

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ ÇOXMEYARLI QƏRAR QƏBULETMƏ MƏSƏLƏSİNİN OPTİMAL HƏLL ÜSULUNUN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 3338.01-Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın
işlənməsi (sahələr üzrə)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Nərmin İbrahim qızı Həsənlı**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı–2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Kompüter mühəndisliyi" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Texnika elmləri doktoru, professor
Lətifət Abbas qızı Qardaşova

Rəsmi opponetlər: Texnika elmləri doktoru, professor
Ramin Rza oğlu Rzayev

Texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firuddin oğlu Məmmədov

Texnika elmləri doktoru, professor
Ələkbər Əli Ağa oğlu Əliyev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın həqiqi üzvü, texnika elmləri doktoru, professor
Əli Məhəmməd oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Tahir Əli oğlu Əlizadə

Elmi seminarın sədri: Texnika elmləri doktoru, dosent
Fərhad Heydər oğlu Paşayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Ekoloji problemlərin sürətlə artdığı bir dövrdə havanın keyfiyyətini yaxşılaşdıran, insanların sağlamlığı üçün faydalı olan bərpa olunan enerjiyə tələbatın yüksəlməsi müşahidə olunur. Bərpa olunan enerjiyə keçid ölkələrin xarici yanacaqdan asılılığını azaldaraq öz daxili təmiz enerji potensialından istifadəyə imkan verir ki, bu da hansı enerjidən istifadəni, onun seçilməsi məsələsini aktual problem olaraq ortaya çıxarır. Digər tərəfdən qərar qəbulu prosesində də yeni yanaşmalara və ya mövcud yanaşmaların modifikasiyasına ehtiyac yaranır.

Dünya ölkələri üçün yenilənə bilən və təbii olaraq təkrar istehsal oluna bilən enerji mənbələrinə keçidin də aktual məsələ olduğunu nəzərə alsaq Azərbaycan Respublikası üçün alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin seçilməsi məsələsi xüsusi önəm daşıyır. Bu seçim üçün optimal həll üsulunun işlənməsində müxtəlif amillərin (qeyri müəyyənliyin, çox meyarlılığın və.s) birgə nəzərə alınması da vacib məsələdir.

Elmi ədəbiyyatlarda çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələlərinin həlli üçün mövcud olan üsullar həll olunacaq məsələnin tipindən, istifadə olunan verilənlərin tipindən, mühitin qeyri-müəyyənliyindən asılı olaraq seçilməlidir. Bu da mövcud üsullarda olan boşluqların müəyyən edilməsini, aradan qaldırılması üçün yeni yanaşmaların işlənməsini tələb edir. Belə ki, qərar qəbuletmə sahəsində həm kəmiyyət həm də keyfiyyət üsullarını birləşdirən yeni yanaşmaların yaradılmasına ehtiyac var. Qeyd olunanlar dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığını sübut edir.

Dissertasiyanın obyektı və predmeti. Dissertasiyanın obyektı alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi olub, predmeti isə qeyri-müəyyənliyi, çoxmeyarlılığı nəzərə alan optimallaşdırma üsullarının tədqiqi, tətbiqi, həm kəmiyyət həm də keyfiyyət üsullarını birləşdirərək bu məsələnin həlli üçün optimal yanaşmanın işlənməsidir.

Dissertasiyanın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiyanın məqsədi

qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsi olan alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi üçün optimal həll üsulunun işlənməsidir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün qərar qəbuletmə üsullarında mövcud olan lokal minimuma düşmə, həllər arasında seçim və sıralama aparıla bilməməsi, çoxsaylı meyarların nəzərə alınma bilməməsi, ziddiyyətli meyarlar arasında balansın qorunmaması, ekspert fikirlərini, qeyri müəyyənliyi nəzərə ala bilməmək və ya qismən nəzərə alma, obyektiv və subyektiv məlumatlarla işləmə bacırığının olmaması kimi məhdudiyətləri aradan qaldırmaq məqsədilə dissertasiyada müxtəlif sahələrə aid aşağıdakı məsələlər həll olunub.

- Səyahət edən satış agentinin gedə biləcəyi ən qısa məsafənin hibrid ACO+TOPSIS üsulu ilə tapılması;
- Türkiyə elektrik enerji istehlakının uzunmüddətli proqnozlaşdırılması və günəş ləkələri ilə zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün genetik alqoritmlə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin qurulması;
- Süxurların məsaməliliyini proqnozlaşdırmaq üçün C-means klasterləşmə və xətalarnı geriye yayılması alqoritmi ilə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin qurulması;
- Sulfokationitlərin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş TOPSIS üsulunun işlənməsi;
- Alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi üçün optimal həll üsulu olaraq qeyri-səlis məntiq əsasında genişləndirilmiş AHP, TOPSIS, COPRAS və VIKOR üsullarının işlənməsi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiyada qeyri-səlis məntiq, çoxatributlu qərar qəbuletmə üsulları, neyron şəbəkə və genetik alqoritmə əsaslanan üsullar, evolyusion (təkamül) hesablama üsullarından istifadə edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar;

- Qərar qəbuletmə üsullarının müqayisəsi;
- Enerji, geologiya, marşrutlama, kimya sahəsində qərar qəbulu

problemləri;

- Səyahət edən satış agenti üçün optimal yolun təyini;
- Türkiyə elektrik enerji istehlakının proqnozlaşdırılması;
- Süxurların məsələliliyi probleminin təhlili üçün proqnozlaşdırma üsullarından istifadə;
- Çoxatributlu qərar qəbuletmə üsulları ilə sulfokationitlərin keyfiyyətinin dəqiqləşdirilməsi;
- Bərpa olunan enerji növünün seçilməsində çoxatributlu qərar qəbuletmə üsullarının istifadəsi .

Dissertasiyanın elmi yeniliyi. İşin əsas elmi yeniliklərinə aşağıdakıları aid etmək olar:

- optimal həllin seçilməsi üçün ACO+TOPSIS hibrid üsulunun işlənməsi;
- çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsinin formalaşdırılması üçün istifadə olunan verilənlərin genetik alqoritmlə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkə əsasında müəyyən edilməsi;
- qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş çoxmeyarlı qərar qəbuletmə üsulu -TOPSIS əsasında sulfokationitlərin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi;
- qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş AHP, TOPSIS, COPRAS və VIKOR üsullarının işlənilməsi və bərpa olunan enerji növünün seçilməsində istifadə.

Dissertasiyanın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyanın nəzəri əhəmiyyəti qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələləri üçün uyğun nəzəri modellərin və yanaşmaların işlənməsidir. Dissertasiyanın praktiki əhəmiyyəti təklif olunan yanaşmaların universal xarakter daşması və müxtəlif sahələrdə qərar qəbuletmə prosesini dəstəkləyə bilməsidir.

Tədqiqatın aprobasiyası və nəticələrin tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticəsinə dair 23 iş nəşr edilmişdir. Bu işlər arasında 14 məqalə(5-i xaricdə) yer alır, onlardan 7-i həmmüəllifsiz nəşr olunmuşdur. Eyni zamanda, 6 konfrans materialı onlardan 4-i həmmüəllifsiz və 3 tezis(2-i xaricdə) nəşr edilib.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı beynəlxalq və yerli konfranslarda təqdim olunmuş və müzakirə edilmişdir.

-14th International Conference on Applications of Fuzzy Systems, Soft Computing and Artificial Intelligence Tools (Montenegro, Budva, ICAFS -2020);

-GTDOEK-"Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş ADNSU gənc alim və tədqiqatçıların elmi-praktiki konfransı" (ADNSU 2020);

-1st International Scientific-Practical Conference on Modern information, Measurment and Control Systems:Problem and Prespectives 2019(ASOIU-2019);

-Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika elmi konfransı. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti (AMİU 2019);

-Ümummillî lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü il dönümünə həsr olunmuş beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (ADDA 2017) ;

-International Scientific and Practical Conference "World Science" (Abu-Dhabi,UAE 2017);

-Urbanizasiyalı sənayeləşmə şəraitində mədəni irsin və biomüxtəlifliyin qorunması mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (ATU Gəncə 2017);

-Riyaziyyatın nəzəri və tətbiqi problemləri mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans (SDU 2017) ;

-Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI Respublika elmi konfransının materialları (BDU 2017) ;

-Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika Konfransı (SDU 2016) ;

-Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika elmi konfransı (ADNSU 2016) ;

-VI Международная научно-практическая конференция "Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии" (ХЭУ 2014)

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, "Kompüter mühəndisliyi" kafedrası.

Dissertasiya işinin strukturu. Dissertasiya giriş, dörd fəsil, nəticə, istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı, əlavələr və şərti işarələrin siyahısından ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işinin “**Giriş**” hissəsində mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsindən bəhs edilib, dissertasiya işinin obyektı predmeti, məqsədi, vəzifələri və burada istifadə olunan üsullar müəyyən edilib müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar göstərilib, eləcə də dissertasiya işinin elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti əsaslandırılıb.

Birinci fəsildə qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsinin optimal həll üsulunun işlənməsi üçün mövcud qərar qəbuletmə üsullarının tədqiqi və məsələnin ümumi qoyuluşu müəyyən olunub.

Düzgün qərarların qəbul edilməsi qərar qəbul edənlərdən müxtəlif amillərin təsirinin birgə nəzərdən keçirilməsini, risk, qeyri-müəyyənlik və natamam məlumat əsasında qərar qəbuletmə bacarığını tələb edir ¹. Dissertasiya işində qeyri müəyyənlik şəraitində məsələlərin həlli üçün fəaliyyət mühitinin qeyri-müəyyənliyi, proseslərin parametrlərinin ölçülməsindəki qeyri-dəqiqliklər, proseslərin keyfiyyət xarakteristikası haqqında məhdud informasiya, qeyri-səlis mühit qərar qəbul edən şəxsin informasiyanın emalı baxımından təmin edən üsulların yaradılmasını aktual problem olaraq ortaya çıxarır. İnformasiya emalının ədədi, interval, qeyri-səlis məntiq və inam dərəcəsi əsasında olan mərhələlərində qərar qəbuletmə üsulları yeni imkanlara malik olmaqla bu prosesi dəstəkləyir. Hesablama baxımından mürəkkəb və böyük miqyaslı optimallaşdırma problemlərinin həllində metaevristik üsullar daha effektiv və uyğun yanaşma kimi çıxış edir. Dinamik mühitlərdə və ətraf mühidə baş verən dəyişikliklərə uyğunlaşma qabiliyyətinə malik olması, təbii

¹ Мамедова, Н. И. Анализ существующих методов принятия решений в условиях неопределенности //VI Международная научно-практическая конференция “Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии”, - Харьков: Харьковской национальной экономической университет- 17 апреля – 18 апреля, -2014,-с.274.

təkamül prinsiplərinə əsaslanaraq zamanla güclü həllər tapmağa imkan verir.Paralel axtarış imkanı və yaddaşın olması axtarış sahəsindəki optimallaşdırmanı daha sürətli və daha səmərəli edərək, keçmiş halları yadda saxlayaraq lokal minimuma düşmənin qarşısını alır. Qeyri-səlis, subyektiv və qeyri-müəyyən məlumatlarla işləmə bacarığı onlara qeyri-müəyyənliyi və qeyri-dəqiqlikləri təhlil edərək daha effektiv nəticələr əldə etməyə imkan verir. Lakin metaevristik üsullar klassik üsullarda olan məhdudyyətləri aradan qaldırsada, bu üsullarla məsələlərin həlli hec də həmişə mütləq optimal həll olmayıb, optimala yaxın olan həlləri təqdim edir. Parametrlərin uyğun seçilməməsi lokal mimuma düşməni yüksəldərək, həssaslıq problemini ortaya çıxarır. Bu üsullar qeyri-müəyyənliyi nəzərə alsa da verilənlərin sayı artdıqca hesablama mürəkkəbliyidə artır, bu da intervalların ölçüsünün böyüməsinə və mürəkkəb hesablamalara səbəb olur. Burada məsələlərin həlli zamanı sonda bir həll deyil optimal həllər toplusu alınır.

Qeyri-müəyyənliyi nəzərə almaq məqsədilə elmi ədəbiyyatlarda qeyri-səlis məntiqə əsaslanan və insan məntiqini təqlid edən qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemlərindən və qeyri-səlis neyron şəbəkələrindən istifadə effektiv vasitə hesab olunur. Bu yanaşmaların müxtəlif sinerjiləri daha effektivdir.

Çoxatributlu qərar qəbuletmə üsullarının qeyri-dəqiqlik və qeyri-müəyyənlik kimi amilləri nəzərə ala bilən modifikasiyaları onların əvvəlki yanaşmalardan daha üstün olduğunu sübut edir.

Təcrübə göstərir ki, əksər hallarda mövcud problemlərdə yanaşmalarda informasiya natamam və ziddiyyətli olur, qərar qəbuledən şəxsın fikir və intuisiyası kifayət qədər nəzərə alınmır və çoxmeyarlı məsələlərdə qeyri-səlis üsulların qismən işlənməsi qərar qəbul etmədə yeni üsulların təklif və tətbiqinə ehtiyac yaradır.

Belə problemlərdən olan alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin seçilməsi qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsi olub, bir çox texniki, iqtisadi, ekoloji, sosial, siyasi meyarları nəzərə almalı olduğu halda, mövcud verilənlərin çox vaxt natamam və ziddiyyətli olması ilə xarakterizə olunur. Digər tərəfdən qərar qəbul edənlərin subyektiv fikirləri və intuisiyaları bu

cür mürəkkəb seçimlərdə mühüm rol oynayır. Bütün bu şərtləri ödəyən optimall həll üsulunun işlənməsi xüsusi aktualıq kəsb edir.

İkinci fəsildə əsas anlayışlar və üsullar verilmişdir. Burada informasiya emalının (ədədi, interval, qeyri-səlis məntiq və inam dərəcəsi əsasında) ümumi təsnifatı və onlar üzərində cəbri əməliyyatlar təqdim edilmişdir. Eləcədə birinci fəsildə ümumi təhlil nəticəsində üsullarda yaranan boşluqları aradan qaldırmaq məqsədilə dissertasiyada müxtəlif sahələr üzrə həll olunacaq məsələlər üçün alqoritmlər təsvir olunur. Aloritmlər aşağıdakı ardıcılıqla verilmişdir:

- Metaevristik üsulların işlənməsi;
 - Hissə-hissə optimallaşdırma üsulu (PSO) ilə qlobal optimumun tapılması.
 - Qeyri-səlis PSO(FPSO) ilə lokal minimuma düşmənin qarşısını almaq üçün parametrlərə nəzarət edən qeyri-səlis məntiqi çıxarış sisteminin qurulması.
 - Çoxməqsədli Hissə-hissə optimallaşdırma(MOPSO) üsulu ilə Pareto sərhədlərinin qurulması.
 - Qarışqa dəstələrinin optimallaşdırılması (ACO) üsulu ilə qlobal minimumun tapılması.
- Qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin qurulması;
 - Genetik alqoritmlə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin qurulması.
 - C-means klasterləşmə və xətlərin geriye yayılması alqoritmı ilə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin qurulması.

- Çoxatributlu qərar qəbulətmə üsullarının işlənməsi;

AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS, PROMETHEE-II, ELECTRE, ARAS üsullarının işləmə alqoritmləri. Çox atributlu qərar qəbulətmə üsullarında meyarlarda olan subyektivliyin, həssaslığın alınan nəticələrə təsirini göstərən həssaslıq analizinin aparılması.

Üçüncü fəsildə dissertasiyada alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi üçün optimal həll üsulunun tapılması, mövcud qərar qəbulətmə üsullarında olan məhdudiyətlərin aradan qaldırılması məqsədilə müxtəlif sahələr üzrə problemlərin işlənməsi

məsələlərinə baxılmışdır.

Metaevristik üsullara daxil olan təkamül alqoritmlərinin ənənəvi optimallaşdırma metodlarının çətinlik çəkdiyi çox ölçülü, qeyri-xətti, qeyri-differensial və mürəkkəb strukturlu problemlərinin həllində effektiv vasitə olduğu göstərilmişdir. Təkamül hesablama üsullarından olan Genetik alqoritmədən pareto optimal sərhədlərin(kəsilən və çökək) təyində istifadə, qabarıq olmayan Pareto optimal sərhədi tapmaq üçün genetik alqoritm əsaslı çoxməqsədli optimallaşdırma üsulları haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Belə ki, lokal minimuma düşmə, pareto sərhəddini təşkil edən nöqtələr arasındakı məsafələrin qeyri-bərabər olması, uzun müddətli hesablama, seçim və krossover(calama genetik alqoritmədə) prosesində qeyri-müəyyənlik, qeyri-xəttiliyin yaratdığı çətinliklər və məqsəd funksiyalarının müqayisəsindəki qeyri-müəyyənliklər ətraflı izah edilmişdir.

Hissə-hissə Optimallaşdırma(Particle Swarm Optimization- PSO) üsulu ilə qlobal minimumun tapılması məsələsinə baxaq². Bu yanaşma ehtimal əsaslı metaevristik üsul olub sürü intellektinə əsaslanır. Belə ki, hissə-hissə optimallaşdırma (PSO) üsulu və Genetik alqoritm (GA) ilə qlobal minimumun tapılması məsələsində hər iterasiyanın sonunda namizəd həllin sürəti və mövqeyi yenilənərək 1 və 2 formulu hesablanır.

$$v_i(t+1) = \omega * v_i(t) + c_1 * u_1(P_i(t) - x_i(t)) + c_2 * u_2(G_i(t) - x_i(t)) \quad (1)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (2)$$

burada

ω - ətalət çəkisi, $v_i(t)$ -namizədən əvvəlki sürəti, $c_1 = c_2$ - koqnitiv və

²Qardaşova, L.A., Həsənli N.İ. PSO and GA comparison of evolutionary optimization methods // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2018. -Cild 20 №1(111), -s.83-92.

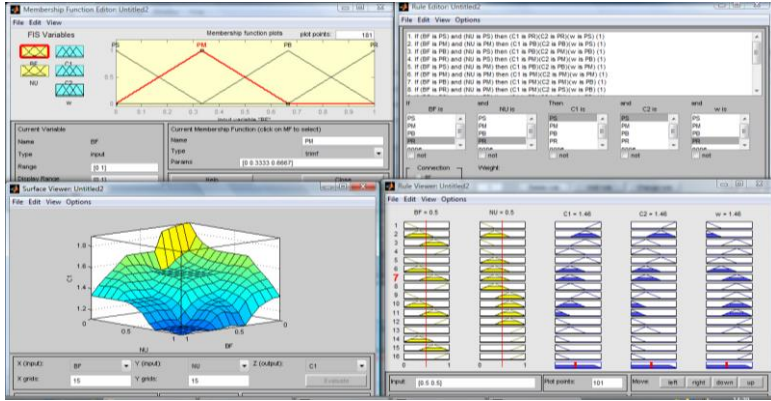
sosial əmsallar, u_1, u_2 -təsadüfi ədəd, $x_i(t)$ - namizədən əvvəlki sürət, $P_i(t)$ –lokal yaxşı, $G_i(t)$ -qlobal yaxşıdır.

Kompüter simulyasiyası və ənənəvi hesablama ilə hər iki üsul üzrə məqsəd funksiyasının qiyməti -15.9999, mövqelər isə müxtəlif GA-4, PSO-3.4485 alınmışdır. Mövqe göstəricisinin 14% kiçik olması PSO alqoritmini müxtəlif sahələrdə iqtisadiyyatda, tibbdə, texnikada, çevik istehsal sahələrində, robotlu idarəetmədə məsafənin təyində, neft çıxarmada, quyuların qazılma mövqeyinin təyində effektiv istifadə oluna biləcəyinə əminlik yaradır. Eləcədə dissertasiya işində çoxdəyişənli PSO-nun effektivliyini və etibarlılığını göstərmək məqsədilə kompüter simulyası aparılmışdır.

PSO parametrlərinin qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemi ilə qurulması³. PSO üsulunda zaman zaman lokal minimuma düşmənin qarşısını almaq üçün əsas parametrlərdən olan ətalət çəkisi, koqnitiv və sosial əmsalları qeyri-səlis ədədlə ifadə edərək, parametrlərdə və ya problem sahəsində olan qeyri-müəyyənliyi, natamam məlumatları və ya ziddiyyətli məqsədləri əhatə etmək mümkün olur. Ən yaxşı məqsəd funksiyası uzun müddət bir dəyərdə ilişib qalarsa, dəyişməz ən yaxşı məqsəd funksiyaları üçün nəsillərin sayı böyüməkdə davam edir. Sistem tez-tez lokal minimumda ilişib qalır və bu da yanaşmanın çatımazlığını ifadə edir. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün biliklərə əsaslanaraq, ətalət çəkisini və öyrənmə amillərini tənzimləmək üçün qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemi hazırlanmışdır. Qurulmuş qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemin məqsədi minimallaşdırma məsələsi üçün, “ən yaxşı yararlılıq funksiyası və ətalət çəkisi aşağı, öyrənmə amillərinin isə yüksək olması”-na üstünlük verməkdir. Qurulmuş sistemin giriş dəyişənləri x_1 -ən yaxşı uyğunluq və x_2 -dəyişməz ən yaxşı uyğunluqlu nəsillərin sayı götürülür. Çıxış dəyişənləri y_1 -ətalət çəkisi (ω) və y_2, y_3 -öyrətmə amilləri (c_1 və c_2) seçilir. Şəkil 1-də təsvir olunan qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemdə qurulan qaydalar aşağıdakı kimi olur.

³Həsənlı, N.İ. Hissə-hissə optimallaşdırma metodunda qeyri-müəyyənliyin təsviri // Riyaziyyatın nəzəri və tətbiqi problemləri mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, -Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, -25 may-26 may, -2017, -s.184-185.

Qaydal :ƏGƏR ən yaxşı uyğunluq və dəyişməz ən yaxşı uyğunluq KİÇİK olarsa ONDA ω -KİÇİK; c_1 və c_2 -ÇOX BÖYÜK olar ;
Qayda 2: ƏGƏR ən yaxşı uyğunluq ORTA olarsa və dəyişməz ən yaxşı uyğunluq KİÇİK olarsa ONDA ω -ORTA; c_1 və c_2 - BÖYÜK olar ;



Şəkil 1. PSO parametrləri üçün qurulmuş qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemi

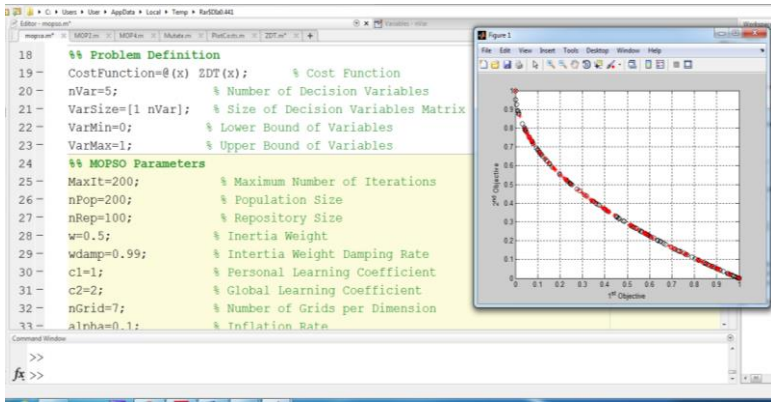
PSO parametrlərinin qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemi əsasında tənzimlənməsi uyğunlaşma qabiliyyətini yaxşılaşdırsada, subyektivlik, mürəkkəblik, qeyri-səlis qaydaların qurulmasında həssaslıq, daha yavaş yaxınlaşma və hesablama yükünü artması kimi çatışmazlıqlar sistemi daha diqqətli qurmağı tələb edir.

Çoxməqsədli Hissə-hissə Optimallaşdırma(Multiobjective Particle Swarm Optimization-MOPSO) üsulu ilə qlobal minimumun tapılması ⁴.

PSO tək məqsədli məsələlərin optimallaşdırılmasına yönəlidiyi

⁴Həsənli, N.İ.Çoxmeyarlı hissə-hissə optimallaşdırma (MOPSO) metodunun işləmə prinsipinin analizi // -Bakı: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, -2017. №2(26), -s.210-214

haldə, Çoxməqsədli Hissə-hiss Optimallaşdırma üsulu(MOPSO) bir neçə məqsədin eyni anda optimallaşdırmaqla Pareto sərhəddini qurur. MOPSO üsulu ilə qurulmuş çökək pareto sərhəddi(iterasiya sayı-200, populyasiya sayı-200,ətalət çəkisi $\omega-0.5$, $c_1 = 1, c_2 = 2$) Şəkil 2-dəki kimidir. Çoxməqsədli optimallaşdırma üsullarının effektivliyini yoxlamaq üçün mövcud olan ZDT test funksiyaları ilə, müxtəlif pareto sərhədlərinin(qabarıq, çökək və kəsilməli) MOPSO üsulu ilə qurulması üçün kompüter simulyasiyası aparılmışdır ⁵.



Şəkil 2. MOPSO ilə qurulan Pareto sərhəddi

MOPSO ilə çoxməqsədli optimallaşdırma məsələlərinin həlli zamanı dominant olmayan həllərin müxtəlifliyini saxlamaq, yaxınlaşmaya təsir edən lider (qlobal yaxşı) seçimini nəzərə almaq, pareto-optimal həlləri saxlayan arxivin böyüməsinin müxtəlifliyə təsirini diqqətdə saxlamaq, parametrlərə olan həssaslıq, həqiqi pareto cəbhəsini tapmaq və hətta qlobal yaxınlaşmanı saxlamaq üçün riyazi təminatın olmaması kimi çatışmazlıqlar yaranır.

⁵Həsənli, N.İ. ZDT 1, ZDT 2, ZDT 3 test məsələlərinin çoxmeyarlı hissə-hissə optimallaşdırma (MOPSO) metodu ilə həlli // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI Respublika elmi konfrans, -Bakı: Bakı Dövlət Universiteti,-24 oktyabr-25 oktyabr, -2017, -s.8-10.

Ən qısa və optimal məsafənin PSO, ACO və ACO+TOPSIS üsulları ilə tapılması ⁶.

Sürü intellektinə əsaslanan PSO üsulu ilə müqayisədə daha az lokal minimuma düşən Qarışqa dəstələrinin optimallaşdırılması (ACO) üsulu ilə səyahət edən agentinin gedə biləcəyi yolların ehtimalı 3 formulu ilə hesablanır.

$$P_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha * \eta_{ij}^\beta}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}^\alpha * \eta_{ij}^\beta} \quad (3)$$

burada

P_{ij}^k – k qarışqasının i şəhərindən j şəhərinə getmə ehtimalı,

τ_{ij}^α - i şəhərindən j şəhərinə qədər feromonun izinin dəyəri,

α – feromon izinin nisbi əhəmiyyəti,

η_{ij}^β - evristik funksiya olub adətən i qovşağı ilə j qovşağı arasındakı məsafənin tərsini götürür ($\eta_{ij} = 1/d_{ij}$),

β - evristik amilin nisbi əhəmiyyəti ,

$\sum_{j \in N_i^k} \tau_{ij}^\alpha * \eta_{ij}^\beta$ - k qarışqası i qovşağında olarkən buradan gediləcək bütün qonşu qovşaqların(həm feromon miqdarı həm də ən qısa məsafə nəzərə alınmaqla) cəmidir.

Səyahət edən satış agentinin gedə biləcəyi ən qısa və optimal məsafənin tapılması probleminin (TSP) hər iki yanaşma(PSO, ACO) ilə həlli zamanı, Matlab paketində kompüter simulyasiyasından alınan nəticələr hər iki üsulda 24,53-dür. ACO ilə müqayisədə PSO-da optimal həll, zaman baxımından daha tez əldə olunmuşdur. Lakin PSO davamlı optimallaşdırma (ACO isə kombinatorial optimallaşdırma) məsələləri üçün uyğun olduğunu nəzərə alaraq, TSP məsələsi üçün uyğunlaşdırılmalıdır. Bu uyğunlaşdırma düzgün aparılırsa, daha sürətli və səmərəli işləyə bilər. Əks halda PSO ilə TSP-ni həll etmək qeyri-effektiv olub diskretləşmə tələb edir.

⁶Həsənlı, N.İ. Kommivoyaşör problemi məsələsinin PSO və ACO optimallaşdırma üsulları ilə həlli // -Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetin Elmi əsərləri, -2017. №1, -s.51-57.

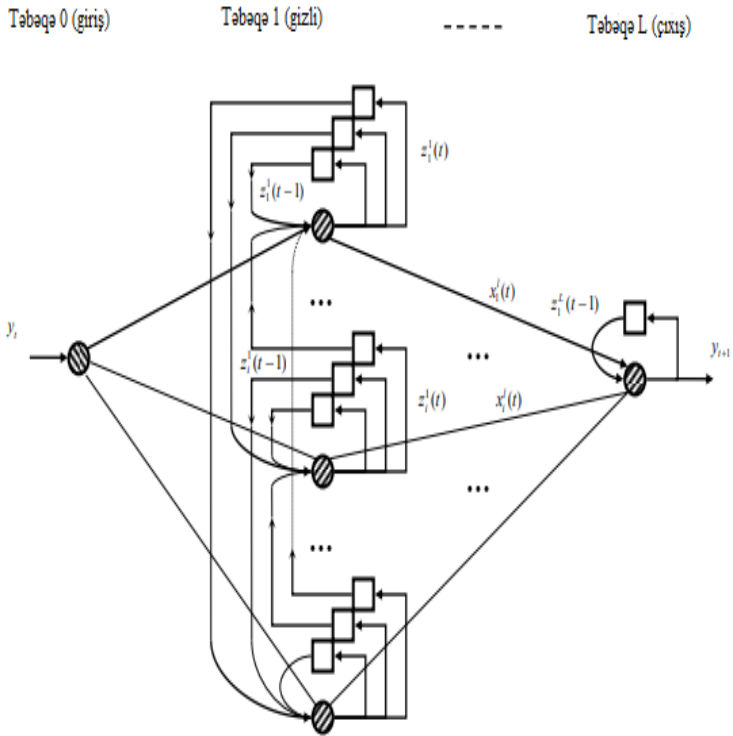
TSPLIB -optimallaşdırma məsələləri üçün test verilənlərindən ibarət kitabxanada, ATT48 nümunəsi 48 şəhərin koordinantlarından ibarət olub, şəhərlər arası ən qısa və optimal məsafə 33523 km-dir. Bu nəticə 48 şəhərin 2D koordinatları əsasında məsafə matrisi qurularaq, səmərəli optimallaşdırma alqoritmləri ilə tapılmışdır ⁷. ATT 48 nümunəsindəki koordinantlara əsasən ən qısa və optimal yolun ACO üsulu ilə Matlab paketində tapılması zamanı, axtarış təsadüfi aparıldığı üçün hər simulyasiyada populyasiya üzrə alınan optimal həll (ən kiçik dəyər) müxtəlif iterasiya sayında, müxtəlif zaman anında, fərqli olur. Bunlar Pareto sərhəddini əhatə edən həllər toplusudur. Bu həllər arasından ən optimal olanın seçilməsi Çox Atributlu Qərar Qəbuletmə(ÇAQQ) üsulu olan TOPSIS-lə aparılır ⁸. Digər ÇAQQ üsulları meyarların əhəmiyyətinə, kompromis həllərə, məsafə yanaşmasına uyğun olmayıb və daha mürəkkəb məsələlərdə sıralanma aparmağa imkan verdiyi halda TOPSIS ideal həllə ən yaxın olan həlləri sıralayır. ACO ilə alınan 4 həll(alternativ) üzrə qiymətləndirmə 3 meyara görə aparılır. Burada hər simulyasiyada alınan ən qısa məsafələr alternativlər A_1, A_2, A_3, A_4 , meyarlar isə C_1 – turun uzunluğu, C_2 - sərf olunan zaman və C_3 - ən qısa məsafənin tapıldığı iterasiya nömrəsidir. Hər bir meyarın çəkisi (ω) müvafiq olaraq meyarların vacibliyinə görə təyin olunur. TOPSIS üsulu ilə Matlab paketində simulyasiya və Excell cədvəl prosessorunda hesablama nəticəsində alınan ən qısa və optimal həll, Şəkil 3-dəki sıralanmaya əsasən A_3 alternatividir. Bu 50-ci saniyədə 1074-cü iterasiyada qeydə alınan məsafə 35732.0737 km-dir. Əldə edilmiş nəticə ilə nümunədəki optimal həll (33523) arasında cüzi fərq (6.5%) ACO kimi metaevristik metodlarda mütləq optimal həllin tapılmasına zəmanət vermədiyini əks etdirir, əksinə qısa vaxt ərzində yaxşı həlləri təmin edir. ACO parametrlərini qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilməsi daha qısa və optimal məsafənin tapılmasına imkan verir.

⁷ Reinelt, G. TSPLIB – A traveling salesman problem library // ORSA Journal on Computing.- 1991.-vol 3(4), -p.376–384.

⁸ Həsənlı, N.İ. ACO VƏ TOPSIS üsulları ilə səyahət edən satış agentı məsələsinin həlli // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, - 2025. Cild 53 №056, -s.257-265.

Şəkiləki qutu(düzbucaqlı şəkildə hissələr) elementləri yaddaş hüceyrələri kimi çıxış edərək əvvəlki zaman anındakı neyronların aktivləşmə dəyərlərini yadda saxlayır və növbəti zaman anında bu dəyərləri girişlə əks əlaqə yaratmaq üçün istifadə edir.

$$\hat{y}_{t+1} = \hat{F}_{NN}(y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-n+1}) \quad (4)$$



Şəkil 4. Sadə qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkənin quruluşu

Qurulmuş QSRNŞ-də $x^o(t)$ girişi zaman ardıcılığının y_t elementini, Z^L çıxışı isə həmin ardıcılığın növbəti addımını y_{t+1} elementini təmsil edir. \hat{F}_{NN} neyron əlaqələrinin qeyri-səlis çəkiliəri, qeyri-səlis meyllər və neyron aktivləşdirmə funksiyaları ilə müəyyən edilir. Şəbəkənin istənilən sayda layları ola bilər. Qatları ardıcıl olaraq 0-dan (birinci və ya giriş qatı) L qədər (sonuncu və ya çıxış təbəqəsi) nömrələnir. Formula 5 birinci (təbəqə 0) təbəqədəki neyron dəyərləri dəyişdirmədən yalnız giriş signalını paylayır.

$$z^o(t) = x^o(t) \quad (5)$$

1-dən L layına qədər olan neyronlar dinamikdir və çıxış siqnalları 6 formulu ilə hesablanır.

$$z_i^l = F(\theta_i^l + \sum_j x_j^l(t)w_{ij}^l + \sum_j z_j^l(t-1)v_{ij}^l) \quad (6)$$

burada

z_i^l - neyronun hesablanmış çıxış siqnalı,

θ_i^l -i neyronunun qeyri-səlis meylli,

$x_j^l(t)$ -t zaman anında l qatında i neyronuna j-ci qeyri-səlis girişi,

w_{ij}^l -əvvəlki qatda yerləşən j neyronundan i neyronu ilə əlaqənin qeyri-səlis çəkisi,

$z_j^l(t-1)$ -(t-1)zaman addımında j neyronunun aktivləşməsi,

v_{ij}^l -eyni təbəqədəki j neyronundan i neyronuna rekurent əlaqənin çəkisidir.

Cədvəl 1-də təklif olunan model ilə elektrik enerjisinin istehlakının proqnozunun orta kvadratik xətası (OKX)=2.83 (giriş neyronları= 1, çıxış neyronları = 1, gizli laydakı neyronlar = 2), 2002-ci ilə qədər süni neyron şəbəkələrindən istifadə etməklə alınan proqnozlaşdırma nəticəsindən (OKX=3.4280) kiçikdir. Eləcədə 1700-cü ildən 1920-ci ilə qədər təsvir olunan günəş ləkələrinin verilənləri ilə öyrətmə apararaq, iki proqnoz dəsti müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 1. Elektrik istehlakının həqiqi və proqnoz dəyərləri

	İl	Real	Proqnoz	Orta kvadratik xəta
Öyrətmə nümunələri	1991	50295.7		
	1992	54613.1		
	1993	60406.3	60406.3	
	1994	61420.3	61420.3	
	1995	67092.3	67092.3	
	1996	74326.8	74326.8	
	1997	81884.9	81884.9	
Test nümunələri	1998	87704.6	87704.6	
	1999	91201.9	96380.44	5.37%
	2000	98295.7	97936.16	0.37%
	2001	97070	96266.04	0.84%
	2002	102800	98134.77	4.75%
				2.83%

Birinci proqnoz dəsti (PR1) 1921-ci ildən 1955- ci ilə qədər, ikinci proqnoz dəsti (PR2) 1956-cı ildən 1979-cu ilə qədər olan verilənləri əhatə edir. Cədvəl 2-də təklif olunan yanaşmanın normallaşdırılmış orta kvadratik xətası (NOKX)=0,066272 (giriş neyronları=1, çıxış neyronları = 1, gizli qatdakı neyronlar=7. Genetik Alqoritmın Parametrləri: populyasiyanın ölçüsü:100, ən yaxşı valideyn sayı : 10, krossover ehtimalı:0,5, mutasiya ehtimalı:0,05), müqayisə edilən modelin normallaşdırılmış orta kvadratik xətasından (NOKX =0,077) kiçikdir. Proqnozlaşdırma məsələsinin nəticəsinə əsasən genetik alqoritmlə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkəsində sistemin girişinə qeyri-səlis ədədlərlə verilən verilənlər

Cədvəl 2. Zaman sıraları ilə PR1dəstinin həqiqi və proqnoz dəyərləri

İllər	Real	Rekurent neyron şəbəkə (rnş)	$ real - rnş $	$ real - ədədi orta $	
1921	26,1	27,19396	1,19674	723,61	
1922	14,2	11,40235	7,826853	1505,44	
1923	5,8	0	33,64	2227,84	
1924	16,7	14,80708	3,583139	1317,69	
.....	
1954	4,4	0	19,36	2361,96	PR1
1955	38	41,2225	10,38453	225	NOKX
Ədədi orta	53	Cəm	3882,146	58580,54	0,06627

qeyri-müəyyən, qeyri-dəqiq, natamam məlumatlara uyğunlaşmanı, rekurent strukturun yaddaşı sayəsində zaman ardıcılıqlarının effektiv modelləşdirilməsi və genetik alqoritmlə öyrətmədə lokal minimumlardan qaçmanı təmin edərək daha dəqiq nəticələr əldə etməyə, yeni məlumatlara uyğunlaşmağa, mürəkkəb və qeyri-xətti sistemləri çevik idarə etməyə imkan verir.

Kəmiyyət və keyfiyyət üsulları ilə süxurların məsaməliliyinin proqnozlaşdırılması ¹⁰. Daha dərin formasiyalar üçün lay süxurlarının məsaməliliyini proqnozlaşdırmaq üçün 211 sayda verilənlər, hövzələrin müxtəlif sahələrindən əsas təcrübi nəticələrdən götürülmüşdür. Məsaməlik dərinlikdən, karbonat tərkibi və digər parametrlərdən asılı olub, eyni zamanda parametrlər dərinlik funksiyasından asılı olmayıb geoloji aspektlərlə idarə oluna bilirlər. Qeyri-səlis C-means klasterləşmənin əsas məqsədi, verilənlərin müxtəlif klasterlərə mənsubluq dərəcələrini və klaster mərkəzlərini

¹⁰ Aliyarov, R. Y. , Gardashova, L. A. , Hasanli, N. I. Predicting Porosity Through Fuzzy Logic Based Methods from South Caspian Basin Data // 14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing –ICAFS-2020, -Budva, Montenegro: - 27–28 August, -2020,-p.268-274.

olan məsafələrini nəzərə alaraq qurulan məqsəd funksiyasını minimuma endirməklə optimal klasterləşməni təmin etməkdir. Klaster mərkəzi ixtiyarı seçildiyi üçün hər iterasiyanın sonunda mənsubluq dərəcəsi və klaster mərkəzləri yenilənir. Bu proses sabit klaster mərkəzi alana qədər davam edir. Mənsubluğu yeniləmək üçün 7 formulundan istifadə olunur.

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^j \left(\frac{\|x_i - x_j\|}{\|x_i - x_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (7)$$

burada

x_i –i veriləni

x_j – j-ci klasterdir.

Analoji olaraq klaster mərkəzləri 8 formulu ilə yenilənir.

$$x_j = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m x_i}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ij})^m} \quad (8)$$

burada

x_j -yeni mərkəzlər bütün verilənlərin orta çəkisi kimi hesablanır .

Məsələliyi proqnozlaşdırmaq üçün 5 girişli (klaster mərkəzləri) və 1 çıxışlı neyron şəbəkəsindən istifadə olunmuşdur. 211 sayda veriləndən üçdə ikisi təlim (öyrədilmə), üçdə biri isə test üçün istifadə edilmişdir. Matlab proqramından istifadə olunaraq təklif olunan C-means klasterləşmə və xətlərin geriye yayılması alqoritmi ilə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkə ilə alınan nəticələrin fraqmenti Cədvəl 3-dəki kimidir. Təklif olunan modelinin əsas üstünlüyü verilənlərin qeyri-müəyyənliyini modelləşdirməyə, zaman asılığını nəzərə almağa, aydın nəticələr təqdim etməyə və mürəkkəb şəbəkələrdə parametrlərin avtomatik optimallaşdırılmasını təmin edərək sistemin adaptivliyini və öyrənmə qabiliyyətini artırmağa imkan vermişdir. Məsələliyin müxtəlif üsullarla Matlab, XLSTAT proqramlarında

proqnozlaşdırılması nəticəsində alınan dəyərlərin orta kvadratik xətalara əsasən (xətti diskriminant təhlilində 0,07332, reqressiya təhlilində 0,082604, qeyri-səlis neyron şəbəkəsində 0,068331) təklif olunan qeyri-səlis C-means klasterləşmə və qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkəyə əsaslanan modeldə alınan xəta ən kiçik 0,044879 olmuşdur.

Cədvəl 3. C-means klasterləşmə və xətalərin geriyə yayılması alqoritmi ilə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkə ilə alınan proqnozlaşdırma nəticələrinin fraqmenti.

Hövzə	Cc	F1+F2Cor	F3Cor	F4Cor	Dərinlik	Real	Proqnoz	Orta kvadratik xəta
						Məsəməlilik		
Sang Duv Xara Zire	0,127	0,279	0,379	0,215	4477	0,208	0,198	0,0001
Djanub	0,182	0,517	0,169	0,133	3212	0,142	0,177	0,001225
Sang Duv Xara Zire	0,074	0,354	0,341	0,232	3976	0,178	0,177	1,00E-06
Sang Duv Xara Zire	0,111	0,387	0,286	0,216	3394	0,17	0,176	3,60E-05
Sang Duv Xara Zire	0,134	0,325	0,393	0,148	3853	0,184	0,175	8,10E-05
8Mart	0,067	0,335	0,517	0,081	5643	0,181	0,164	0,000289
Djanub	0,145	0,392	0,365	0,098	3384	0,166	0,173	4,90E-05
Djanub	0,085	0,357	0,375	0,183	3232	0,172	0,178	3,60E-05
Bulla	0,065	0,349	0,408	0,179	5353	0,173	0,167	3,60E-05
Sang Duv Xara Zire	0,146	0,318	0,332	0,204	4573	0,177	0,17	4,90E-05
.....								
Djanub	0,145	0,031	0,671	0,153	3252	0,203	0,176	0,000729
Sang Duv Xara Zire	0,094	0,192	0,571	0,143	2541	0,171	0,178	4,90E-05
Sang Duv Xara Zire	0,144	0,013	0,609	0,234	2561	0,198	0,172	0,000676
Sang Duv Xara Zire	0,144	0,009	0,609	0,237	2524	0,198	0,172	0,000676
Guneshli	0,042	0,259	0,536	0,164	2903	0,152	0,184	0,001024
Djanub	0,078	0,009	0,704	0,208	3196	0,186	0,172	0,000196
								0,04487885

Dissertasiyada həll olunan məsələlər üzrə alınan nəticələrə əsasən, mövcud yanaşmalarda qeyri-müəyyənlik şəraitində çoxmeyarlılığı nəzərə alan Çox Atributlu Qərar Qəbuletmə (ÇAQQ) üsulları, qeyri-səlis məntiqi çıxarış sistemləri (QSMÇS) və qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkələri(QSRNŞ) effektiv və uyğun yanaşmalar olub qərar qəbuletmə prosesini daha çevik, dəqiq və real şəraitə uyğunlaşdırma bilirlər. Klassik ÇAQQ üsulu daha strukturlu və riyazi yanaşma olub, klassik variantlarda subyektivlik, kriteriyalar çoxluğu, qeyri müəyyənliyi nəzərə almaq kimi problemlərlə üzləşir. Lakin qeyri-səlis məntiqlə genişləndirdikdə bu sadalanan məhdudiyətləri

aradan qaldıraraq müxtəlif sahələrdə qeyri-müəyyənliyi, davamlılığı proqnozlaşdırmaq üçün çox böyük dəyişkənlikləri, çoxsaylı parametrlərin birgə nəzərə alınmasının öhdəsindən gələ bilər.

QSMÇS-i qeyri-müəyyən və təcrübə əsaslı qərar qəbulətmədə üstün olsa da, qaydaların düzgün qurulması həssaslıq və dəqiqlik tələb edərək, uzun zaman alır.

QSRNŞ-in öyrətmə xüsusiyyətinə malik olması əsasən zamanla dəyişən olan sistemlər üçün daha uyğun olub, hesablama baxımından uzun və baha başa gəlir.

Sulfokationitlərin keyfiyyətinin qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş TOPSIS üsulu ilə təyini ¹¹.

Suyun yumşaldılmasında və əlvan metalların filizlərdən ayrılmasında iondəyişdirici adsorbent kimi istifadə olunan sulfokationitlərin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi məqsədilə istifadə olunan qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş TOPSIS parametrlərin dəqiq müəyyən edilmədiyi və ya qeyri-müəyyən olduğu vəziyyətlərdə çox faydalıdır. Bu yanaşma sulfokationitlərin keyfiyyətinə təsir edən fiziki-kimyəvi amillərdə olan qeyri-müəyyənliyi, davamlılığı proqnozlaşdırmaq üçün çox böyük dəyişkənlikləri, çoxsaylı parametrlərin birgə nəzərə alınmasının öhdəsindən gəlməyə imkan verir.

Məsələnin həlli zamanı alternativlərə A_1 - FFO əsaslı sulfokationit, A_2 - asetamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit, A_3 - benzamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit, A_4 - oksamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit, A_5 - tereftaldiamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit və A_6 - karbamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit aiddir.

Meyarlar isə C_1 - statik dəyişmə tutumu, C_2 - dinamik dəyişmə tutumu, C_3 - şişmə dərəcəsi, C_4 - xüsusi həcm və C_5 - həqiqi sıxlıqdır. Qeyri-

¹¹Naibova, T.M. Abbasova, K.G. Hasanli, N.I. Quality assessment of composite sulfocationites using fuzzy logic // Processes of Petrochemistry and Oil Refining. -2025. Vol.26 N.3, -p. 807-814.

səlis TOPSIS-də ilkin olaraq qeyri-səlis qərar matrisi qurulur. Hər bir meyar üzrə alternativlərin dəyərləri Cədvəl 4-də verilmiş üçbucaq qeyri-səlis ədədlərlə ifadə olunur.

Cədvəl 4. Meyarlar, çəkilər və alternativlərin ilkin qiymətinin fraqmenti

Çəkilər (ω)		ω_1			ω_2		
		0.1	0.4	0.7	0.15	0.3	...
Meyarlar Alternativlər (Sulfokationitlər)		C_1			C_2		
		Statik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q			Dinamik dəyişmə tutumu, mq-ekv/q		
		l	m	u	l	m	...
A_1	FFO əsaslı sulfokationit	1	2.1	3.5	0.6	0.82	...
A_2	Asetamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit	1	2.84	4	0.5	0.98	...
A_3	Benzamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit	1.5	2.96	5	0.2	0.98	...
A_4	Oksamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit	2	3.6	6	0.6	0.96	...
A_5	Tereftaldiamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit	1	3.65	4	0.1	0.98	...
...

Hesablama nəticəsində Cədvəl 5-də A_4 -alternativi (oksamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit) digərləri ilə müqayisədə ən yüksək 0.746828 göstəriciyə sahib olur.

Cədvəl 5. Alternativlərin rənqı

A_i	Rənq	Alternativlər	
0.193766	6	A_1	FFO əsaslı sulfokationit
0.525486	3	A_2	Asetamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit
0.497	4	A_3	Benzamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit
0.746828	1	A_4	Oksam idlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit
0.571232	2	A_5	Tereftaldiamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit
0.47763	5	A_6	Karbamidlə modifikasiya olunmuş FFO əsaslı sulfokationit

Dördüncü fəsildə dissertasiya işində Azərbaycan Respublikası üçün alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi məsləsinin AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS, ELECTRE, PROMETHE-II, ARAS və qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş qeyri-səlis+AHP, qeyri-səlis+TOPSIS, qeyri-səlis+VIKOR və qeyri-səlis+COPRAS üsulları ilə həllinə baxılmışdır. Həll olunan məsələdə alternativlərin sayı 5, meyarların sayı 12 olan 5x12 ölçülü matris qurulur ¹².

Alternativlər (A)- alternativ və bərpa olunan enerji mənbələridir.

A_1 -Külək enerjisi, A_2 -Günəş enerjisi, A_3 -Hidroenergetika, A_4 -Geotermal energetika, A_5 -Bioyanacaq.

Meyarlar(C)-

İstifadə etdiyi yanacağıın və ya enerjinin növü (C_1 –istilik enerji, C_2 –elektrik enerji, C_3 –mexaniki enerji),

İstehsal olunan enerjinin gücü (C_4 –kiçik güclü 250-1000 kVt, C_5 –

¹² Həsənlı, N.İ, Qardaşova, L.A. Çoxmeyarlı qərar qəbul etmə (TOPSIS, AHP, VIKOR ,CORPAS) üsullundan istifadə etməklə alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi məsləsinin həllində qeyri-səlis məntiqdən istifadə // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2020. №1, -s.66-74

orta güclü 1-5 MVt, C_6 – böyük güclü 5 MVt-dan artıq),
Texniki iqtisadi gücü (C_7 –il ərzində istifadə saatları, C_8 –dayanıqlığı, C_9 –investisiya qoyuluşu),
Ekoloji təmizliyi (C_{10} –oksigen sərfi, C_{11} –yanmaya sərf olunan havanın miqdarı, C_{12} –tikinti sahəsi.) və .s.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin seçilməsinə təsir edən meyarlar, təsnifat baxımından iqtisadi, siyasi, ekoloji və inkişaf tarixi ilə bağlı dörd əsas kateqoriyaya bölünür, onların mahiyyəti aşağıda verilib ¹³.

İqtisadi nöqteyi-nəzərdən: istilik enerjisi, elektrik enerjisi, mexaniki enerjini göstərmək olar. Alternativ enerji texnologiyalarına keçid, yalnız ekoloji baxımdan deyil, iqtisadi cəhətdən də faydalıdır. Yanacaq ehtiyatlarını qorumaq, alternativ enerjinin ucuzlaşması və elektrik stansiyalarının qısa müddətdə özünü doğrultması, bu enerjinin gələcəkdə daha geniş şəkildə qəbul edilməsini təmin edir. Bu səbəbdən, alternativ enerji ənənəvi enerji mənbələrinə nisbətən daha sərfəli və davamlı bir həll təklif edir.

Siyasi prinsiplərə görə: il ərzində sərf edilən vaxt, davamlılıq maliyyə yatırımı, ödəmə müddəti daxildir. Alternativ enerjini qəbul edən ölkə, qlobal liderliyə iddia edə bilər və faktiki olaraq yanacaq ehtiyatlarının qiymətlərini təyin etmə gücünə sahib olur.

Qlobal ekoloji və sosial nöqteyi-nəzərdən: oksigenin istifadə miqdarı, yanma zamanı istifadə olunan havanın həcmi, inşaat sahəsi nəzərə alınır. Bu gün ənənəvi enerji texnologiyalarının ekoloji təsirləri artıq hər kəsə məlumdur və faktlarla sübut olunub ki, onların istifadəsi 21-ci əsrdə iqlim dəyişikliyində ciddi nəticələrə səbəb olur. Əhalinin artımı və sıxlığının davamlı olaraq yüksəlməsi ilə yanaşı, enerji istehsalının rentabelli və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz və iri elektrik istehsalı sistemlərinin qurulacağı uyğun ərazilərin tapılması çətinləşir. Bu komplekslərinin yerləşdiyi bölgələrdə onkoloji və digər

¹³Chatterjee K., Kar S. Multi-criteria decision making for renewable energy selection using Z-numbers in uncertain environment // Technological and Economic Development of Economy.-2018. Vol 24(2), -p.739-764

ciddi xəstəliklərin artdığı halların mövcudluğu sosial gərginliyi daha da artırır.

İnkişaf tarixi cəhətdən: Yer kürəsində yanacaq ehtiyatlarının məhdud olması və planetin atmosferi ilə biosferasında baş verən fəlakətli dəyişikliklərin artması səbəbindən ənənəvi energetika sistemləri çıxılmaz vəziyyətə gəlib. Cəmiyyətin təkamül inkişafı üçün dərhal alternativ enerji mənbələrinə keçid vacibdir.

Həll olunan məsələdə yuxarıda sadalanan meyarların çəkili alt meyarlar üzrə bu sahədə çalışan mütəxəssislər tərəfindən Cədvəl 6-da verilib.

Cədvəl 6. Alt meyarların çəkili

Meyarlar	Çəkilər ω	Meyarlar	Çəkilər ω	Meyarlar	Çəkilər ω
C_{11}	0,1633	C_{51}	0,1521	C_{91}	0,0367
C_{12}	0,1367	C_{52}	0,11	C_{92}	0,028
C_{13}	0,7	C_{53}	0,7379	C_{93}	0,9353
C_{21}	0,0084	C_{61}	0,0321	C_{101}	0,1783
C_{22}	0,006	C_{62}	0,012	C_{102}	0,05
C_{23}	0,9856	C_{63}	0,9559	C_{103}	0,7717
C_{31}	0,1482	C_{71}	0,0746	C_{111}	0,0109
C_{32}	0,08	C_{72}	0,023	C_{112}	0,004
C_{33}	0,7718	C_{73}	0,9024	C_{113}	0,9851
C_{41}	0,0639	C_{81}	0,0378	C_{121}	0,0937
C_{42}	0,01	C_{82}	0,028	C_{122}	0,03
C_{43}	0,9261	C_{83}	0,9342	C_{123}	0,8763

Məsələdə qeyri-müəyyənliyi nəzərə almaq üçün hər bir alternativin müvafiq meyar üzrə qiyməti Cədvəl 7-də verilmiş üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlə, linqvistik dəyişənlə və vaciblik dərəcəsinə əsasən təyin edilir.

Cədvəl 7. Linqvistik dəyişənlər və inam dərəcələri

Vaciblik	Qısaltması	Etibarlılıq hissəsi
		Üçbucaq şəkilli qeyri-səlis ədədlər (ÜQSƏ)
Çox aşağı	ÇA	(0.0, 0.0, 0.2)
Aşağı	A	(0.05, 0.2, 0.35)
Orta Aşağı	OA	(0.2, 0.35, 0.5)
Orta	O	(0.35, 0.5, 0.65)
Orta Yüksək	OY	(0.5, 0.65, 0.8)
Yüksək	Y	(0.65, 0.8, 0.95)
Çox Yüksək	ÇY	(0.8, 1.0, 1.0)

Çoxatributlu qərar qəbuletmə üsulları üzrə alınan nəticələr Cədvəl 8-də təsvir olunub. Üsullar üzrə alınan nəticələrin əksəriyyətində A_2 alternativinin yəni Günəş enerjisinin birinci yerdə sıralandığı əks olunur. Alınan nəticələrin üsullar üzrə eyni olması bərpa olunan enerji mənbələrinin seçimində obyektiv, dəqiq və balanslaşdırılmış qərar qəbul edildiyini göstərir.

Həssaslıq analizi ¹⁴. Məsələnin həllində verilmiş meyarların qərar qəbul edən şəxslər tərəfindən təyin edildiyini nəzərə alaraq, qərar

¹⁴Həsəni, N.İ. Alternativ və bərpa olunan enerjinin bərpa olunan enerjinin seçilməsi məsələsinin həllində istifadə olunan çoxmeyarlı qərar qəbuletmə üsullarının həssaslıq analizi // - Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2024. Cild 45 (05) Buraxılış 10, -s.207-217

Cədvəl 8. Alternativlərin yekun qiyməti və rəngi.

ÇMQQ üsulları		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
		Külək enerjisi	Günəş enerjisi	Hidro-energetika	Geotermal energetika	Bio-yanacaq
AHP	ranq	3	1	4	5	2
	A_i	0.205	0.229	0.179	0.170	0.215
Qeyri-səlis AHP	ranq	4	1	2	5	3
	A_i	0.599	0.769	0.715	0.597	0.697
TOPSIS	ranq	3	1	4	5	2
	A_i	0.466	0.620	0.420	0.404	0.527
Qeyri-səlis TOPSIS	ranq	2	1	4	5	3
	A_i	0.894	0.900	0.823	0.684	0.891
COPRAS	ranq	3	1	4	5	2
	A_i	0.205	0.231	0.178	0.169	0.21
Qeyri-səlis COPRAS	ranq	1	2	3	4	5
	A_i	0.828	0.722	0.708	0.671	0.667
VIKOR	ranq	3	2	5	4	1
	A_i	0.25015	0.22513	0.965169	0.725136	0.045
Qeyri-səlis VIKOR	ranq	3	1	4	5	2
	A_i	0.867	0.665	0.924	0.928	0.677
ELECTRE	ranq	2	1	3	5	4
	A_i	0.712	0.881	0.382	-1.2551	-0.720
PROMETHEE II	ranq	2	3	5	4	1
	A_i	0.071	0.0591	-0.140	-0.136606	0.145
ARAS	ranq	3	1	5	4	2
	A_i	0.652	0.734	0.5689	0.596995	0.694

qəbul edənin subyektivliyi, fikrindəki qeyri müəyyənliklər və şübhələr verilən qərarın 100% doğru və ya yanlış olduğunu təyin etmək olmur. Həssaslıq təhlili modelin və ya sistemin giriş parametrlərindəki kiçik dəyişikliklərə qarşı çıxış nəticələrinin nə dərəcədə dəyişəcəyini qiymətləndirməyə imkan verir.

Alternativlər üzrə alınan dəyərlərin nisbi yaxınlığı müəyyən edilərək, meyar çəkilərindəki dəyişikliklərə nə qədər həssas olduğu, 9 formulu ilə həssaslıq əmsalının ∂_{ij} dəyərləri müəyyən olunur.

$$\partial_{ij} = \frac{P_j - P_i}{a_{jk} - a_{ik}} \leq \omega_k ; \quad (9)$$

burada

$P_j - P_i$ – k meyarı üzrə j və i alternativlərinin dəyərlərinin fərqi
 $a_{jk} - a_{ik}$ – k meyarı üzrə i və j alternativlərin nisbi yaxınlığının (AHP üsulu ilə alınan) fərqi
 ω_k – k meyarının çəkisidir.

Uyğun sütün üzrə həssaslıq əmsalının ∂_{ij} çəki dəyəri ilə müqayisə zamanı $\partial_{ij} \leq \omega_k$ şərti ödəndikdə həll müəyyən (M) , ödənmədikdə isə müəyyən olmayan (M/O) olur.

Alternativ rənglərinin dəyişməsinə müəyyən edən meyarların faizlə təsviri 10 formulu ilə təyin edilir.

$$\partial_{ij} = \frac{P_j - P_i}{a_{jk} - a_{ik}} * \frac{100}{\omega_k} \quad (10)$$

Fəaliyyət dəyərlərində ümumi dəyişikliyin baş verməsi, alınan qiymətlər arasında ən kiçik qiymət kritik rəqəm hesabına müəyyən olunur.

Cədvəl 9-da aparılan həssaslıq analizinin nəticələrinə əsasən alternativ cütləri üzrə alınan dəyərlər müsbət və mənfi qiymətlərdir. Alternativlərin rəngində yerdəyişmə baş verməsi üçün mənfi dəyər

meyarın çəkisinin artırılmasını, müsbət dəyərlər isə azaldılmasını göstərir. $A_1 - A_3$ (AHP-COPRAS) alternativlərinin ranqında dəyişikliyin olması üçün ən yaxşı mümkün və minimum dəyişiklik C_4 meyarının çəkisinin 65.05% azaldılmasıdır.

Cədvəl 9. Meyarların təsirinin faizlə göstəricisinin fraqmenti

Alternativ cütləri	ω -meyarların çəkisi				
	0.3199	0.2481	0.1124	0.215	0.1046
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
$A_1 - A_2$	M/O	M/O	M/O	M/O	M/O
$A_1 - A_3$	M/O	-82.2291	M/O	65.06143	M/O
$A_1 - A_4$	M/O	52047.43	M/O	M/O	-1271.89
$A_1 - A_5$	-655.557	-765.249	-4648.64	91.3628	M/O
$A_1 - A_6$	M/O	M/O	M/O	M/O	M/O
....
$A_2 - A_4$	-78.3544	-64.2882	88.26774	20.74781	-47.1486
....
$A_6 - A_7$	M/O	M/O	M/O	M/O	M/O

Ümumi dəyişikliyin baş verməsi üçün cədvəl üzrə ən kritik meyarın ən kiçik qiymət 20.74-dür. Beləliklə ümumi ranqlar arasında ən kritik dəyişmə, C_4 meyarını çəkisinin 20.74% azaldılması nəticəsində $A_2 - A_4$ (TOPSIS-VIKOR) alternativləri arasında ranq dəyişikliyi baş verə bilər.

NƏTİCƏ

1. Ən qısa və optimal məsafə ACO+TOPSIS hibrid üsulu ilə tapılmışdır[23,21].
2. Türkiyə elektrik enerji istehlakının uzun müddətli və günəş ləkələri ilə qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün genetik alqoritmlə öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkə qurulmuşdur[15].
3. Daha dərin formasiyalarda lay süxurlarının məsaməliliyini proqnozlaşdırmaq üçün C-means klasterləşmə ilə xətalarnı geriyyə yayılması alqoritmi öyrədilmiş qeyri-səlis rekurent neyron şəbəkə qurulmuşdur[17].
4. Sulfokationitlərin keyfiyyətin qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş TOPSIS üsulu ilə dəqiqləşdirilmişdir[22].
5. Alternativ və bərpa olunan enerji növləri qeyri-səlis məntiqlə genişləndirilmiş AHP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS üsulları ilə seçilmişdir[19].

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi işlərdə çap olunmuşdur:

1. Мамедова, Н. И. Анализ существующих методов принятия решений в условиях неопределенности //VI Международная научно-практическая конференция “Проблемы и перспективы развития ИТ-индустрии”,- Харьков: Харьковской национальной экономической университет-17 апреля – 18 апреля, -2014,-с.274.
2. Qardaşova, L.A., Həsənlı, N.İ. Çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsində optimal həllin təyini // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2015. №6(100), -s. 63-69.
3. Məmmədova, N.İ. Çox meyarlı optimallaşdırma məsələlərində genetik alqortim əsasında Pareto optimal həllin təyini // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika elmi

- konfransı, -Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, - 24 may-25 may, -2016,-s.257-260.
4. Qardaşova, L.A., Həsənlı, N.İ. PSO və GA təkamül optimallaşdırma üsullarının müqayisəsi // Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları III Respublika Konfransı, -Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, - 15 dekabr-16 dekabr, -2016,-s.155-157.
 5. Qardaşova, L.A., Həsənlı, N.İ. Tək və Çox meyarlı hissə optimallaşdırma (PSO və MOPSO) metodlarının işləmə prinsipi // Urbanizasiyalı sənayeləşmə şəraitində mədəni irsin və biomüxtəlifliyin qorunması mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfrans,-Gəncə:Azərbaycan Texnologiya Universiteti, -29aprel-30aprel, -2017, -s.295-297.
 6. Həsənlı, N.İ. Tək məqsədli çox dəyişənli məsələnin hissə-hissə optimallaşdırma metodu ilə optimal həllərin təyini //-Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetin Elmi əsərləri, -2017. №3, -s 22-25.
 7. Гасанлы, Н. И. Решения задачи одноцелевой многопараметрической оптимизации с помощью метода роя частиц // - Киев:Web Scholar, -2017. №1, -с.36-39.
 8. Həsənlı, N.İ.Çoxmeyarlı hissə-hissə optimallaşdırma (MOPSO) metodunun işləmə prinsipinin analizi // -Bakı: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, -2017. №2(26), -s.210-214.
 9. Həsənlı, N.İ. ZDT 1, ZDT 2, ZDT 3 test məsələlərinin çoxmeyarlı hissə-hissə optimallaşdırma (MOPSO) metodu ilə həlli // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXI Respublika elmi konfransı, -Bakı: Bakı Dövlət Universiteti,-24 oktyabr-25 oktyabr, -2017, -s.8-10.
 10. Həsənlı, N.İ. Hissə-hissə optimallaşdırma metodunda qeyri-müəyyənliyin təsviri // Riyaziyyatın nəzəri və tətbiqi problemləri mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfransı, -

Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti, -25 may-26 may, -2017, -s.184-185.

11. Гасанлы, Н. И. Решение задач коммивояжера методом роя частиц // International Scientific and Practical Conference “World Science”, -Abu-Dhabi: -27декабрь-28декабрь, -2017, -с.5-6.
12. Həsənli, N.İ. Kommivoyaşör problemi məsələsinin PSO və ACO optimallaşdırma üsulları ilə həlli // -Bakı: Azərbaycan Texniki Universitetin Elmi əsərləri, -2017. №1, -s.51-57.
13. Qardaşova, L.A., Həsənli N.İ. Təkamül hesablamalara əsaslanan üsulların tədqiqi // -Bakı: Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, -2018. №10(2), -s.92-99.
14. Qardaşova, L.A., Həsənli N.İ. PSO and GA comparison of evolutionary optimization methods // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2018. -Cild 20 №1(111), -s.83-92.
15. Gardashova, L.A., Hasanli, N.I., Akhmadov, S.A. Benchmark fuzzy time-series forecasting using fuzzy recurrent neural network // - London: Black sea scientific journals of academic research. -2019. Volume 51 issue 08,-p.48-56.
16. Həsənli, N.İ. Çoxmeyarlı qərar qəbul etmə məsələsinin həllində qeyri-səlis AHP üsulundan istifadə // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIII Respublika elmi konfransı, -Bakı: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, -3 dekabr-4 dekabr,-2019, -s.201-203.
17. Aliyarov, R. Y. , Gardashova, L. A. , Hasanli, N. I. Predicting Porosity Through Fuzzy Logic Based Methods from South Caspian Basin Data // 14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing – ICAFS-2020, -Budva, Montenegro: - 27–28 August, -2020,-p.268-274.
18. Həsənli, N.İ. Çoxmeyarlı qərar qəbuletmə məsələsinin həllində AHP, FIS və ANFIS modelinin müqayisəsi // ADNSU-nun 100

illiyinə həsr olunmuş ADNSU gənc alim və tədqiqatçıların elmi-praktiki konfransı, -Bakı: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, -7 may-8 may,- 2020, -s.425-429.

19. Həsənlı, N.İ., Qardaşova, L.A. Çoxmeyarlı qərar qəbul etmə (TOPSIS, AHP, VIKOR, CORPAS) üsullundan istifadə etməklə alternativ və bərpa olunan enerjinin seçilməsi məsələsinin həllində qeyri-səlis məntiqdən istifadə // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2020. №1, -s.66-74
20. Həsənlı, N.İ. Alternativ və bərpa olunan enerjinin bərpa olunan enerjinin seçilməsi məsələsinin həllində istifadə olunan çoxmeyarlı qərar qəbul etmə üsullarının həssaslıq analizi // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2024. Cild 45 (05) Buraxılış 10, -s.207-217.
21. Həsənlı, N.İ. ACO VƏ TOPSIS üsulları ilə səyahət edən satış agentı məsələsinin həlli // -Bakı: Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin Xəbərləri, -2025. Cild 53 №056, -s.257-265.
22. Naibova, T.M. Abbasova, K.G. Hasanli, N.I. Quality assessment of composite sulfocationites using fuzzy logic // Processes of Petrochemistry and Oil Refining. -2025. Vol.26 N.3, -p. 807-814.
23. Hasanli N.I. Finding the shortest and optimal path with meta-heuristic and MADM methods // Chemical Technology, Control and Management. -2025. Vol 2025, N.4, -p .1-7



Həmmüəlliflərlə birgə dərc olunmuş elmi məqalərdə, tezislərdə müəllifin fərdi iştirakı:

[2, 4, 5, 13, 14, 15, 17, 19, 22] – Məsələlərin həlli, riyazi təhlil, kompüter simulyasiyası

Dissertasiyanın müdafiəsi 31 oktyabr 2025-ci il tarixində saat 13:00 Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1141, Bakı şəhəri, Bəxtiyar Vahabzadə küçəsi, 68 Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutu.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 sentyabr 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.09.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 38143

Tiraj: 100