar yığıldıqca sisteməlik olaraq təsadüfi dəyişir;

4. Verilmiş RP üçün çoxdəyişənli statistik məlumatların sonlu toplusundan seçmədə təsadüfi dəyişənin dəyişmə intervalı son çoxluğun özündə təsadüfi dəyişənin dəyişmə intervalından çox deyil.

Yada salaq ki, təsadüfi dəyişənin ümumi kütləsi üçün standart kənarlaşma həmişə istənilən ölçülü hər hansı təmsilçi seçmə üçün standart kənarlaşmadan azdır və  $n$  seçmədəki təsadüfi dəyişənlərin sayının azalması ilə standart kənarlaşmanın qiymətləndirilməsi artır. Bu xüsusiyyətlər bizə belə qənaətə gəlməyə imkan verir ki, çoxdəyişənli məlumatların sonlu toplusundan nümunələrin təhlili üçün ümumi populyasiyadan nümunələrin klassik təhlili üsullarından istifadə səhv qərarın verilməsi riskinin artmasına səbəb olur.

İllüstrativ məqsədlər üçün hesablamaların ölçüsünü azaltmaq üçün Cədvəl 1-də müəyyən vaxt intervalı üçün 300 MVt güc bloklarının fəvqəladə dayanması hallarının  $M=44$  müddəti haqqında məlumat verilmişdir.  $i=1.8$  olan statistik paylanma funksiyaları paylanma ehtimalı modelini müəyyən edir.

Bu histqramların müqayisəsi sübut edir ki, bir konkret və xüsusən də normal qanunla paylanmaya uyğunluğu çox az ehtimallıdır. Cədvəl 1-də enerji blokların işlədiyi bir il müddətində qəza təmirlərində boşdayanmaların müddətinin realizasiyaları verilmişdir.

**Cədvəl 1.**

Enerji bloklarının qəza təmirlərində boşdayanmaları müddəti haqqında məlumat

i	Enerji bloklarının sıra nömrələri							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	64,42	46,12	78,59	61,36	63,5	9,15	66,29	36,05
2	15,31	46,27	3,36	236,3	38,08	91,17	7,02	6,23
3	53,5	298,58	3,48	123,59		99,51	93,13	15,35
4	94,55	134,12	42,05	358,15		39,11	54,03	
5	69,37	35,51	45,158			133,24	78,21	
6	5,48		62,36				57,2	
7	185,0		18,15				66,1	
8			29,42				1,3	
9			7,43					
10			25,5					
$M_v^*(\tau_q)_s$	<b>69,7</b>	<b>112,1</b>	<b>32</b>	<b>195</b>	<b>51</b>	<b>82,4</b>	<b>58</b>	<b>19,2</b>

Qeyd:  $M_{\Sigma}^*(\tau_q) = 72,2 \text{ saat}$

Boşdayanma müddətinin 72,2 saat orta qiymətindən hər bir enerji blokunun boşdayanma müddətinin orta qiyməti xeyli dərəcədə fərqlənə bilər.

Statistik verilənlərin məqsədyönlü təsnifatının qiymətləndirilməsinin yeni üsul, alqoritm və proqramı işlənmişdir. Üsulun əsasını təsadüfi kəmiyətlərin realizasiyasının imitasiya<sup>2</sup> modelləşdirilməsi, statistik fərziyələrin yoxlanılması nəzəriyyəsi və fidusial intervalların sərhəd qiymətləri təşkil edirlər. Üsulun mahiyyəti aşağıdakı ardıcıl hesablamalarla aydınlaşdırılır:

- ilkin verilənlər: empirik cədvəldə hər hansı bir  $\tau$  çoxölçülü təsadüfi kəmiyyətinin sonlu toplumu verilmişdir.  $\tau$  -nün ədədi qiymətləri  $m_{\Sigma}$  əlamətlərindən asılıdır. Hər bir  $m_{\Sigma}$  əlamətləri  $m_i$  AƏ kimi təqdim olunur, burada  $i=1, m_{\Sigma}$ .  $F^*(\tau)$  - s.p.f,  $M_{\Sigma}^*(\tau)$  isə,  $\tau$  təsadüfi kəmiyyətinin orta qiymətidir. AƏ üzrə verilmiş çoxölçülü verilənlərin sonlu toplum təsnifatının nəticəsi kimi  $\tau$  təsadüfi olmayan seçim realizasiyaları verilmişdir.  $F_{s,e}^*(\tau)$  - bu seçimin s.p.f.,  $M_{s,e}^*(\tau)$  - orta qiyməti,  $n_v$  - seçimdəki təsadüfi kəmiyətlərin sayıdır;
- seçimin hər bir  $\tau_j$  realizasiyası üçün  $j=1,n$  olmaqla  $\Delta_{j,y} = |F_{\Sigma,e}^*(\tau_j) - F_{s,y}(\tau_j)|$  mütləq aralanma qiyməti hesablanır, burada  $j=1,n$  və daha sonra ən böyük empirik aralanma təyin olunur  $\Delta_e^* = \max\{\Delta_{\xi}\}_n$ ;
- $F_s^{**}(\tau)$  modelləşdirilmiş və 2 düsturu üzrə təsadüfi  $F_{\Sigma}^*(\tau)$  s.p.f. aralanma xarakterinin verilənlər toplusunun ən böyük aralanmanın realizasiyasının mütləq qiymətinin  $F_s^{**}[\Delta(H_1)]$  fidusial paylanması hesablanır,  $H_1$ ,  $F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_s^{**}(\tau)$  -nin aralanmasının təsadüfi olmasını isbatlayır;

---

<sup>2</sup> Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. - Москва: Наука, - 1978, - 400 с.

- analoji olaraq  $F_s^{**}[\Delta(H_2)]$  fidusial paylanmasının hesablanması, o, əhəmiyyətli fərqlə ki,  $\tau$  təsadüfi kəmiyyətinin qiyməti 2-ci düstura görə modelləşdirilən  $n_s$ -dən ibarət seçim  $F_{\Sigma,e}^*(\tau)$  üzrə yox,  $F_{s,e}^*(\tau)$  üzrə aparılır;
- $M^*(\Delta/H_1)$  və  $M^*(\Delta/H_2)$  realizasiyalarının orta hesabı qiymətləri hesablanır;
- $F_v^{**}[\Delta(H_1)]$  və  $F_v^{**}[\Delta(H_2)]$  fidusial paylanmaları üzrə aşağıdakı düsturlarla fidusial intervalların sərhəd qiymətləri hesablanır:

$$\left. \begin{array}{l} \text{əgər } M^*(\Delta/H_1) < M^*(\Delta/H_2) \\ \left\{ 1 - F_v^{**}[\Delta(H_1)] \right\} = \alpha \\ F_v^*[\Delta(H_2)] = \beta \text{ olar} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{əgər } M^*(\Delta/H_1) > M^*(\Delta/H_2) \\ \left\{ 1 - F_v^{**}[\Delta(H_2)] \right\} = \alpha \\ F_v^*[\Delta(H_1)] = \beta \text{ olar} \end{array} \right\} \quad (4)$$

- $F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_v^*(\tau)$  arasında aralanmanın təsadüfi xarakter daşması haqqında qərar, yəni verilənlərin təsnifatının məqsədyönlü olmaması bu şəkildə yoxlanılır:

$$\left. \begin{array}{l} \text{əgər } M^*(\Delta/H_1) < M^*(\Delta/H_2) \\ \text{və } \overline{\Delta(H_2)} < \Delta_y^* < \overline{\Delta(H_1)} \\ \text{və yaxud əgər } M^*(\Delta/H_1) > M^*(\Delta/H_2) \\ \text{və } \overline{\Delta(H_1)} < \Delta_y^* < \overline{\Delta(H_2)} \end{array} \right\} \quad (5)$$

Təcrübi tədqiqatlar göstərdi ki,:

- etibarlılıq göstəricilərinin inam intervallarının sərhəd qiymətlərinin tutuşdurulması yolu ilə verilənlərin təsnifatının məqsədyönlü qiymətləndirilməsi səhv qərar riskinin artması ilə bağlıdır;
- Kolmoqorov<sup>3</sup> statistikasının hesablanmış qiyməti əvəzinə  $F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_v^*(\tau)$ -nin ən böyük aralanmasının mütləq qiymətindən istifadə

edilməsinin səhliliyi onların paylama funksiyalarının və kritik qiymətlərinin müxtəlifliyi ilə əlaqədardır;

- $R^2$ : ( $R^2 > 0,999$ ) determinasiya əmsalı ilə fidusial intervalların sərhəd qiymətlərinin dərəcə çevrilməsi ilə standart proqram üzrə reqresiya tənliyi aşağıdakı şəkildədir

$$\Delta(H_1) = - An_v^{-0,5} \quad \left. \vphantom{\Delta(H_1)} \right\} \quad (6)$$

$$\overline{\Delta(H_1)} = - \left[ \Delta(H_1) - n_v^{-1} \right] \text{ где } A=0,652 * \alpha^{-0,175}$$

$$\alpha = 0,05 \text{ olarsa, } \Delta(H_1) = - 1,12 n_v^{-0,5}$$

$$\overline{\Delta(H_1)} = (1 - 1,12 n_v^{0,5}) n_v^{-1} \quad \left. \vphantom{\overline{\Delta(H_1)}} \right\} \quad (7)$$

- səhv qərar riskinin aşağı salınması, toplum və seçimin verilənlərinin təsadüfi kəmiyyətlərinin aralanması (s.p.f.) parametrlərinin fərqliliyi əhəmiyyətini nəzərə almaqla əldə olunur.

Buna görə də təsadüfi kəmiyyətlərin statistik parametrlərinin statistik paylama funksiyalarını modelləşdirilməsi zərurəti yaranır. Bu tədqiqatların nəticələri dissertasiya işinin ikinci fəslində verilir.

**Dissertasiya işinin ikinci fəslində** təsadüfi kəmiyyətlərin seçiminin statistik xüsusiyyətini xarakterizə edən və çoxölçülü verilənlərin məqsədyönlü təsnifatının obyektiv qiymətləndirilməsinin çətinliyini aradan qaldırılmasına imkan verən parametrlərin kritik qiymətlərinin hesablanması üsul və alqoritmləri verilmişdir.

Mövcud parametrlər toplusundan verilənlər toplusunun və seçmənin statistik paylanma funksiyalarının ən böyük şaquli səpələnmələrin mütləq qiyməti, şaquli fərqlərin arifmetik ortası və səpilmə göstəriciləri - standart kənarlaşma, variasiya əmsalı və təsadüfi dəyişənlərin dispersiya diapazonu nəzərə alınır.

<sup>3</sup> Кендалл, М.Дж. Теория распределений. Пер. с англ. Под ред. А.Н. Колмогорова / М.Дж. Кендалл, А. Стьюарт - 1966, - 587 с.



Nümunədəki təsadüfi dəyişənlərin sayının bir sıra dəyərləri üçün onların paylanması statistik funksiyasının kvantillərinin cədvəl dəyərləri əldə edilir ki, bu da onların dəyişməsinin sərhəd dəyərlərini verilmiş bir göstərici ilə qiymətləndirməyə imkan verir. etimad səviyyəsi. Nümunədəki bir sıra təsadüfi dəyişənlər üçün onların dəyişməsinin qrafik təsviri verilmişdir.

Bu üsullar  $F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_V^*(\tau)$  arasında şaquli aralanmanın ən böyük qiymətinin hesablanması qaydasına oxşardılar, fərq statistik parametrlərin hesablanması düsturlarındadır. Dissertasiyada aşağıdakı statistik parametrlər təhlil olunurlar:

1.  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_V^*(X)$  arasında ən böyük aralanmanın mütləq qiyməti .

Bu düsturla hesablanır:

$$B_V(\Delta) = \max\left\{|\Delta_1|; |\Delta_2|; \dots; |\Delta_{n_v}|\right\} \quad (8)$$

2. Şaquli aralanmanın orta qiyməti. Bu düsturla hesablanır:

$$M^*[\Delta] = n_v^{-1} \sum_{i=1}^{n_v} |\Delta| \quad (9)$$

3. Şaquli aralanmanın orta-kvadratik qiyməti. Bu düsturla hesablanır:

$$\sigma^*[\Delta] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_v} [M^*(\Delta) - |\Delta|]^2}{(n_v - 1)}} \quad (10)$$

4. Şaquli aralanmanın təsadüfi kəmiyyətlərinin səpələnməsinin genişlənməsi. Bu düsturla hesablanır:

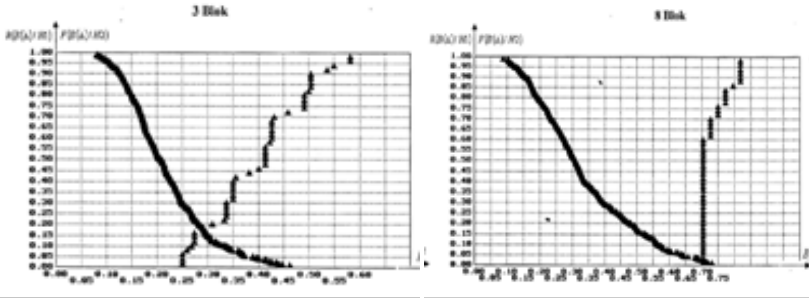
$$L_V^* = \Delta_{\max} - \Delta_{\min} \quad (11)$$

$F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_V^{**}(\tau)$  arasındakı fərqi hər bir statistik parametr üçün özünəməxsus tanıyır.

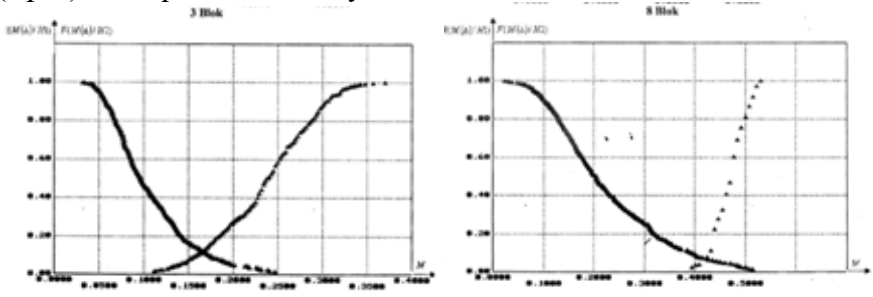
Bu tədqiqat aşağıdakı mərhələləri özündə birləşdirir:

- təsadüfi kəmiyyətlərin  $F_{\Sigma}^*(\tau)$  və  $F_V^*(\tau)$  paylamalarının şaquli aralanma statistik parametrlərinin fidusial paylanması mümkün realizasiyaları təhlilinin  $n_v$  seçimi həcmində müxtəlif qiymətləri üçün modelləşdirilməsi yerinə yetirilir. Şək.4.- də (Bax cədvəl 1.) üçüncü və səkkizinci enerji blokları üçün  $R^*[B_V^*(\Delta/H_1)] = 1 - F^*[B_V^*(\Delta/H_1)]$  və  $F^*[B_V^*(\Delta_v/H_2)]$  fidusial

paylanmasının dəyişməsi qanunauyğunluğu verilmişdir. Şəkil 5.-də  $R^*[M_v^*(\Delta/H_1)] = 1 - F^*[M_v^*(\Delta/H_1)]$  və  $F^*[M_v^*(\Delta/H_2)]$  fidusial paylanmanın əyriləri müqayisə üçün verilmişdir.



Şəkil 4. 3 və 8-ci enerjibloklarının  $R^*[B_v(\Delta/H_1)]$  və  $F^*[B_v(\Delta/H_2)]$ , (s.p.f.) –nin qrafik illüstrasiyası.

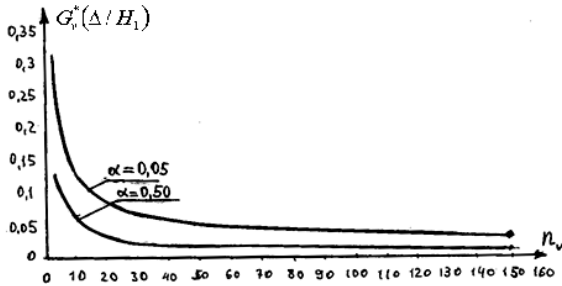


Şəkil 5. 3 və 8-ci enerjibloklarının  $R^*[M_v(\Delta/H_1)]$  və  $F^*[M_v(\Delta/H_2)]$  (s.p.f.) –nin qrafik illüstrasiyası..

Verilmiş  $\beta$  2-ci tip səhv üçün  $B_v(\Delta/H_2)$  aşağı sərhəd qiymətli fidusial intervalın qiymətləndirilməsini çətinləşdirən  $F^*[B_v^*(\Delta/H_2)]$  paylanmasının diskretləşməsi səviyyəsinin kifayət etməməsi diqqəti çəkir.

– qeyd edilmiş birinci və ikinci tip səhvlər üçün  $n_v$  həcmli seçim və fidusial intervalların sərhəd qiymətlərinin analitik qarşılıqlı əlaqəsinin tapılması. 10 və 3 realizasiyadan ibarət olan  $n_v$  həcmli seçimlərin 3 və 8-ci enerji blokları üçün  $R^*[B_v^*(\Delta/H_1)]$  və  $R^*[M_v^*(\Delta/H_1)]$  fidusial paylanmaların münasibəti belə bir asılılığın olmasına zəmin yaradır.

İllüstrativ olaraq şəkl.6 – da  $n_v$  –dən asılı  $G_v^*(\Delta/H_1)$  tip asılılıq əyrisi  $\alpha = 0,05$  və  $\alpha = 0,5$  üçün verilmişdir.



**Şəkil 6.**  $n_v$  – asılı statistikanın kritik qiymətlərinin dəyişməsi qanunauyğunluğu.

Göstərilmişdir ki,  $R^2$  determinasiya əmsalının 0,98 - dən aşağı olmayan qarşılıqlı əlaqəsi aşağıdakı şəkildə olur:

$$St(\Delta/H_1) = A * n_v^{-b} \quad (12)$$

burada:  $St(\Delta/H_1)$  - baxılan statistik parametrlər qrupunun şərti işarələnməsidir.

Cədvəl 2 – də  $St(\Delta/H_1)$  sırası üçün tənliklərin əmsalları (12) verilmişdir.

**Cədvəl 2.**

$\alpha = 0,05$  üçün tənliklərin (12) sabit əmsallarının hesablanması nəticələri.

$St^*(\Delta/H_1)$	Regressiya əmsalları		$R^2$
	A	B	
$B_v^*(\Delta/H_1)$	1,08	0,46	0,9998
$M_v^*(\Delta/H_1)$	0,81	0,58	0,9961
$G_v^*(\Delta/H_1)$	0,43	0,54	0,997

– qəbul edilmiş  $\alpha_k = \beta_k = 0,05$  bərabərliyində, verilmiş əlamətlərin alt əlamətlər çoxluğu üzrə statistik verilənlərin məqsədyönlü təsnifatının qiymətləndirilməsi birinci və ikinci tip səhvlərin kritik qiymətlərinin müqayisəsi vasitəsilə aparılır. Misal olaraq cədvəl 3-də enerjibloklarının sıra sayları üzrə (bax cədvəl 1) qəza təmirində

boşdayanmaları müddətinin məqsədyönlü təsnifatının qiymətləndirilməsi göstərilmişdir.

**Cədvəl 3.**

$B_v^*(\Delta)$ -üzrə cədvəl 1-in verilənlərinin məqsədəuyğun təsnifatının qiymətləndirilməsi nəticələri.

Göstərici	Enerjiblokun sıra sayı							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$B_{\exists}(\Delta)$	0,127	0,16 8	0,41 4	0,36 4	0,36 8	0,17 3	0,20 5	0,70 5
$R^*[(\Delta/H_1)]$	0,922	0,81 6	0,02 1	0,28 7	0,49	0,83 2	0,57 5	0,02 8
$F^*[(\Delta/H_2)]$	0,108	0,30 8	0,58 5	0,45 1	0,55 3	0,28 5	0,34 1	0,55 3
H	$H_1$	$H_1$	$H_2$	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_1$	$H_2$

Cədvəlin verilənlərinin birinci və ikinci tip səhvlərin kritik qiymətlərinin tutuşdurulması onu göstərir ki, belə təsnifat üçüncü və səkkizinci enerjiblokları üçün məqsədəuyğundur. Göstərilmişdir ki,  $St_v(\Delta)$  statistik parametrinin paylanması realizasiyasının diskret xarakteristikası  $F^*[St_v(\Delta)]$  paylanmasının kvantillərinin müqayisəsi əsasında aparılması kriteriyasını qəbul etmir. Bu şəraitdə fərziyələrin yoxlanılması  $R^*[St_{v,\exists}(\Delta/H_1)]$  və  $\alpha_k$  və  $R^*[St_{v,\exists}(\Delta/H_2)]$  və  $\beta_k$  kriteriyaları əsasında müqayisə aparılmalıdır.

**Dissertasiya işinin üçüncü fəslində** EES-in obyektlərinin EG-in verilənlərin məqsədəuyğun təsnifatının azsaylı, çoxölçülü verilənlər üzrə qiymətləndirilməsi kimi əsas bir problemin həlli sona çatır.  $F_v^*(\Delta)$  paylanmasının statistik parametrlərinin çoxluğu,  $F_v^*(\Delta)$ -ün çoxlu kriteriyaya və mürəkkəb hesablamalara gətirib çıxarmasını zəruri edir.

Fəslin ilkin hissəsində şaquli səpələnmənin həyata keçirilməsinin statistik xassələrini, verilənlər toplusunun və seçmənin statistik paylanma funksiyalarını xarakterizə edən parametrlərin müqayisəsinə əsaslanan meyarlar toplusu problemi həll edilir. Meyarların sayının azaldılması müstəqil statistik parametrlərin seçilməsi ilə əldə edilir. Parametrlərin əlaqəsi korrelyasiya əmsalı ilə qiymətləndirilir.

Müəyyən edilmişdir ki, müstəqil parametrlər bunlardır: ən böyük uyğunsuzluğun mütləq qiyməti, orta hesab və verilənlər toplusunun və seçmənin statistik paylanma funksiyalarının şaquli uyğunsuzluğunun reallaşmalarının dispersiya diapazonu.

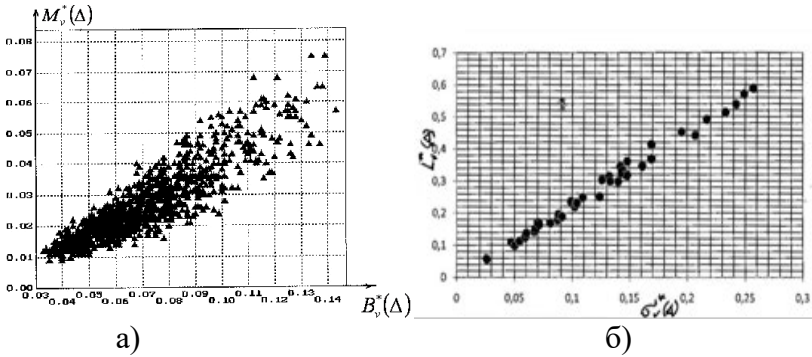
Aşağıda İES obyektlərinin klasterlərinin etibarlılığının kəmiyyətə qiymətləndirilməsi metodu və alqoritmi verilmişdir. Klasterlər fərdi etibarlılıq göstəriciləri təsadüfən fərqlənməyən obyektlər qrupları kimi başa düşülür. Qeyd etmək lazımdır ki, obyekt klasterləri daimi deyil. Onlar etibarlılıq və vaxt göstəricilərindən, eləcə də fərdi etibarlılıq göstəricilərindən asılıdır.

Şübhəsiz maraq orta və fərdi etibarlılığın müqayisəsi, xüsusiyyətlərin optimal sayı və onların növləri haqqında suallardır. Bu sualların cavabı əsərin üçüncü fəslinin materialını yekunlaşdırır.

Kriteriyaların sayının azaldılması, asılı olmayan kriteriyalar hesabına edilmişdir. Şək. 7-də statistik parametrlərin qarşılıqlı əlaqələri dərəcəsi verilmişdir<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Bonferroni, C.E. "Il calcolo delle assicurazioni su gruppi di teste." In Studi in Onore del Professore Salvatore Ortu Carboni. Rome: Italy, - 1935. p. 13-60.



**Şəkil 7.**  $F_v^*(\Delta)$  paylanmasının statistik parametrlərinin qarşılıqlı əlaqələrinə misallar.

Tədqiqatların nəticələri göstərdi ki, statistik verilənlərin məqsədəuyğun təsnif olunmasının qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı parametrləri tövsiyə etmək lazımdır:  $B_v^*(\Delta)$ ,  $M_v^*(\Delta)$ , və  $L_v^*(\Delta)$ - hər biri  $F_\Sigma^*(\tau)$  və  $F_v^*(\tau)$  paylanmalarının ən böyük aralanmalarını, genişlənməsini və orta qiymətini hesablamaqla tam xarakterizə edirlər. Hər üç statistik parametrin və həmçinin üç kriteriyanın tətbiqi akademik B.V. Gnedenkonun<sup>5</sup> qeyd etdiyi kimi fərziyələrin yoxlanılması eyni zamanda bir neçə kriteriya üzrə aparılmalıdır, çünki hər bir kriteriya  $F_\Sigma^*(\tau)$  və  $F_v^*(\tau)$  arasında aralanmanı, yalnız müəyyən olunmuş  $P_v^*(\tau)$  üzrə təyin edir.

Statistik verilənlərin təsnifatının məqsədəuyğun qiymətləndirilərək yerinə yetirilməsi imkan verir ki:

- hər bir əlamətin alt əlamətinin əhəmiyyətliliyini və EES-in obyektlərinin etibarlılığının dəyişməsi səbəblərini və qanunauyğunluqlarını dəqiqləşdirilməsi siyahısını tərtib etmək;
- fərdi etibarlılıq göstəricilərini qiymətləndirmək;

<sup>5</sup> Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев, – Москва: «Наука», - 1965, - 524 с.



Alqoritmin mahiyyəti aşağıdakı hesablamalar ardıcılığından ibarətdir:

- ilk mərhələdə AƏ- dən ən əhəmiyyətli təyin olunur. Bu məsələnin həlli metodologiyası bizim tərəfimizdən əvvəldən baxılıb.  $\{X(i, j)\}_V$ , kimi, burada  $i=1, n$ ,  $j=1, r_i$ , AƏ-dən ən əhəmiyyətli seçim kimi, AƏ-nin sıra sayını isə -  $(i, j)$  işarə edək;
- $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,p}^*(X)$  -nin aralanması xarakteri haqda fərziyyə yoxlaması aparılır. Əgər  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,p}^*(X)$  fərqlənməsi haqqında  $H_2$  mühakiməsi rədd edilirsə (nəzəri baxımdan bu mümkündür) və verilənlər fərqlənmənin təsadüfi xarakterli olması haqqında olan  $H_1$  mühakiməsinə zidd deyilsə, onda əhəmiyyətli AƏ-lər yoxdurlar, çoxölçülü verilənlərin (ÇV) sonlu toplumunun təsnifi məqsədəuyğun deyil, EG isə, ÇV-nin sonlu toplumu üzrə hesablanır. Əgər verilmiş əhəmiyyətlilik səviyyəsinə görə  $H_1$  mühakiməsi rədd edilirsə və verilənlər  $H_2$  mühakiməsinə zidd deyilsə, onda hesablamaların ikinci mərhələsinə keçirik;
- ikinci mərhələdə eynilə birinci mərhələdə olduğu kimi hesablamalar aparılır, lakin xeyli fərqlə ki, ÇV sonlu toplumu kimi  $\{X(i, j)\}_V$  seçimi götürülür. AƏ- nin  $(i, j)$  sıra saylarından savayı bu sonlu toplumdan bütün AƏ üzrə seçimlər götürülür. Elə bir seçim götürülür ki, o,  $(n-1)$  sayı içərisində olan təsadüfi kəmiyyət seçimlərindən nisbi dəyişmə intervalı ən kiçikdir. Bu seçimin s.p.f. -si ÇV-nin sonlu toplumunun s.p.f.-i ilə müqayisə olunur. Təbii olaraq sual yaranır, iki AƏ üzrə olan seçimin s.p.f.-ni hansı paylanma ilə müqayisə etmək lazımdır – ÇV-nin ilkin sonlu toplumunun s.p.f. olan  $F_{\Sigma}^*(X)$  ilə, yaxud alınmış ən əhəmiyyətli əlamət üzrə olan  $F_{\Sigma}^*(X) = F_{V,1}^*(X)$  s.p.f. ilə?

Bu məsələnin həlli üçün üç aksiomatik müddəanı qəbul etməliyik:



- M 1.* Əgər  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,1}^*(X)$  təsadüfi fərqlənmirlərsə  
və əgər  $F_{V,1}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  təsadüfi fərqlənmirlərsə,  
onda  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  həmçinin, təsadüfi fərqlənmirlər
- M 2.* Əgər  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,1}^*(X)$  təsadüfi fərqlənirlərsə  
və əgər  $F_{V,1}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  təsadüfi fərqlənmirlərsə,  
onda  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  həmçinin, təsadüfi fərqlənmirlər

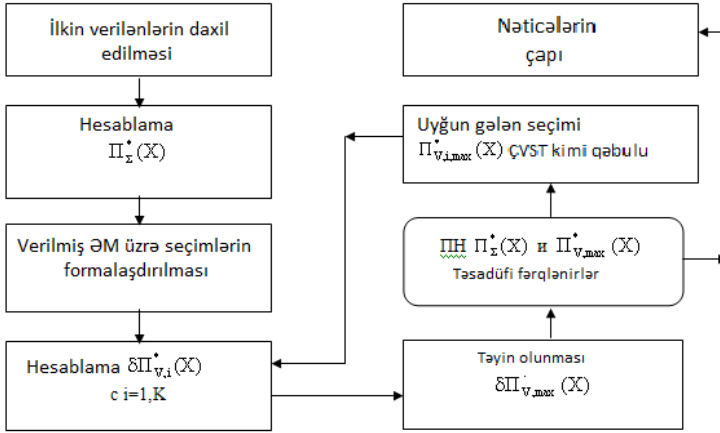
Başqa sözlə,  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,1}^*(X)$  -nin aralanması xarakterinin təsadüfiliyini nəzərə almamaq fərdi etibarlılığın qiymətləndirilməsinin dəqiqliyinin süni surətdə təhrif olunmasına və aşağı endirilməsinə, verilənlərin təsnifatının mərhələlərinin sayının aşağı salınmasına, əhəmiyyətli AƏ-in səhv syahısına aparır.

- M 3.* Əgər  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,1}^*(X)$  təsadüfi fərqlənmirlərsə  
və əgər  $F_{V,1}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  təsadüfi fərqlənirlərsə,  
onda  $F_{\Sigma}^*(X)$  və  $F_{V,2}^*(X)$  təsadüfi fərqlənmirlər

Müddəalar (M1-M3) onu göstərir ki, hər bir *i*-ci təsnifat mərhələsində  $F_{V,(i-1)}^*(X)$  və  $F_{V,i}^*(X)$  paylanmaları müqayisə olunmalıdırlar. Qalan bütün sonrakı ÇV -in təsnifat mərhələlərində aparılan hesablamalar, yuxarıdakılarla analogidirlər, və bu hesablamalar o vaxt bitir ki,  $F_{V,(i-1)}^*(X)$  və  $F_{V,i}^*(X)$  -in s.p.f-i fərqlənməsi təsadüfi olsun.

Qeyd etmək lazımdır ki, fərdi etibarlılıq göstəricilərinin qiyməti normativlərdən fərqli olaraq sabit deyillər, və müəyyən dəyişikliklərə məruz qalırlar (məsələn, xidmət müddətinin artması ilə etibarlılığın azalması, aşınmanın bərpasından sonra etibarlılığın artması)<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. СПб / В. Кельтон. – Питер; - Киев: Издательская группа BHV, - 2004, -847 с.



**Şəkil 9.** Fərdi etibarlılıq göstəricilərinin qiymətləndirilməsi alqoritminin böyüdülmüş blok-sxemi.

Fərdi etibarlılıq göstəricilərinin hesablanması nəticələri göstərdi ki, bu göstəricilər eyni adlı obyektlər qrupunun kəmiyyət xarakteristikalarıdır. Bununla bağlı eyni adlı obyektlər çoxluğunun qruplara (klasterlərə) təsnif edilməsi marağı yarandı hansıların ki, etibarlılıq göstəriciləri təsadüfi fərqlənmirlər. Məsələnin həlli bu qrupları işlərinin etibarlılığı üzrə sıralamaq və onların texniki vəziyyətlərinə müvafiq olaraq texniki xidmət və təmirlərin aparılması üsullarını tövsiyə etmək. Obyektlərin fərdi etibarlılıq göstəricilərinin hesablanması üsulları və onların klasterləri fərqlidirlər. Əgər fərdi etibarlılıq göstəriciləri üçün ilkin verilənlər hər əlamətin bir alt əlamətləridirlərsə (məsələn, xətti (1) eleqaz (2) kolonkalı (3) 110 kV gərginlikli açarlar (4), qapalı paylama qurğularında qoyulmuş (5) və i.a.), onda EG klasterlərinin hesablanması üçün əlamətlərin bütün alt əlamətləri nəzərə alınır. Tövsiyə edilən klasterlərin EG-nin hesablanması üsulunun mahiyyəti aşağıdakı hesablamaların aparılmasını zəruri edir:

1. Ümumi saydan olan baxılan obyektlərin hər bir əlamətinin AƏ-i üçün AƏ-nəhəmiyyətli uyğunluğu qoyulur (bax. AƏ-nin əhəmiyyətinin qiymətləndirilməsi alqoritmi), alt əlamətlərin uyğunluq sayını  $i$ -ci əlamətin  $r_i$   $i=1,m$ , vasitəsilə, burada  $m$  – obyektin əlamətlərinin sayıdır işarə edək;

2. Hər bir əlamət üçün əhəmiyyətli AƏ hesablanır və ən böyük EG qiyməti olan AƏ təyin olunur  $\Pi_{V,i,\max}^*$ , burada  $\Pi_{V,i,\max}^* = \max[\Pi_{V,1,1}^*; \Pi_{V,2,2}^*; \dots; \Pi_{C,n,r_i}^*]$ ;  $i=1,n$ ;  $n$  – əlamətlərin sayı;  $r_i$  –  $i$ -ci əlamətin əhəmiyyətli alt əlamətlərinin sayı;
3.  $\Pi_{V,i,\max}^*$   $i=1,n$  içərisində ən böyük qiymətli EG təyin olunur  $\Pi_{V,i,\max}^* = \max[\Pi_{V,1,\max}^*; \Pi_{V,2,\max}^*; \dots; \Pi_{C,n,\max}^*]$ ;
4. Realizasiyaların seçimi,  $\Pi_{V,i,\max}^*$  uyğun olaraq çöxlü verilənlərin sonlu toplumu kimi təqdim olunur və hər əlamətin bütün uyğun alt əlamətləri üçün, müvafiq  $\Pi_{V,i,\max}^*$  başqa, ən böyük qiymətlər hesablanır. Bu seçimin təsnifatı o, vaxta qədər davam edir ki, çöxlü verilənlərin sonlu toplumu üzrə EG-nin qiymətləndirilməsi və  $\Pi_{V,i,\max}^*$  ilə olan seçim üzrə olan qiymətləndirmə ilə təsadüfi fərqlənməyəcəklər.

Hadisə başa çatdıqda cari çöxlü verilənlərin sonlu toplumu ÇV-nin ilkin sonlu toplumu sırasından çıxarılır, yekun toplum isə təhlil olunur. Процесс классификации продолжается до тех пор Тəsnifləndirmə prosesi o, vaxta qədər davam edir ki, EG-nin qiymətləndirilməsi ilə seçim  $\Pi_{V,\max}^*$  arasındakı fərq təsadüfi olsun.

**Dördüncü fəsil**də İES-in enerjibloklarının qazan qurğularının texniki-iqtisadi göstəricilərinin təhlili səmərəliliyinin artırılması məsələləri həll olunur.

Bunlara qazan qurğularının sıralanması, "zəif bağların müəyyən edilməsi", iş rejimlərinə nəzarət keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi, məcburi fasilələr zamanı davamlılığın keyfiyyəti və planlaşdırılmış təmir dövründə aşınmanın bərpası keyfiyyəti daxildir. Bu üsulların bilavasitə tətbiqindən əvvəl ilkin texniki-iqtisadi göstəricilərin transformasiyası aparılır. Bu transformasiya müstəqil göstəricilərin seçimini, onların diqqətinin əlaqələndirilməsini və standartlaşdırmanı əhatə edir. Texniki-iqtisadi göstəricilərin həyata keçirilməsinin sayı güc bloklarının sayına bərabər olduğundan korrelyasiya əmsalı təsadüfi xarakter daşıyır. Bu amilin korrelyasiya əmsalının kritik

dəyərlərini və əməliyyat məlumatlarına əsaslanan qiymətləndirməni müqayisə etməklə nəzərə alınması tövsiyə olunur. Korrelyasiya əmsalının qiymətləndirilməsi kritik qiymətdən artıq olarsa, asılılıq təsadüfi olmayan kimi qəbul edilə bilər. Təcrübədə istifadə olunan göstəricilərin normallaşdırılmasının bir sıra üsulları qeyd olunur. Eksperimental tədqiqatlar yalnız ölçmə miqyasındakı fərqi deyil, həm də ölçülmüş göstəricinin dəyərindəki yayılmasını nəzərə alan bir metodu müəyyən etməyə imkan verdi. İlk məlumatları dəyişdirərək, dördüncü fəslin sonunda üsulları, alqoritmləri və hesablama nümunələri verilmiş yuxarıda qeyd olunan problemlərin həllinə birbaşa davam etmək olar.

Bloklı İES-in qazan qurğularının təsnifatını və sıralanmasını, texniki-iqtisadi göstəricilərin qarşılıqlı əlaqələrini nəzərə alan ilkin verilənlər çevrilməsini, onların istiqamətini və normallaşdırılmasını təqdim edən üsul və alqoritmlər işlənilmişdir. Əgər interval və nominal miqyaslar üçün AƏ-nin sayı sabitdirsə kəmiyyət ölçü miqyasında təsnif üçün xüsusi yanaşmaların işlənilməsi tələb olunur. Bu nəticələrin aradan qaldırılması üçün verilənlərin məqsədəuyğun təsnif etmə üsulu işlənilmişdir ki, bu da göstərilən çatışmamazlıqları aradan qaldırır.

Tövsiyə edilən ilkin verilənlərin çevrilməsi alqoritmi aşağıdakı hesablamaların aparılmasını ardıcılığını nəzərdə tutur:

1. Vahid təsir istiqamətinin təmin edilməsi.
2. Qarşılıqlı əlaqəli əlamətlər üzrə verilənlərin təsnifatı məqsədəuyğun deyil, belə ki, bu informasiya itkisi və səhv həll riskinin artmasına aparır. Qarşılıqlı əlaqəli alt əlamətlərin birləşdirilməsi onların sayının xeyli azaldılmasına və fərqli ölçü miqyaslarının hesablamalara təsirinin asanlaşdırılmasına kəmiyyət miqyas ölçüsündə göstəricilərin normallaşdırılmasına (standartlaşdırılmasına) imkan verir. Bunun üçün kəmiyyət xarakteristikalarına təsadüfi kəmiyyətin toplumu kimi baxılır, onların bir sıra statistik parametrləri: orta hesabı qiymət  $M_{\Sigma}^*(\Pi_i)$ , minimal  $\Pi_{i,\min}$  və maksimal  $\Pi_{i,\max}$  qiymətlər, genişlənmə  $L_{\Sigma}^*(\Pi_i)$  və orta kvadratik aralanma  $\sigma_{\Sigma}^*(\Pi_i)$  bu düsturlar üzrə hesablanır:

$$M_{\Sigma}^*(\Pi_i) = n_{\Sigma}^{-1} \sum_{j=1}^{n_{\Sigma}} \Pi_{i,j}; \quad \Pi_{i,\min} = \min\{\Pi_i\}_{n_{\Sigma}}; \quad \Pi_{i,\max} = \max\{\Pi_i\}_{n_{\Sigma}};$$

$$L_{\Sigma}^*(\Pi_i) = (\Pi_{i,\max} - \Pi_{i,\min}); \quad \sigma_{\Sigma}^*(\Pi_i) = \sqrt{\frac{[\Pi_i - M_{\Sigma}^*(\Pi_i)]^2}{(n_{\Sigma} - 1)}}$$

Cədvəl 4.-də Buxar qazan qurğuları göstəricilərinin orta kəmiyyət qiymətləndirilməsi verilmişdir.

**Cədvəl 4.**

**300 MVt enerjibloklarının QQ-nın istismar göstəricilərinin kəmiyyət qiymətləndirilməsi**

N s/ s	İstismar göstəriciləri			Enerji bloklarının şərti nömrələri							
	Adlar	Şərti işarələ r	Ölçü vahidlər i	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Orta güc	H <sub>or</sub>	t/s	757	739	752	797	958	804	804	820
2	Bəslə. su. x.s.	B	t/s	780	758	769	815	973	814	820	832
3	İstiliyin "Brutto" "m.	Q <sub>b</sub>	g/s	2061	2019	2052	2161	2554	2178	2178	2215
4	RHQ. sonra h.t.	T <sub>h</sub>	°C	261	293	294	305	293	305	325	291
5	Çıxan qaz.t.	T <sub>ç.q.</sub>	°C	113	109	117	154	110	157	151	145
6	Hava artıq. ə.m.1	K <sub>h</sub>	n/v	1,94	1,16	1,17	1,16	1,11	1,15	1,15	1,18
7	Havanın trakta sov.	ΔS	%	43,3	41	43	42,6	39,5	41,3	42,8	44,5
8	Çıxan qaz. İst. İt.	Q <sub>ç.q.</sub>	%	6,51	6,36	6,84	8,68	6,32	8,81	8,72	8,45
9	"Brutto" "FİƏ"	Π <sub>b</sub>	%	91,5 5	90,9 5	91,2 1	87,8 8	92,3 4	89,4 5	90,2 9	88,2 2
10	EE-nin XS-a	E <sub>x.s.</sub>	%	2,58	2,56	2,39	2,34	2,11	2,45	2,18	2,17
11	İE-nin XS-a	Q <sub>x.s.</sub>	%	2,45	1,88	1,74	2,62	1,03	2,73	1,98	2,65
12	"Netto" "FİƏ"	Π <sub>n</sub>	%	83	84,5	85,1	83,7	86,1	83	83,6	83,8

Cədvəl 5.

QQ-1 TEİ -nin normallaşdırılmış qiymətlərinin hesablanmış nəticələri

N п/н	EB-nin QQ-nın şərti sıra sayları							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-0,2	-0,296	-0,237	-0,031	0,704	0,001	0,001	0,074
2	-0,187	-0,289	-0,238	-0,024	0,711	-0,028	-0,001	0,093
3	-0,218	-0,296	-0,233	-0,030	0,704	0,001	0,001	0,071
4	-0,545	-0,045	-0,029	-0,143	-0,045	0,143	0,455	-0,076
5	0,398	0,482	0,315	-0,456	0,461	-0,518	-0,393	-0,289
6	-0,828	0,111	0,099	0,111	0,172	0,123	0,123	0,087
7	-0,210	0,250	-0,150	-0,070	0,550	0,190	-0,110	-0,450
8	0,432	0,492	0,300	-0,439	0,509	-0,491	-0,455	-0,347
9	0,295	0,160	0,218	-0,528	0,472	-0,176	0,012	-0,452
10	-0,492	-0,449	-0,088	-0,019	0,508	-0,237	0,359	0,380
11	-0,185	0,150	0,232	-0,285	0,650	-0,350	0,155	-0,303
12	-0,355	0,129	0,323	-0,129	0,645	-0,355	-0,161	-0,097
	<b>-0,176</b>	<b>0,033</b>	<b>0,043</b>	<b>-0,143</b>	<b>0,503</b>	<b>-0,142</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,109</b>

Cədvəl 4-də verilmiş ilkin verilənlər əsasında QQ-nın normallaşdırılmış texniki-iqtisadi göstəricilərinin qiymətləri nəticələri cədvəl 5- də verilmişdir.

QQ-nın asılı olmayan texniki-iqtisadi göstəriciləri üçün sıralama (ranjирование) aparılmışdır. Asılı olmayan göstəriciləri aşkar etmək üçün QQ-nın bütün  $m_{\Sigma}$  göstəriciləri üzrə müvafiq olaraq, yuxarıda verilmiş üsulla  $m_{\Sigma}=12$  bir-birindən asılı olmayan göstəricilər cədvəl 5-in verilənləri üzrə sıralama aparılır.

QQ-nın sıralanması, bütün asılı olmayan göstəricilər üzrə toplum və seçimlərin sıralanması nəticələri QQ-nın ən “yaxşı” və ən “pis” sıra sayını dəyişmir və ümumi sıralamanı xeyli konkretləşdirir.

Yeni, işin etibarlılığı və səmərəliliyinin idarə edilməsi üsul və alqoritmi işlənmişdir. Üsulun mahiyəti “zəif halqaların” təyin edilməsi və tövsiyələrin formalaşdırılmasından ibarətdir. QQ-nın planlı təmirinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi (şək.13), QQ-nın saxlanması keyfiyyəti və aşınmasının bərpasının qiymətləndirilməsi (şək.12), QQ-nın işinin effektivliyinin artırılmasının əsas istiqamətlərinin formalaşdırılması (şək.10) və QQ-nın iş rejimlərinin

idarə edilməsi keyfiyyəti (şək. 11) – üsul və alqoritmləri işlənmişdir. Hesablamaların nəticələri, təmirin, sınağın və texniki xidmətin təşkili zamanı, heyəti informasiya dəstəyilə təmin etməkdir .

№. КУ	Технико – экономические показатели			
	Наименование	Относит. отклонен.	Фактичес. значения	Рекоменд. значения
6	- Коэффициент избытка воздуха	-1.109	1.27	1.17
6	- Температура питательной воды	- .514	236.70	238.11
6	- КПД "Брутто"	- .410	91.12	91.17
6	- Доля ТЭ на С.Н.	- .345	1.55	1.51
6	- КПД "Нетто"	- .221	84.74	84.86
6	- Температура воздуха после РВП	- .189	282.40	283.10
6	- Температура уходящих газов	- .127	113.90	112.67
7	- КПД "Брутто"	-1.280	91.02	91.17
7	- Доля ТЭ на С.Н.	-1.179	1.65	1.51
7	- Температура питательной воды	- .369	237.10	238.11
7	- КПД "Нетто"	- .363	84.67	84.86
7	- КПД "Нетто"	- .363	84.67	84.86
7	- Температура воздуха после РВП	- .514	282.60	283.10
5	- Температура питательной воды	-1.169	234.90	238.11
5	- Температура уходящих газов	-1.147	123.80	112.67
5	- КПД "Нетто"	- .263	84.72	84.86
5	- Доля ТЭ на С.Н.	- .262	1.54	1.51
5	- Доля ЭЭ на С.Н.	- .230	2.42	2.34
3	- Присос воздуха на тракте	-1.042	43.20	38.46
3	- Доля ЭЭ на С.Н.	-1.006	2.68	2.34
3	- КПД "Нетто"	- .931	84.37	84.86
3	- Температура воздуха после РВП	- .297	282.00	283.10
3	- Температура воздуха после РВП	- .297	282.00	283.10
4	- Температура воздуха после РВП	- .784	280.20	283.10
4	- Присос воздуха на тракте	- .757	41.90	38.46
4	- Коэффициент избытка воздуха	- .514	1.22	1.17
2	- Температура уходящих газов	- .281	115.40	112.67
2	- Доля ТЭ на С.Н.	- .179	1.53	1.51
8	- Коэффициент избытка воздуха	- .668	1.23	1.17
8	- Температура воздуха после РВП	- .595	280.90	283.10

2. Коэффициенты значимости технического состояния (ТС) КУ равны:

п/н КУ	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффиц. знач. ТС		.292	- .129	.181	- .138	- .295	- .252	.341

3. К группе "плохих" относятся 6,7,5,3, КУ. Рекомендуется снижение их нагрузки обратно пропорционально относительных величин коэффициентов значимости ТС;

4. Наименее эффективной из действующих КУ следует считать 6 КУ. Эта КУ рекомендуется к отключению на плановый ремонт, а предварительно – в резерв или к максимально возможному снижению нагрузки;

5. К группе "хороших" относятся , ,8,2,4 КУ. Допускается повышение их нагрузки пропорционально относительным величинам коэффициентов значимости ТС;

6. Наиболее эффективной является 8 КУ. Целесообразна ее работа с номинальной производительностью;

7. Основными причинами снижения эффективности КУ ЭС является несоответствие предъявляемым требованиям показателей:

- Доля ТЭ на С.Н.
- Температура воздуха после РВП

Şəkil 10. QQ-nın işinin effektivliyinin artırılmasının əsas istiqamətlərinin formalaşdırılması nəticələrinin fraqmenti.

1. Оценка качества

№ КУ	Качество управления	Количественная оценка
1	Удовлетворительное	2.70
2	Удовлетворительное	3.11
3	Удовлетворительное	2.89
4	Неудовлетворительное	2.11
5	Хорошее	3.89
6	Неудовлетворительное	2.22
7	Неудовлетворительное	2.11
8	Удовлетворительное	2.56

2. Последовательность порядковых номеров КУ ранжированных по снижению качества управления имеет вид: 5,2,3,1,8,6,7,4 и не совпадает с последовательностью номеров КУ, ранжированных по ухудшению технического состояния 8,7,6,5,4,3,2,1.

3. Наиболее высокое качество управления достигнуто персоналом на 5,2 КУ.

4. Наихудшее качество управления на 4,7 КУ.

5. Изменение технико-экономических показателей КУ ЭС

Наименование показателя	Число КУ, показатели которых	
	улучшились	ухудшились
Удельная нагрузка	3	5
Температура воздуха после РВП	6	2
Температура уходящих газов	7	1
Коэффициент избытка воздуха	8	0
Присос воздуха на тракте	2	6
КПД "Брутто"	5	3
Удельный расход ЭЭ на С.Н.	6	2
Удельный расход тепла на С.Н.	5	3
КПД "Нетто"	2	6

6. Технико-экономические показатели КУ, количественные оценки которых ухудшились по сравнению с предшествовавшим периодом

Номер КУ	Наименование показателя	Количественная оценка показателя за периоды	
		предшествовавший	текущий
4	Присос воздуха на тракте	42.6	51.3
4	Удельный расход ЭЭ на С.Н.	2.34	2.52
4	Удельный расход тепла на С.Н.	2.62	2.75
4	КПД "Нетто"	83.7	82.3
7	Температура воздуха после РВП	325	282
7	Присос воздуха на тракте	42.8	49.5
7	КПД "Брутто"	90.29	89.77
7	Удельный расход тепла на С.Н.	1.98	2.74
7	КПД "Нетто"	83.6	83

Şəkil 11. Фрагмент QQ-nın iş rejimlərinin idarə edilməsi keyfiyyəti nəticələrinin fraqmenti



№ п/л/п	Технико-экономические показатели				Оценка защиты от воздействия окружающей среды
	Наименование	Количественная оценка			
		До простоя		После простоя	
		КУ	Сред. ТЭС		
1	Удельная нагрузка	34	34.75	33.5	Неудовлетворител
2	Температура воздуха после РВП	261	295.88	280	Удовлетворительн
3	Температура уходящих газов	113	132.13	111	Хорошее
4	Коэффициент избытка воздуха	1.94	1.25	1.13	Хорошее
5	Присос воздуха на тракте	43.3	42.25	43.3	Удовлетворительн
6	КПД "Брутто"	91.55	90.36	89.16	Неудовлетворител
7	Удельный расход ЭЭ на С.Н.	2.58	2.35	4.05	Неудовлетворител
8	Удельный расход тепла на С.Н.	2.45	2.14	1.57	Удовлетворительн
9	КПД "Нетто"	83	84.1	76.3	Неудовлетворител

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** По данным таблицы 3Ф-КУ следует, что:  
за рассматриваемый период:  
\* сохраняемость 1 КУ не удовлетворяет предъявляемым требованиям.  
\* показатели изменились следующим образом:  
– ухудшили свое значение 4 показателей;  
– улучшили свое значение 5 показателей.  
Рекомендуется обратить внимание на совершенствование сохраняемости следующих показателей:  
\* Удельная нагрузка  
\* КПД "Брутто"  
\* Удельный расход ЭЭ на С.Н.  
\* КПД "Нетто"

Şəkil 12. QQ-nın saxlanılması keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi nəticələrinin fraqmenti

№ п/л/п	Технико-экономические показатели				Оценка качества ремонта	
	Наименование	Количественная оценка				
		До ремонта		После ремонта		Отклонение
		КУ	Сред. ТЭС			
1	Удельная нагрузка	33.5	34.58	34.5	1	Удовлетворит
2	Температура воздуха после	280	293.63	277	-3	Неудовлетвор
3	Температура уходящих газо	111	131.88	108	3	Показательно
4	Коэффициент избытка возду	1.13	1.19	1.16	-0.03	Удовлетворит
5	Присос воздуха на тракте	43.3	46.86	45	-1.7	Удовлетворит
6	КПД "Брутто"	89.16	90.2	91.89	2.73	Хорошее
7	Удельный расход ЭЭ на С.Н	4.05	2.51	2.38	1.67	Хорошее
8	Удельный расход тепла на	1.57	2.08	1.28	.29	Хорошее
9	КПД "Нетто"	76.3	82.74	84.5	8.2	Хорошее

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** По данным таблицы 4Ф-КУ следует, что:  
\* Качество планового ремонта 1 КУ не удовлетворяет предъявляемым требованиям;  
\* Технико-экономические показатели изменились следующим образом:  
\*\* улучшили свое значение 8 показателей  
\*\* ухудшили свое значение 1 показателя  
Рекомендуется при возможности улучшить следующие показатели:  
\* Температура воздуха после РВП

Şəkil 13. QQ-nin planlı təmirinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi nəticələrinin fraqmenti.

Dissertasiya işinin beşinci fəslində İES-in enerji bloklarının texniki-iqtisadi göstəricilərinin təhlilinin effektivliyinin artırılması üzrə tövsiyələr, enerji bloklarının istilik səmərəliliyi ehtiyatlarının inkişafına gətirib çıxarır, işin dördüncü fəsilində tanış olduğumuz və mahiyyət etibarını ilə ilkin verilənlərin dəyişməsi, daha dəqiq texniki-iqtisadi göstəricilərin siyahısının dəyişməsindən ibarət olan enerji bloklarının sıralanması alqoritminin işlənməsi göstərilir. İES-in enerji blokları arasında yükün paylanması nın hesablanması

məsələləri, yeni alqoritm və üsul işlənilmişdir. Enerji blokların texniki vəziyyətinin nəzərə alınması ilə yükün paylanması üstünlüyü göstərilmişdir.

Ənənəvi olaraq, istilik səmərəliliyinin ehtiyatları "zəif bağların etibarlılığını artırmaq", enerji blokunun rejimlərinə nəzarət keyfiyyətini artırmaqla mənimsənilir. T-EP təhlili faktiki və nominal göstəricilərin müqayisəsi yolu ilə həyata keçirilir. Nominal göstəricilər dedikdə, faktiki olaraq əldə edilə bilən "faktiki yüklərdə və xarici şəraitdə avadanlığın istismarının iqtisadi səmərəliliyini, elektrik stansiyalarının və şəbəkələrinin istismarı üçün mövcud qaydaların tələblərinə cavab verən avadanlığın vəziyyətini və istismar səviyyəsini əks etdirən göstəricilər başa düşülür."

Bu hesablamaların operativ heyətə vaxtında çatdırılması avadanlıq üzərində nəzarət tədbirləri barədə qərar qəbul etməyə imkan verir.

Güc aqreqlarının etibarlılığı və səmərəliliyinin operativ təhlilinin yüksək texniki səviyyəsi məqsədə çatmağa ümid etməyə imkan verir. Lakin təəssüf ki, enerji bloklarının qurğularına texniki qulluq və köhnəlmənin bərpası keyfiyyəti tələblərə cavab vermir.

Texniki ədəbiyyatda "insan amili"nin artan təsiri dəfələrlə qeyd olunur. Bu təsir isə qəzalarda və elektrik stansiyalarının avadanlığının zədələnməsində şəxsi heyətin, xüsusən də qazan və turbin sexi işçilərinin günahının payının artmasında, onların işinin etibarlılığının və səmərəliliyinin azalmasında özünü göstərir. T-EP-nin əlavə təhlilinə tövsiyə olunan yanaşma, əməliyyat işçilərinə "zəif əlaqələr", idarəetmə keyfiyyəti, enerji blokunun və onun qurğularının elektrik stansiyalarının digər oxşar enerji bloklarına nisbətən davamlılığı və təmiri haqqında məlumat verir. Güc bloklarının istismarının etibarlılığı və səmərəliliyi baxımından sıralanması digər enerji bloklarının təcrübəsini nəzərə almağa, işlərinin keyfiyyətini digər enerji bloklarının işçi heyətinin işi ilə müqayisə etməyə, yalnız bəzi hesablanmış dəyərlərə diqqət yetirməyə imkan verir. T-EP-nin, həm də digər enerji bloklarının işçi heyətinin əldə etdiyi faktiki uğurlar haqqında. Bu, texniki xidmət və təmirin təşkili prosesinə rəqabət elementlərini və enerji blokunun T-EP-ni yaxşılaşdırmaq üçün maddi həvəsləndirmələri təqdim edir.

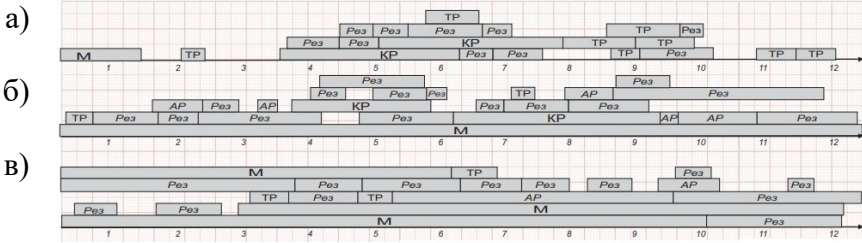
Göstərilir ki, təhlil zamanı güc aqreqlarının yalnız texniki-iqtisadi göstəricilərindən istifadə edilməsi səhv sıralanmaya gətirib çıxarır. Enerji blokunun əsas avadanlığının texniki vəziyyətini və işinin səmərəliliyini nəzərə almaq lazımdır.

Həm hər bir enerji blokunun, həm də İES-in bütün enerji bloklarının etibarlılığını və səmərəliliyini xarakterizə etməyə imkan verən üsullar və alqoritmlər hazırlanmışdır. Bu, həm yerli, həm də zavod miqyasında "zəif əlaqələri" müəyyən etməyə imkan verir. Onların vaxtında aradan qaldırılması istilik səmərəliliyinin əsas ehtiyatıdır. Göstərilir ki, güc blokları arasında yük paylanması intuitiv xarakteri standart yanacaqın həddindən artıq çox olmasına səbəb olur.

Təkcə səmərəliliyi deyil, həm də işin etibarlılığını nəzərə alaraq, enerji blokları arasında yükün bölüşdürülməsinin yeni üsulu hazırlanmışdır. Metodun effektivliyi təxmin edilən xidmət müddəti bitən və ya ondan artıq olan enerji blokları üçün özünü göstərir. Bu şəraitdə güc bloklarının modernləşdirilməsi zamanı götürülmüş enerji xüsusiyyətləri artıq real nümunələrə uyğun gəlmir. Bu fəslin sonunda TPP enerji bloklarının işinin etibarlılığını və səmərəliliyini artırmaq üçün tövsiyələrin avtomatlaşdırılmış yaradılması alqoritmi verilmişdir.

Tövsiyələr metodiki dəstəyin "istehlakçıları" arasında - İES-in baş mühəndisindən tutmuş qazan və turbin qurğularının operatorlarına qədər bölüşdürülür.

Göstərilmişdir ki, tövsiyələrin obyektivliyini və nəzarətin effektivliyinin artırılması (heyətin metodiki dəstəklənməsi) enerji bloklarının işləmədiyi vəziyyətlərin tam xüsusiyyətlərinin nəzərə alınması sayəsində əldə edilə bilər şək. 14.



**Şəkil 14.** İES-in enerji bloklarının bir il ərzində vəziyyətlərinin dəyişməsi dinamikası.

Hesablamalar üçün ilkin verilənlər bunlardırlar:  $n_{\Sigma}$  - eyni tipli EB-in ümumi sayı;  $n_6$  – işlək vəziyyətdə olan EB-in sayı,  $n_6 \leq n_{\Sigma}$ ;  $P_{\min, \text{доп}}$  – EB-nin minimal mümkün yükü;  $P_{\text{НОМ}}$  – EB-nin nominal gücü;  $B$  – EB-nin işinin etibarlıq və sərfəliliyinin inteqral göstəricisi;  $P_{\text{ср}} = P_{\Sigma} / n_6$  – bir EB-a düşən orta yük, burada  $P_{\Sigma}$  - İES-in yüküdür;

EB-in  $n_6$  arasında yükün paylanması nın hesablanması aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1. İES-in  $i$  -ci EB-nin əhəmiyyətlik əmsalının nisbi qiyməti təyin olunur və bu düsturla hesablanır:  $b_i = \frac{B_i}{B_{\Sigma}}$

$$b_i = \frac{B_i}{B_{\Sigma}}$$

burada  $i=1, n_6$ ;  $B_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n_6^+} B_i^+ = \left| \sum_{j=1}^{n_6^-} B_j^- \right|$ ;  $B^+$  və  $B^-$  - müvafiq olaraq,  $B_i$ -nin

müsbət (+) və mənfi (-) qiymətləridirlər;  $n_6^+$  və  $n_6^-$  - EB-in  $B^+$  və  $B^-$  ilə işlək vəziyyətdə müvafiq saylarıdır.

2.  $b_i$  inteqral göstəricinin realizasiyaları minimal ( $b_{\min}$ ) və maksimal ( $b_{\max}$ ) qiymətləri aşağıdakı düsturlarla təyin olunur:

$$b_{\min} = \min (b_1, b_2, \dots, b_{n_6})$$

$$b_{\max} = \max (b_1, b_2, \dots, b_{n_6})$$

Yəqindir ki,  $b_{\min} < 0$ ,  $b_{\max} > 0$ ;

3. EB-in orta yükünün aşağıdakı düsturlarla mümkün aşağısalınma intervalı ( $\Delta P^-$ ) ilə artırılma intervalı isə ( $\Delta P^+$ ) təyin olunurlar:

$$\Delta P^- = P_{\text{ср}} - P_{\min, \text{доп}}$$

$$\Delta P^+ = P_{\text{НОМ}} - P_{\text{ср}}$$

4. Əgər  $\Delta P^- \leq \Delta P^+$ , onda EB-nin  $n_6$  arasında yük paylanması onların etibarlıq və sərfəliliyini nəzərə almaqla hesablanması aşağıdakı düsturla aparılır:

$$P_i = P_{CP} + \Delta P^- \cdot b_i$$

5. Əgər  $\Delta P^- > \Delta P^+$ , onda bu düsturla hesablanır:

$$P_i = P_{CP} + \Delta P^+ \cdot b_i$$

Cədvəl 6.- da  $P_{cp}$ -nin bir sıra qiymətləri üçün İES-in EB-1 arasında yükün paylanmasının hesablanması nəticələri göstərilir.

**Cədvəl 6.**

$P_{cp}$ -nin bir sıra qiymətləri üçün İES-in EB-1 arasında yükün paylanmasının hesablanması nəticələri

Yüklər $P_{cp}, \text{MBT}$	Enerji bloklarının şərti sıra sayları							
	1	2	3	4	5	6	7	8
110	115	96,5	103,5	114,9	-	111,3	112,6	116,2
130	140	103	117	139,9	-	132,6	135,2	142,4
150	164,9	109,5	130,5	164,8	-	153,9	157,8	168,6
170	189,9	116	144	189,7	-	175,2	180,4	194,8
190	214,9	122,5	157,5	214,7	-	196,4	203	220,9
210	232,4	149,2	180,8	232,2	-	215,8	221,7	237,9
230	247,4	182,7	207,3	247,3	-	234,5	239,1	251,7
250	262,4	216,2	233,8	262,3	-	253,2	256,5	265,5

EB-1 arasında yüklərin paylanmasının hesablanması təcrübəsi göstərir ki, daha böyük effekt aşağıdakı tənliklərdən istifadə etdikdə alınır:

$$P_i = P_{cp} - \Delta P^- \frac{b_i}{b_{\min}} = P_{cp} - (P_{cp} - P_{\min, \text{доп}}) \frac{b_i}{b_{\min}}$$

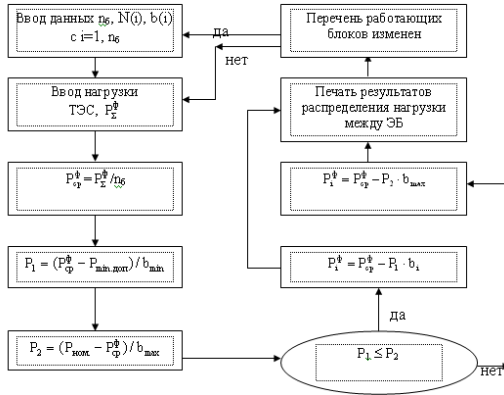
$$P_i = P_{cp} + \Delta P^+ \frac{b_i}{b_{\max}} = P_{cp} + (P_{\text{ном}} - P_{cp}) \frac{b_i}{b_{\max}}$$

burada  $i=1, n_6$

Burada əsas mərhələ (B) inteqral göstəricisinin nisbi qiymətinin, hər bir EB-nin etibarlılığını və səmərəliliyini xarakterizə etməsidir.  $B_i, i=1, n_{\Sigma}$  hesablanması üçün EB-nin texniki-iqtisadi göstəricilərinin

axırcı ölçmələri və hesablamalarıdır. Bu informasiyanı hazırlayan xüsusi proqram işlənmişdir.

Şək.15. – də EB-nın yüklərinin onların etibarlılığını və sərfəliliyini nəzərə almaqla təyin edilməsi algoritmi göstərilmişdir.

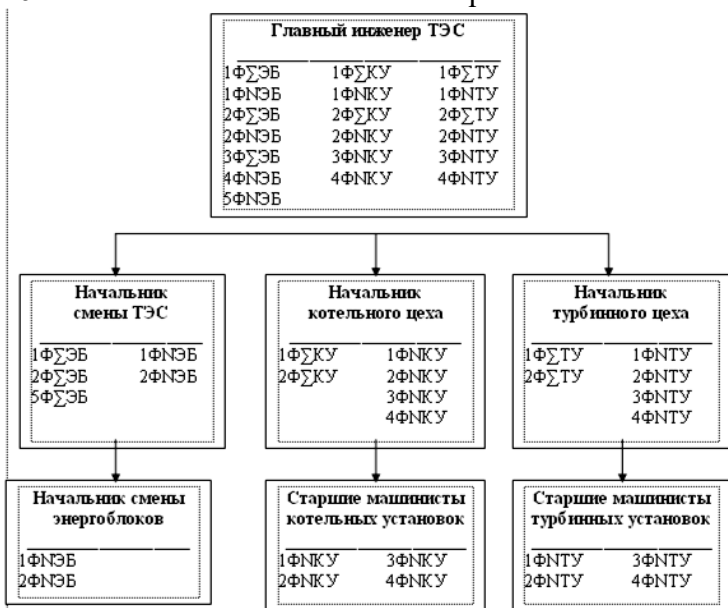


Şəkil 15. İES-in EB-ı arasında yüklərin paylanmasının hesablanması alqoritminin blok sxemi

İES-in enerji bloklarının etibarlıq və sərfəliliyinin artırılması üçün heyətin informasiya dəstəyi ilə təmin olunması üzrə avtomatlaşdırılmış sistem işlənmişdir. Bu avtomatlaşdırılmış sistem energetik avadanlıqların enerji xarakteristikalarının təyin edilməsi ilə bağlı bütün çətinlikləri aradan götürür. İES-in enerji blokları arasında yükün paylanması üzrə bütün hesablamalar enerji blokların texniki vəziyyətinə nəzarət və onun təhlili avtomatlaşdırılmış sistemi çərçivəsində yerinə yetirilir. Şək.16. -da İES-in enerji bloklarının texniki-iqtisadi göstəricilərin təyin olunmasını aydınlaşdıran tövsiyə üzrə təhlilinin blok sxemi, şək.17. – də isə enerji bloklarının TİG-nin təhlili verilənlərinin paylanması və baxılması strukturu verilmişdirlər



Şəkil 16. İES-in EB-nin TİG-nin təhlili alqoritminin blok sxemi.



Şəkil 17. Enerji bloklarının və onların energetik avadanlıqlarının TİG-nin təhlili verilənlərinin paylanması və baxılması strukturu.

Müəllif dissertasiya işinə olan daimi diqqətinə görə tex.e.d., professor Elmar Mehti oğlu Fərhadzadəyə öz minnətdarlığını bildirir.

## İŞİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ VƏ XÜLASƏSİ

Əsas elmi və praktik nəticələr aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Elektro-energetik avadanlıqların və qurğuların etibarlıq göstəricilərinin və xarakteristikalarının istismar hesablamalarının dəqiqliyinin artırılmasının dəyişilməz şərti, aşınmanın bərpası və texniki xidmətin təşkilində istismar məsələlərinin həllinin səhv qərar riskinin azaldılmasıdır. Bu məqsədlə işlənmiş hesablama üsulları, alqoritmləri və proqramları heyətə yalnız lazımı informasiya dəstəyi verməklə kifayətlənmir və, həm də tövsiyələr şəklində metodiki dəstəyi təmin edir.
2. Hesablamaların dəqiqliyinin artırılması imitasiya modelləşdirilməsi, statistik fərziyələrin yoxlanılması riyazi aparatı və fidusial intervalı əsasında işlənmiş yeni üsullar və statistik istismar verilənlərinin çoxölçülü xarakterinin nəzərə alınması ilə əldə edilmişdir.
3. Özündə qeyri-işçi vəziyyət haqqında olan məlumatları və texniki-iqtisadi göstəriciləri birləşdirən statistik verilənlərin çoxölçülü xarakteri onların alt əlamətlər üzrə təsnifatını zəruri edir. Texniki iqtisadi göstəricilər və ölçmələrin nəticələri üzrə enerji blokların QQ-nın təmiri və texniki xidmət sisteminin təkmilləşdirilməsinə imkan verən üsul, alqoritm və proqramlar işlənmişdir:
  - QQ-nın işinin etibarlılıq və sərfəliliyi üzrə onun sıralanmasını aparmaq;
  - enerji bloklarının eyni tipli QQ-nın toplumunun və hər bir QQ-nın “zəif halqalar”ını aşkar etmək;
  - QQ-nın iş rejimlərinin operativ idarə edilməsi nəticələrini qiymətləndirmək;
  - QQ-nın boş dayanmalar zamanı texniki vəziyyətinin saxlanılmasını hesablamaq;
  - QQ-nın planlı təmirinin keyfiyyətini qiymətləndirmək.
4. İES-in enerji bloklarının texniki iqtisadi göstəricilərinin sintezi üsul, alqoritm və proqramlarının işlənilməsi aşağıdakıların alınmasına imkan verir:



- eyni tipli enerji blokların toplusunun və hər birinin işinin etibarlılığının və sərfəliliyinin artırılmasının əsas istiqamətləri üzrə tövsiyələr və “zəif halqalar” haqqında məlumatlar;
  - operativ heyət tərəfindən enerji blokun iş rejiminin idarə edilməsi keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi.
5. Zamana görə texniki-iqtisadi göstəricilərin dəyişməsi qanunauyğunluğu haqqında məlumatların cəlb edilməsi ilə istismar məsələlərinin həllinin dürüslüyü artır. Göstərilmişdir ki, texniki-iqtisadi göstəricilərin normallaşdırılmış qiymətlərinin dəyişmə asılılığı daha informativdir, nəinki, onların mütləq qiymətlərinin asılılığı.
  6. Enerji bloklarının sıralanması nəticələri göstərir ki:
    - 6.1 Ən “pis” enerji blok üçün minimal yük, 77,8% hallarda müşahidə olunur (inteqral göstəricisi maksimal qiymətli enerjiblok), ən “yaxşı” enerjiblok üçün isə maksimal yük (inteqral göstəricisi minimal qiymətli enerjiblok) – 36% hallarda müşahidə olunur;
    - 6.2 Bəzi enerjibloklarının xeyli istilik səmərəliliyi ehtiyatları var ki, bunun hesabına şərti yanacaq sərfiyyatının texniki xidmətin çatışmamazlıqlarını aradan qaldırmaqla aşağı salınmasına imkan verir.
  7. Göstərilmişdir ki, İES-in enerji bloklarının sıralanması zamanı işin sərfəlilik və etibarlılıq göstəricilərinin inteqral göstəriciləri enerjiblokun və həm də onun qazan və turbin qurğularının asılı olmayan texniki-iqtisadi göstəricilərinin xüsusiyyətlərini özündə əks etdirməlidir.
  8. İES-in enerjiblokları arasında yüklərin paylanması yeni üsulu işlənmişdir ki, o, hər enerjiblokun yalnız texniki vəziyyətini və sərfəliliyini deyil həm də işləyən enerjiblokların say tərkibinin dinamikasını nəzərə alır. Yükün tövsiyə edilən üsulla paylanması iqtisadi effekti yanacaq sərfiyyatının təxminən 0,2÷0,3% - qədərdir. Üsul enerjiblokların energetik xarakteristikaları onların istismar parametrlərinə uyğun gəlmədiyə halda tətbiq olunması tövsiyə olunur.

## **DİSSERTASIYANIN MÖVZUSU ÜZRƏ ƏSAS NƏŞRLƏR** **Ölkə və xarici İndeksli elmi jurnallarda çap olunmuş məqalələr**

1. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Повышение точности оценки и достоверности сравнения показателей индивидуальной надежности энергоблоков ГРЭС // Москва, Электричество, №9, 2008, с.10-17.
2. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Исмаилова С.М. Метод и алгоритм сравнения показателей надежности объектов электроэнергетических систем // Москва, Электричество, №12, 2008, с.62-67.
3. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Метод и алгоритм контроля значимости наблюдаемых закономерностей изменение надежности по ретроспективным данным // Энергосистема: управление, конкуренция, образование: Сборник докладов III международной научно-практической конференции, Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, том 2, с.252-261.
4. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Исмаилова С.М. Метод повышение точности оценки надежности узлов оборудование электроэнергетических систем // Киев «Электронное моделирование», 2009, Том 31, №2, с.81-93.
5. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Назирова У.К. Проверка статистических гипотез при оценивании удельного числа отказов оборудования во времени // Киев, Электронное моделирование, №4, 2009, с.41-55.
6. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Метод и алгоритм распознавание функциональных характеристик показателей надежности оборудования ЭЭС // Москва, Электричество, №7, 2009, с.7-13.
7. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. Criterion of the supervision accuracy of indexes reliability of power-

- generating units a state district power station // Journal: «Reliability: Theory&applications», R&RATA (Vol.2 No.), 2009, March., USA, pp. 7-15
8. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Метод и алгоритм сравнение эмпирических характеристик относительной длительности нерабочих состояний оборудования энергосистем // Москва, Электричество, №6, 2010, с.10-15.
  9. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. Control the importance observable laws of change reliability over operation // Journal: «Reliability: Theory&applications». R&RATA, Vol.2 No. 2010, June, USA, pp.20-27
  10. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. Quantitative estimation of individual reliability of the equipment and devices of the power supply system // Journal: «Reliability: Theory&applications», R&RATA (Vol.7 No.4(27)), 2012, December, USA, pp.53-62.
  11. Фархадзаде, Э.М., Мурадалиев, А.З., Фарзалиев, Ю.З. Методические вопросы оценки показателей индивидуальной надежности оборудования и устройств энергосистемы // Международный научный семинар им. Ю.Н. Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», - Баку: - 2013. - с.476-484.
  12. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Сопоставление методов моделирования непрерывных случайных величин по эмпирическим распределениям // Баку, Проблемы Энергетики, №1, 2013, с.25-31.
  13. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z., Decrease in risk erroneous classification the multivariate statistical data describing the technical condition of the equipment of power supply systems // Azerbaijan National Academy of Sciences, Department of Physical, Mathematical and Technical Sciences, Institute of Physics №1, 2013, pp. 50-57.
  14. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z. Decrease in risk erroneous classification the multivariate statistical data describing the technical condition of the equipment of power

- supply system // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.8 No.2(29), 2013, March, USA, pp.55-64.
15. Фарзалиев Ю.З. Особенности классификации статистических данных о надежности электрооборудования энергосистем // Баку, Проблемы Энергетики, №3, 2013 с. 29-34.
  16. Фарзалиев Ю.З. Особенности классификации статистических данных о длительности состояний оборудования электроэнергетических систем // Баку, Проблемы Энергетики, №4, 2013, с.36-42.
  17. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z. Comparison methods of modeling continuous random variables on empirical distributions // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.8 No.2(29)) 2013, June, USA, pp. 49-54.
  18. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z. Principles of classification statistical data about reliability of the electric equipment of power supply systems // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.8 No.3(30), 2013, September, USA, pp.56-74
  19. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Количественная оценка индивидуальной надежности оборудования и устройств энергосистемы // Киев, Электронное моделирование, № 2, 2013, с.67-80.
  20. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К., Исмаилова С.М. Особенности классификации многомерных статистических данных при расчете показателей индивидуальной надежности оборудования и устройств электроустановок // Аз.НИИПИЭ, «Elmi Əsərlər Toplusu», Баку, 2014, стр. 88-107.
  21. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z. Comparison parameters average and individual reliability equipment of electro power systems // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.9 No.1(32), 2014, March, USA, pp.73-80
  22. Farhadzadeh E.M., Farzaliyev Y.Z., Muradaliyev A.Z. Method and algorithm of the choice optimum number attributes describing

- reliability of the equipment of electro installations // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.9 No.2(33), 2014, June, USA, pp.21-26.
23. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Эффективность критериев целесообразности классификации статистических данных об отказе электрооборудования // Москва, Электричество, №3, 2014, с.19-25.
  24. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Ранжирование энергоблоков электростанций по надежности и экономичности их работы // Баку, Проблемы Энергетики, №2, 2014, с.8-16.
  25. Farzaliyev Y.Z. Comparison of ways of normalization at classification of initial data // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.9 No.2(33), 2014, September, USA, pp.50-56.
  26. Farzaliyev Y.Z. Method and algorithm of ranging of reliability objects of the power supply system // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.10 No.1(36), 2015, March, USA, pp.78-83
  27. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. To the question on distribution of loading between power units TES // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.10 No.2(37), 2015, June, USA, pp. 42-49.
  28. Fərzəliyev Y.Z. Bloklu elektrik stansiyalarının texniki-iqtisadi göstəricilərinin təhlili üsullarının təkmilləşdirilməsi // Баку, Проблемы Энергетики, №2, 2015, с. 3-9.
  29. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Исмаилова С.М., Абдуллаева С.А. Совершенствование методов анализа технико-экономических показателей блочных электростанций // Международный научный семинар им. Ю.Н.Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», Минск, 2015, с.376-382.
  30. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К. Повышение надежности и экономичности котельных установок блочных электростанций // Международный

научный семинар им. Ю.Н.Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», Минск, 2015, с.404-410.

31. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Рустамова А.А. Повышение эффективности работы котельных установок ТЭС // Международная научная конференция «Современные научно-технические и прикладные проблемы энергетики», Сумгаит, 2015, с.257-261.
32. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Оценка целесообразности классификации многомерных данных по заданному признаку // Киев, Электронное моделирование, №2, 2015, с.77-85.
33. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Особенности расчета показателей индивидуальной надежности оборудования и устройств электроустановок // Киев, Электронное моделирование, Т. 37, №4, 2015, с.85-96.
34. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. О распределении выборки непрерывной случайной величины // Киев, Электронное моделирование, №6, 2015, стр. 69-81
35. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Сравнение показателей усредненной и индивидуальной надежности оборудования электроэнергетических систем // Москва, Электричество, №12, 2015, с. 31-37.
36. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. Transition from qualitative to the quantitative approach of formation of decisions on increase of reliability of objects of electro power systems // Journal: «Reliability: Theory&applications», RT&A (Vol.10 No.4(39), 2015, December, USA, pp. 40-52.
37. Fərhadzadə E.M., Muradəliyev A.Z., Fərzəliyev Y.Z. İES-in enerjı blokları arasında yükün paylanması // Баку, Проблемы Энергетики, №3, 2015, с. 12-18.
38. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Классификация объектов энергосистемы по надежности и экономичности их работы // Москва, Энергетик, №8, 2015, с. 27-29.

39. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Оценка качества восстановления износа энергоблоков ТЭС // Минск, Энергетика, №1, 2016, с.14-24.
40. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Автоматизированное формирование рекомендаций для повышения надежности и экономичности энергоблоков ТЭС // Москва, Энергетик, №2, 2016, с.15-17.
41. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Совершенствование методов повышения надежности объектов электроэнергетических систем // Москва, Электричество, №8, 2016, с. 18-28.
42. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Оценка точности показателей надежности оборудования электроэнергетических систем по ограниченным статистическим данным // Москва, Электричество, №12, 2016, с. 4-13.
43. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Метод повышения точности количественной оценки относительной длительности состояний объектов ЭЭС // Киев, Электронное моделирование, Том 38, №3, 2016, с. 75-85.
44. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Исмаилова С.М. Методы и алгоритмы сравнения и ранжирования надежности и экономичности работы объектов электроэнергетических систем // Москва, Электричество, №8, 2017, с. 4-13.
45. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К., Абдуллаева С.А. Достоверность ранжирования объектов ЭЭС // Электрооборудование: Эксплуатация и ремонт, №5-6, 2017, с. 53-62.
46. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. К вопросу о распределении нагрузки между энергоблоками ТЭС // Москва, НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», №7, 2017, с. 3-6.
47. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К. Сравнительный анализ методов расчета интегральных

- показателей, характеризующих эффективность работы объектов ЭЭС // Киев, Электронное моделирование, Том 39, №2, 2017, с. 75-89.
48. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К., Абдуллаева С.А. Оценка взаимосвязи технико-экономических показателей объектов ЭЭС // Киев, Электронное моделирование, Том 39, №6, 2017, с. 93-105.
  49. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Рафиева Т.К., Абдуллаева С.А. Повышение эффективности работы паротурбинных установок энергоблоков ТЭС // Киев, Электронное моделирование, Том 40, №1, 2018, с. 81-92.
  50. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z., Rafiyeva T.K., Abdullayeva S.A. Methods and Algorithms for Selecting Independent Techno-Economic Indicators // [dx.doi.org/10.25729/esr.2018.02.0004](https://dx.doi.org/10.25729/esr.2018.02.0004), Energy Systems Research, Vol. 1, No. 2, 2018, pp. 35-42.
  51. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Абдуллаева С.А. Автоматизация формирования рекомендаций по повышению эффективности паротурбинных установок энергоблоков 300 МВт ТЭС // Москва, НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», №1, 2019, с. 7-12.

### **Web of Science, SCOPUS və Zentralblatt MATH – a daxil olan, xarici nəşrlərdə çap olunmuş məqalələrin siyahısı**

52. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Метод и алгоритм ранжирования котельных установок блочных электростанций по критерию надёжности и экономичности работы // Москва, Теплоэнергетика, №10, 2015, с.22-29. **(SCOPUS)**.
53. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z., Rafiyeva T.K., Abdullayeva S.A. Reliability of the estimate of interrelation of parameters efficiently their work of objects of EES // Journal: «Reliability: Theory&applications». RT&A (Vol. 12, No. 2 (45), June, 2017, USA, pp. 21-27. **(SCOPUS)**.



54. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z. Comparison and Ranking of Steam-Turbine Installations of Thermal Power-Stations' Power-Generating Units by Working Efficiency // Москва, Thermal Engineering, Vol. 65, №10, 2018, pp.708-715. **(SCOPUS)**.
55. Farhadzadeh E.M. Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z., Rafiyeva, T.K., Abdullayeva S.A. Minimization of risk of the erroneous decision in the assessment of the importance of statistical relations of technical and economic indicators of the objects of electric power systems // Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. And Power Eng. Assoc. V.61, №3, 2018, pp. 193-206. **(SCOPUS)**.
56. F.A. Aliyev, N.A. Aliyev, Y.Z. Farzaliyev, and K.K. Gasanov. The Sweep Algorithm for Solving the System of Hyperbolic Partial Differential Equations Describing the Motion in Oil Production // Proceeding of the Institute of Mathematics and Mechanics, National Academy of Sciences of Azerbaijan Volume 44, Number 2, 2018, Pages 295-303. **(WoS, SCOPUS, Zentralblatt MATH.)**.
57. Фархадзаде Э.М. Фарзалиев Ю.З. О Целесообразности классификации многомерных данных // Baku State University, Proceedings of IAM, V.8, N.1, 2019, pp. 76-84. **(Zentralblatt MATH.)**.
58. Farhadzadeh E.M., Muradaliyev A.Z., Farzaliyev Y.Z., Ashurova U.K. Internal benchmarking of thermal power plants of electric power systems // Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. And Power Eng. Assoc. V. 63, №6, 2020, pp. 541-553. **(SCOPUS)**.
59. Farzaliyev Y.Z. Improvement of the methodology evaluating operative efficiency working of electric power systems' thermal power station // The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications 26-28 August 2020. Baku, Azerbaijan, - pp.125-127. **(WoS)**.
60. Farzaliyev Y.Z., Ashurova, U.K. Analyse integral indices of interrelation of the objects' efficiency working of electric power systems' thermal power station // The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial

Applications 26-28 August 2020. Baku, Azerbaijan, - pp. 122-124. (WoS).

### **Müəllifin şəxsi töhvəsi**

- Doktorluq dissertasiyası üzrə sadalanmış [14,15,25,27,28,60] sayılı məqalələr, müəllifin özü tərəfindən sərbəst şəkildə yazılmışdır.
- [1-13,16-24,26,29-59] sayılı məqalələrdə isə həmmüəllifdir, elmi problemin formalaşdırılmasının müzakirəsində, onun həlli üsulları və yollarında iştirak etmiş, proqram təminatı və aparılan eksperimentlərin qiymətləndirilməsini işləmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi 23 fevral 2024-cü il tarixində saat 16<sup>00</sup> Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1073, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti, 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi [www.aztu.edu.az](http://www.aztu.edu.az) saytında yerləşdirilmişdir. Avtoreferat "22" yanvar 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:  
Kağızın formatı: A5  
Həcm: 80000  
Tiraj: 30  
60

