

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

MÖHÜBBƏT ZAMƏDDİN OĞLU ƏHMƏDOV

**QEYRİ-SƏLİS ZAMAN SİRALARI ƏSASINDA
PROQNOZLAŞDIRMA**

3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2016

İş Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin
«Kompüter elmləri və mühəndisliyi» kafedrasında yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika üzrə elmlər doktoru, professor

R.Ə.ƏLİYEV

Rəsmi opponentlər:

texnika üzrə elmlər doktoru, professor

M.A.ƏHMƏDOV

texnika üzrə elmlər doktoru, dosent

R.R.RZAYEV

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin “İnformasiya texnologiyaları və
proqramlaşdırma” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi «27» may 2016-cı il saat 14⁰⁰–da AMEA
İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun nəzdindəki FD.01.231
Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küç.,9.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan MEA İnformasiya Texnologiyaları
İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «19 » aprel 2016-cı ildə paylanmışdır.

FD.01.231 Dissertasiya şurasının
elmi katibi, texnika üzrə fəlsəfə doktoru

R.H. ŞİXƏLİYEV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı. Qeyri-dəqiqlik və qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən istehsal müəssisələrinin fəaliyyətinin təhlili istehsal prosesinin idarə olunması məqsədilə qərar qəbulətmə sahəsində çox mühüm rol oynayan istehsal göstəricilərinin proqnozlaşdırılması üçün müasir üsulların işlənməsini vacib bir tələb kimi qarşıya qoymuşdur. Bu tələb bir tərəfdən qarşıya çıxan problemlərin ənənəvi üsullar tətbiq olunmaqla həll edilə bilməməsi, digər tərəfdən isə məlum üsullar vasitəsilə yüksək dəqiqliyə malik proqnoz nəticələrin əldə edilə bilməməsi ilə əlaqədardır.

Müasir dövrdə iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrində əvvəlki fəaliyyət dövrünün statistik verilənləri əsasında növbəti fəaliyyət dövrü üçün münasib qərarların qəbul edilməsi məqsədilə iqtisadi göstəricilərin proqnozlaşdırılması və bu əsasda iqtisadi proseslərin idarə olunmasında klassik zaman sıraları istifadə olunur. Ancaq son vaxtlar ekspert-insanın fərdi intuisiya və iş təcrübəsindən istifadəni tələb edən elə məsələlərə rast gəlinir ki, onların həllində klassik zaman sıralarına əsaslanan ənənəvi üsullar yararlı deyildir. Ona görə ki, belə üsulların real sistemlərə adekvatlığının qiymətləndirilməsi ənənəvi tədqiqat metodları çərçivəsində həll edilə bilmir. Məhz buna görə də qeyri-dəqiqlik və qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən müəssisələrdə istehsal prosesinin dinamikasını xarakterizə edən iqtisadi göstəricilərin proqnozlaşdırılması və bu əsasda istehsalın, mürəkkəb texniki sistemlərin identifikasiyası və idarə olunması proseslərində tədqiqat metodlarını tədqiqatçının təbii dillə ifadə olunan intuisiya və fərdi iş təcrübəsinin formallaşdırılması yolu ilə birləşdirilməsinə imkan verən riyazi üsullar intensiv şəkildə tədqiq və tətbiq olunmaqdadır. Bu üsulların əsasında isə Soft Kompüter nəzəriyyəsi durur.

İstehsal prosesinin idarə olunmasının səmərəliliyi və effektivliyinin artırılması məqsədilə iqtisadi göstəricilərin gələcək dövr üçün proqnozlaşdırılması prosesində klassik zaman sıralarında istifadə olunan kəmiyyətlərin ideallaşdırılmış determinik qiymətləri (Crisp) əvəzinə, ekspert-insanların fərdi intuisiya və iş təcrübəsini nəzərə almağa imkan verən qeyri-səlis ədədlərdən istifadə olunması son dövrdə tədqiq və tətbiq olunan ən güclü elmi yanaşmalardan biridir.

İqtisadiyyatın bir çox sahələrində olduğu kimi enerji istehsalı müəssisələrində də istehsal prosesinin mürəkkəbliyi, qeyri-dəqiqliyi və qeyri-müəyyənliyi, istehsal prosesinin daha da səmərəli idarə olunması məqsədilə optimal biliklər bazasının olmaması, insan-maşın sistemlərində

qeyri-dəqiq giriş və çıxış kəmiyyətləri arasında mövcud olan mürəkkəb asılılıqlar və s. istehsal prosesinin müşahidə olunması nəticəsində qeyri-səlis zaman sıraları adlandırılan bir tədqiqat obyektinə əmələ gətirmişdir.

Bütün bu qeyd olunanlar dissertasiya mövzusunun aktuallığını göstərir.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin məqsədi qeyri-səlis zaman sıralarında proqnoz dəqiqliyini artırmaq məqsədilə biliklər bazasının effektiv seçilməsi və məntiqi çıxarış mexanizmi üçün optimal qeyri-səlis implikasiyanın tapılmasından ibarətdir.

Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı elmi-nəzəri və praktiki məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

- qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılması prosesində biliklər bazasının formalaşdırılması məqsədilə qeyri-səlis qaydaların optimal sayının müəyyən edilməsi;
- qeyri-səlis zaman sıralarının hədləri olan linqvistik termlərin qeyri-səlis çoxluqlar şəklində təsvir olunması məqsədilə mənsubiyyət funksiyasının tipinin seçilməsi;
- məlum qeyri-səlis implikasiyalar içərisindən yüksək dəqiqliyə malik proqnoz nəticələrin hesablanmasına imkan verən optimal qeyri-səlis implikasiyanın tapılması;
- statistik göstəricilərdən istifadə olunmaqla universal çoxluğun və qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması və bu əsasda proqnozlaşdırma modelinin qurulması;
- daha yaxşı proqnoz nəticənin tapılmasına imkan verən qeyri-səlis implikasiya istifadə olunmaqla yeni proqnozlaşdırma metodunun təklif olunması;
- təklif olunmuş yeni proqnozlaşdırma metodu vasitəsilə Azərbaycan İES MMC-də elektrik enerjisinin istehsalının proqnozlaşdırılması.

Tədqiqat üsulları: Dissertasiyadakı elmi tədqiqat və araşdırmalar Soft Kompüter nəzəriyyəsinin tərkib hissələri olan qeyri-səlis çoxluqlar və qeyri-səlis məntiq nəzəriyyələri əsasında aparılmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- qeyri-səlis zaman sıralarının variant halında universitetdə tələbə qeydiyyatının proqnozlaşdırılması məsələsinin həll alqoritm;
- invariant qeyri-səlis zaman sıraları halında universitetdə tələbə qeydiyyatının proqnozlaşdırılması məsələsi üçün bilavasitə(indirekt) üsulun alqoritm;

- məlum qeyri-səlis məntiqlər içərisindən yüksək dəqiqliyə malik olan proqnoz nəticələrin hesablanmasına imkan verən qeyri-səlis implikasiyanın seçilməsi üçün imitasiya modeli;
- invariant qeyri-səlis zaman sıraları halında yüksək dəqiqliyə malik olan proqnoz nəticələrin hesablanmasına imkan verən yeni proqnozlaşdırma üsulunun tətbiqi ilə enerji istehsalının proqnozlaşdırılması.

İşin elmi yenilikləri: Dissertasiya işində əldə edilmiş əsas elmi yeniliklər aşağıdakılardan ibarətdir:

- qeyri-səlis zaman sıralarında proqnozlaşdırma xətasını minimallaşdırmaq üçün tipik mənsubiyyət funksiyaları içərisindən daha səmərəlisinin seçilməsi proseduru təklif olunmuşdur;
- qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli məqsədilə qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması üçün qeyri-səlis keçid qaydalarının optimal sayının müəyyən edilməsi qaydası təklif olunmuşdur;
- mövcud qeyri-səlis implikasiyalar içərisindən minimal proqnoz xətasını təmin edən qeyri-səlis implikasiyanın imitasiya modeli əsasında seçilməsi problemi həll olunmuşdur;
- qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli məqsədilə yeni üsul təklif olunmuşdur.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işində qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma məsələlərinin həlli məqsədilə təklif olunmuş alqoritm və prosedurlar istehsal prosesinin xarakterindən asılı olmayaraq, biznes və iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrində tətbiq oluna bilər. Proqnozlaşdırma məqsədilə istifadə olunan statistik göstəricilər ədədlər olan halda mənsubiyyət funksiyasının tipinin seçilməsi, qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması alqoritmləri və müvafiq proqramlar proqnozlaşdırma ilə bağlı tədris məqsədilə də istifadə oluna bilər.

İşin nəticələrinin realizasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işində alınmış elmi nəticələr Azərbaycan İstilik Elektrik Stansiyası (İES) qapalı tipli səhmdar cəmiyyətində elektrik enerjisinin istehsalının proqnozlaşdırılması məsələsinin həlli üçün tətbiq olunmuş və yeni üsulla proqnozlaşdırma zamanı alınmış uğurlu nəticələr dissertasiya işində bəhs olunan nəzəri müddəaların, elmi axtarışların praktiki əhəmiyyətini bir daha təsdiq etmişdir. Aparılmış elmi-tədqiqatların məntiqi nəticəsi olaraq təklif

olunmuş proqnozlaşdırma üsulunun praktik əhəmiyyəti Azərbaycan İES MMC-də müvafiq aktla təsdiq edilmişdir.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri WCIS-2002 Second World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation mövzusunda beynəlxalq konfransda (Tashkent – 2002), Fifth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing mövzusunda beynəlxalq konfransda (Milan, Italy-2002), “İntellektual idarəetmə və qərarların qəbul edilməsi sistemləri” mövzusunda elmi-praktik konfransda (Bakı – 2003), “Yeni informasiya texnologiyalarının elmi-tədqiqat işlərinin təhlilinə tətbiqi” mövzusunda elmi-praktik seminarı (Bakı 2007), Mingəçevir Politeknik İnstitutunun yaradılmasının 20 illiyinə həsr olunmuş Respublika elmi-praktik konfransında (Bakı–2011), “Dövlətin regional siyasətinin reallaşmasında Aran iqtisadi rayonunun rolu: reallıqlar və perspektiv inkişaf”ına həsr olunmuş Respublika elmi praktik konfransında (Mingəçevir–2013), “Heydər Əliyev və Azərbaycanda energetikanın inkişafı”na həsr olunmuş Respublika elmi praktik konfransında (Mingəçevir–2014), “Davamlı inkişafın milli modeli və strategiyası” Respublika elmi konfransında (Mingəçevir–2015) məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur.

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya mövzusu üzrə 17 elmi iş çap olunmuşdur. Onlardan 10 məqalə (7-si resenziya olunan jurnallarda) və 7 məruzə isə beynəlxalq və respublika konfranslarının materiallarında dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, əsas nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və əlavələrdən ibarətdir. İşin əsas məzmunu 130 səhifə, 19 şəkil və 36 cədvəldən ibarətdir. Ədəbiyyat siyahısında 109 adda mənbə göstərilmişdir.

DISSERTASIYA İŞİNİN MƏZMUNU

Girişdə qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli ilə bağlı aparılmış elmi tədqiqatların məntiqi nəticəsi olan dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, aparılmış elmi tədqiqatın məqsədi və əsas tədqiqat məsələləri, tədqiqat metodikası, alınmış elmi yeniliklər, işin praktiki əhəmiyyəti öz əksini tapmışdır.

Birinci fəsildə zaman sıraları və proqnozlaşdırma məsələsi, proqnozlaşdırma prosesinin mərhələləri, klassik zaman sıralarının komponentləri, additiv və multiplikativ modellər, xətti və qeyri-xətti reqressiya modelləri haqqında qısa məlumat verilmiş, klassik zaman sıraları

əsasında proqnozlaşdırma üsullarının vəziyyəti araşdırılmış və müasir dövrə qədər bu sahədə diqqətəlayiq hesab olunan elmi işlərin qısa təhlili verilmiş və onların çatışmayan cəhətləri göstərilmişdir.

1991-ci ildən sonra elmi mətbuatda çox böyük maraqla qarşılanan qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli ilə bağlı yeni-yeni üsullar təklif olunmuş, mövcud üsulların bir sıra daha təkmil variantlarına həsr olunmuş elmi məqalələrin sayı çoxalmışdır. Bu onunla əlaqədar idi ki, təbii dildə ifadə olunan anlayışların qeyri-səlisliyi ilə bağlı mövcud çətinliyi aradan qaldırmaq üçün formal, güclü və kəmiyyət strukturunu təmin etmək məqsədi güdən bir nəzəriyyənin əsası artıq qoyulmuş idi. Bu 1965-ci ildə əsas prof. L.Zadə tərəfindən qoyulan «Qeyri-səlis çoxluqlar» nəzəriyyəsi idi.

Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma üsullarının vəziyyətinin ətraflı şəkildə təhlili göstərmişdir ki, elmi tədqiqat işləri invariant və zamana görə dəyişən qeyri-səlis zaman sıraları sahəsində aparılmış və bir sıra mühüm nəticələr əldə olunmuşdur.

Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma mövzusu ilə əlaqədar yeni bir yanaşma yüksək tərtibli qeyri-səlis zaman sıraları vasitəsilə proqnozlaşdırma probleminin qoyuluşu və həlli üsulunun təklif olunması ilə bağlıdır.

Birinci fəslin yekunu olaraq qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma məsələsi sahəsində həll olunmamış problemlər sadalanmış, işin aktuallığı əsaslandırılmışdır. Bu problemlər dissertasiya işində həll olunacaq məsələlər şəklində qruplaşdırılmış, proqnozlaşdırma məsələsinin həlli ilə bağlı elmi axtarırların istiqaməti konkretləşdirilmişdir.

İkinci fəsildə qeyri-səlis verilənlər və zaman sırasının qurulması üçün istifadə olunan mənsubiyyət funksiyaları, qeyri-səlis qaydalar və münasibətlər matrisinin formalaşdırılması məqsədilə araşdırılan qeyri-səlis implikasiyalardan bəhs olunur. Qeyri-səlis zaman sıraları riyazi olaraq aşağıdakı kimi təyin olunur:

Fərz edək ki, $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$), R^1 həqiqi ədədlər çoxluğunun alt çoxluğudur və elə bir universal çoxluqdur ki, bu çoxluqda $f_i(t)$ ($i=1, 2, \dots$) qeyri-səlis çoxluqları təyin olunmuşdur. $F(t)$ çoxluğu isə öz növbəsində $f_i(t)$ ($i=1, 2, \dots$) qeyri-səlis çoxluqlarından ibarətdir. Onda $F(t)$ çoxluğuna $Y(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) universal çoxluğunda təyin olunmuş qeyri-səlis zaman sırası deyilir.

Adi zaman sıraları ilə qeyri-səlis zaman sıraları arasındakı fərq ondan ibarətdir ki, əvvəlkilərin müşahidəsi zamanı real ədədlər istifadə olunduğu halda, qeyri-səlis zaman sıraları müşahidə olunduqda qeyri-səlis çoxluqlar istifadə olunur.

Qeyri-səlis zaman sıralarının modelləşdirilməsi üçün qeyri-səlis münasibətlərdən istifadə olunur. Ona görə ki, birincisi, qeyri-səlis zaman sıralarının hədləri linqvistik dəyişənin termlərini xarakterizə edən qeyri-səlis çoxluqlardır, ikincisi, t-zaman anında olan müşahidələrin nəticələri, əvvəlki vaxtlarda aparılmış müşahidələrin nəticələri ilə əlaqəlidir. Başqa sözlə desək, t-zaman anında olan müşahidələrlə, (t-1), (t-2), (t-3),... zaman anlarında aparılmış müşahidələr arasında səbəb-nəticə əlaqələri vardır. Məhz elə bununla əlaqədar olaraq modelləşdirmə prosesi dedikdə, mahiyyət etibarı ilə müəyyən zaman intervalında aparılan müşahidələr arasındakı qeyri-səlis səbəb-nəticə münasibətlərini inkişaf etdirmək başa düşülür.

Fərz edək ki, $F(t)$ ancaq $F(t-1)$ ilə, ya da $F(t-1)$ və ya $F(t-2)$ və ya ... və ya $F(t-m)$ ($m>0$) ilə səbəblənir. Bu münasibət aşağıdakı qeyri-səlis münasibət bərabərliyi şəklində yazılır:

$$F(t)=F(t-1) \circ R(t,t-1) \quad (1)$$

və ya

$$F(t)=(F(t-1) \bigcup F(t-2) \bigcup \dots \bigcup F(t-m)) \circ R_o(t,t-m) \quad (2)$$

Bu halda (1) və ya (2) bərabərliyi ilə təyin olunan $F(t)$ qeyri-səlis zaman sırası *bir tərtibli qeyri-səlis zaman sırası* modeli adlanır.

Fərz edək ki, $F(t)$ eyni zamanda $F(t-1)$, $F(t-2)$, ..., $F(t-m)$ ($m>0$) ilə səbəblənir. Bu münasibət aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$F(t)=(F(t-1) \bigcap F(t-2) \bigcap \dots \bigcap F(t-m)) \circ R_a(t,t-m) \quad (3)$$

Bu halda (3) bərabərliyi ilə təyin olunan $F(t)$ *m-tərtibli qeyri-səlis zaman sırası* modeli adlanır.

Proqnozlaşdırma problemi ilə bağlı məsələlərdə adi ədədlərdən ibarət olan ilkin verilənlər ardıcılığını qeyri-səlis verilənlər ardıcılığı şəklində ifadə etmək mümkündür. Bu isə öz növbəsində klassik zaman sıralarının

qeyri-səlis zaman sıralarının xüsusi halı olduğunu göstərir. Başqa sözlə desək, qeyri-səlis zaman sıraları, klassik zaman sıralarının ümumiləşdirilməsi kimi dinamik proseslərinin modelləşdirilməsi məqsədilə istifadə olunan riyazi aparatdır.

Qeyri-səlis zaman sıralarının hədləri olan linqvistik termləri qeyri-səlis çoxluqlar şəklində təyin etmək məqsədilə müvafiq mənsubiyyət funksiyası mövcud funksiyalar arasından seçilir. Dissertasiya işində aşağıda göstərilən mənsubiyyət funksiyaları üzərində eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır:

- 1) Üçbucaqşəkilli mənsubiyyət funksiyası:

$$\mu(u_i) = \begin{cases} 0, & \text{əgər } x < a \text{ və } x > b \\ \frac{x-a}{u_{or}^i - a}, & \text{əgər } a \leq x \leq u_{or}^i \\ \frac{b-x}{b-u_{or}^i}, & \text{əgər } u_{or}^i \leq x \leq b \end{cases} \quad (4)$$

Burada, a, b - intervalın sol və sağ ucları;
 u_{or}^i - müvafiq bölgülərin orta nöqtələri;
 x - dəyişəndir.

- 2) Trapesiyaşəkilli mənsubiyyət funksiyası:

$$\mu(u_i) = \begin{cases} 0, & \text{əgər } x < a \text{ və } x > b \\ \frac{x-a}{c-a}, & \text{əgər } a \leq x \leq c \\ 1, & \text{əgər } c \leq x \leq d \\ \frac{b-x}{b-d}, & \text{əgər } d \leq x \leq b \end{cases} \quad (5)$$

Burada, a, b - intervalın sol və sağ ucları (trapesiyanın alt oturacağının təpələri);
 c, d - trapesiyanın üst oturacağının təpələri;
 u_{or}^i - müvafiq bölgülərin orta nöqtələri;
 x - dəyişəndir.

3) Zəngformalı mənsubiyyət funksiyası:

$$\mu(u_i) = \frac{1}{1 + [C * (u - u_i^*)]^2} \quad (6)$$

Burada,

u_i^* - müvafiq intervalların orta nöqtələridir;

U - universal çoxluqda statistik verilənlər;

C - Sabit ədəddir.

Qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılmasında mühüm rol oynayan amillərdən biri də qeyri-səlis keçid qaydalarının optimal sayının tapılması və bu əsasda qeyri-səlis məntiqi münasibətlər matrisinin formalaşdırılmasıdır. Əvvəlcə, müxtəlif tərtibli qeyri-səlis zaman sıraları üçün universal çoxluğun qəbul olunmuş bölgüsü əsasında keçid ayrıləri qurulur. Sonra keçid ayrısının qrafiki istifadə olunmaqla qeyri-səlis keçid qaydalarının optimal sayının müəyyən edilməsi Mamdani qaydası istifadə olunmaqla müvafiq proqram vasitəsilə aparılır.

Üçüncü fəsildə qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma üsulunun qurulması, proqnozlaşdırma modelinin təhlili, universal çoxluğun formalaşdırılması və yeni proqnozlaşdırma üsulunun qurulması ilə bağlı məsələlər tədqiq olunmuşdur.

Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün təklif olunan proqnozlaşdırma alqoritmlərində

$$F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1) \quad (7)$$

düsturundan istifadə olunur.

Burada proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün istifadə olunan qeyri-səlis zaman sıralarının invariant və variant modelləri, eyni zamanda yüksək tərtibli qeyri-səlis zaman sıraları halı üçün proqnozlaşdırma alqoritmləri də təsvir olunmuşdur.

Qeyri-səlis zaman sıralarının zamana görə dəyişən və ya variant modeli üçün proqnozlaşdırma alqoritminin qurulması məqsədilə istifadə olunan evristik qaydalar verilmiş, statistik verilənlərin fəzəifikasiyası, qeyri-səlis münasibət, əməliyyat və kriteriya matrislərinin qurulması ətraflı şəkildə təsvir olunmuşdur. Seçilmiş mənsubiyyət funksiyaları istifadə olunmaqla təklif olunan standart məsələnin həlli üçün proqnozlaşdırma prosesinin nəticələri cədvəllərdə göstərilmişdir.

Məlum olmuşdur ki, zamana görə dəyişən qeyri-səlis zaman sıraları modeli istifadə olunmaqla standart məsələnin həlli üçün proqnozlaşdırma prosesinin aparılması zamanı alınmış proqnoz nəticələrin orta proqnozlaşdırma xətası üçbucaqşəkilli mənsubiyyət funksiyası istifadə olunan hal üçün bütün proqnoz pəncərələrində ən kiçik olmuşdur.

Eyni zamanda müxtəlif mənsubiyyət funksiyaları üçün standart məsələnin həlli ilə bağlı alınmış nəticələrin orta proqnozlaşdırma xətlərinin müqayisəsi Cədvəl 1-də təsvir olunmuşdur.

Qeyd olunmuşdur ki, qeyri-səlis zaman sıralarının variant halında standart məsələdə statistik göstəricilərin qiymətləri deyil, ardıcıl illər arasında hesablanmış qiymətlər fərqi, qeyri-səlis zaman sıralarının invariant halında isə birbaşa statistik göstəricilərin qiymətləri istifadə olunmuşdur.

Alınmış proqnoz nəticələrin orta proqnozlaşdırma xətası 2,99% olmuşdur ki, bu da həm Sonq-Çissom üsulu ilə alınan nəticədən–3.22%, həm də Çen üsulu ilə alınan nəticədən–3.23% yaxşıdır.

Cədvəl 1

Orta proqnozlaşdırma xətlərinin müqayisəsi

	Metod pəncərəsinin əsası (və ya modelin əsası)							
	w=2	w=3	w=4	w=5	w=6	w=7	w=8	w=9
Song- Chissom Metodu	3.15%	3.89%	4.37%	4.41%	4.49%	4.35%	4.45%	4.23%
Chen metodu	2.99%	2.94%	3.12%	2.92%	3.01%	3.08%	2.89%	2.79%
Təklif olunan metod (Üçbucaq- şəkilli MF)	2,75%	2,56%	2,73%	2,66%	2,70%	2,86%	2,70%	2,72%

Universal çoxluğun formalaşdırılması və proqnozlaşdırma modelinin qurulması ilə bağlı son dövrlər tətbiq olunan yanaşmalar və onların modifikasiyaları da tədqiq olunmuşdur. Bu yanaşmalarda statistik verilənlərin universal çoxluğun seçilmiş bölgüsü əsasında alınmış intervallarda paylanma sıxlığı nəzərə alınmaqla müxtəlif uzunluqlu intervallara bölgüsü ilə bağlı “4–3–2–1” prinsipi şərh olunur.

Fəzəffikasiya prosesində pilləvari mənsubiyyət funksiyası istifadə olunmuş və proqnozlaşdırma nəticəsində alınmış qeyri-səlis proqnoz göstəricilərin defəzəffikasiyası aparılmışdır.

III fəslin yekunu olaraq qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün təklif olunan yeni üsul və bu üsul vasitəsilə standart məsələnin həlli ətraflı şəkildə izah olunur. Proqnozlaşdırma məsələsinin həlli məqsədilə Soft Kompüterində məlum qeyri-səlis implikasiyalar arasından bir neçə qeyri-səlis məntiq seçilmişdir.

Bu implikasiyalardan istifadə olunarkən şərti məntiqi çıxarılış qaydası kimi «IF ... THEN ... ELSE» istifadə olunmuşdur ki, qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması üçün istifadə olunacaq düsturlar aşağıdakı düsturun tətbiqi vasitəsilə alınır:

$$\mu(u, v) = \int_{U \times V} (\mu_A(u) \rightarrow \mu_B(v)) \wedge ((1 - \mu_A(u)) \rightarrow (1 - \mu_B(v))) / (u, v) \quad (8)$$

Bu düsturun tətbiqi nəticəsində qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması məqsədilə hər bir implikasiya üçün uyğun olaraq aşağıda göstərilən düsturlardan istifadə olunmuşdur:

Lukaseviç implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \min \{ 1, \min [(1 - a + b), (1 + a - b)] \} \quad (9)$$

Goguen implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \begin{cases} \min(1, \frac{b}{a}), & \text{əgər } a = 1 \\ \min(1, \frac{1-b}{1-a}), & \text{digər hallarda} \end{cases} \quad (10)$$

ALI-1 implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \begin{cases} 1 - b, & \text{əgər } a < b \\ 1, & \text{əgər } a = b \\ b, & \text{əgər } a > b \end{cases} \quad (11)$$

ALI-2 implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \begin{cases} \min(a, 1 - b), & \text{əgər } a < b \\ 1, & \text{əgər } a = b \\ \min(1 - a, b), & \text{əgər } a > b \end{cases} \quad (12)$$

Zadə implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \min \{ \max [\min(a, b), 1 - a], \max [\min(1 - a, 1 - b), a] \} \quad (13)$$

ALI-3 implikasiyası üçün:

$$a \rightarrow b = \begin{cases} (1-b)/(1-a+b), & \text{əgər } a < b \\ 1, & \text{əgər } a = b \\ b/[a+(1-b)], & \text{əgər } a > b \end{cases} \quad (14)$$

Aparılmış proqnozlaşdırma əməliyyatlarının nəticələrinin aqreqasiyası müvafiq implikasiya operatorları üçün uyğun olaraq aşağıdakı qeyri-səlis konyuksiya operatorları istifadə olunmaqla aparılmışdır:

ALI-1 implikasiyası üçün:

$$P \cap Q = \begin{cases} p, & \text{əgər } p+q < 1 \\ 0, & \text{əgər } p+q = 1 \\ q, & \text{əgər } p+q > 1 \end{cases} \quad (15)$$

ALI-2 implikasiyası üçün:

$$P \cap Q = \begin{cases} 0, & \text{əgər } p+q \leq 1 \\ \max(p,q), & \text{əgər } p+q > 1 \end{cases} \quad (16)$$

ALI-3 implikasiyası üçün:

$$P \cap Q = \begin{cases} (1-q)/(1-p+q), & \text{əgər } p < q \\ 1, & \text{əgər } p = q \\ q/[p+(1-q)], & \text{əgər } p > q \end{cases} \quad (17)$$

Goguen implikasiyası üçün:

$$P \cap Q = \begin{cases} 0, & \text{əgər } p = 0 \\ \max\left(0, \frac{(p+q-1)}{n}\right), & \text{əgər } p > 0 \end{cases} \quad (18)$$

Lukaseviç və Zadə implikasiyasıları üçün isə sadə konyuksiya əməliyyatı istifadə olunmuşdur. Alınmış proqnozlaşdırma nəticələri müqayisəli şəkildə təhlil olunmuşdur.

Elmi-tədqiqat işində universal çoxluğun müxtəlif bölgüləri üçün (5,7,9 və 11) proqnozlaşdırma prosesi aparılmışdır. Nəticədə məlum olmuşdur ki, təklif olunan üsul heç də bütün implikasiyalar üçün bütün universal çoxluqda korrekt həllər vermir. Qeyd olunan test məsələ üçün

ancaq Zadə, Lukaseviç, ALI-1 və ALI-3 implikasiyaları bütün universal çoxluqda korrekt həllər verir.

Ən yaxşı proqnoz nəticələrin üçbucaqşəkilli və zəngformalı mənsubiyyət funksiyaları olan halda alınmasını nəzərə alaraq, proqnozlaşdırma prosesinin nəticələrinin orta kvadratik xətlərinin müqayisəli təsviri Cədvəl 2-də verilmişdir. Məlum olmuşdur ki, ən yaxşı proqnoz nəticə ALI-3 implikasiyası vasitəsilə, üçbucaqşəkilli mənsubiyyət funksiyası və linqvistik termlərin sayının $N=7$ olan halında alınmışdır.

Cədvəl 2

Proqnozlaşdırma prosesində orta kvadratik xətlərin müqayisəsi

Sis-in ölçüsü	Mənsubiyyət funksiyaları	Qeyri-səlis implikasiyalar					
		Zadə	Lukaseviç	Qoquen	ALI-1	ALI-2	ALI-3
5	Üçbucaq	1605,5	1467,96	—	1488,4	672,26	724,78
	Zəngformalı	1542,35	1338,3	—	1229,53	595,88	635,46
7	Üçbucaq	1580,24	1361,2	—	1333,8	672,59	505,82
	Zəngformalı	1456,7	1339,03	800,43	1371,05	720,36	534,53
9	Üçbucaq	1562,34	1329,7	—	1227,5	—	629,69
	Zəngformalı	1445,01	1326,38	904,58	1232,6	555,77	610,96
11	Üçbucaq	1537,59	1305,76	—	1129,1	638,3	600,67
	Zəngformalı	1434,56	1315,32	799,69	1199,5	628,3	700,55

Dördüncü fəsildə dissertasiya işində təklif olunan qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma üsulu elektrik enerjisi istehsalının proqnozlaşdırılması məsələsinin həlli üçün tətbiq edilmişdir.

Enerji müəssisələrində istehsal prosesinin idarə olunması, bir qayda olaraq, natamam ilkin informasiya şəraitində həyata keçirilir. Bu zaman enerji istehsalının idarəetmə sisteminin müəyyən parametrlərinin kifayət qədər dəqiq olmaması idarəetmə proseslərində qeyri-müəyyənlik yaradır. Belə qeyri-müəyyənlikləri qeyri-səlis kateqoriyalarla xarakterizə etmək daha məqsəduyğun hesab olunur. Enerji istehsalının proqnozlaşdırılması prosesi də belə qeyri-müəyyənliklərə malik olduğundan bu məsələnin həllində qeyri-səlis zaman sıralarının istifadə olunmasına zərurət yaranır. Dissertasiya işində təklif olunan proqnozlaşdırma üsulunun da bu problemin həlli üçün tətbiq olunması bu məsələnin praktiki əhəmiyyət kəsb etməsi ilə əlaqədardır.

Azərbaycan İES MMC-də elektrik enerjisi istehsalının qeyri-səlis zaman sıraları vasitəsilə proqnozlaşdırılması məqsədilə enerji istehsalı göstəriciləri istifadə olunmuşdur.

Konkret şəkildə Azərbaycan İES MMC-də enerji istehsalının proqnozlaşdırılması məsələsinin qoyuluşunu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

Cədvəl 3-də verilmiş statistik verilənlər əsasında 2012-ci il üçün enerji istehsalını proqnozlaşdırmaq tələb olunur. Proqnozlaşdırma modelinin qurulması üçün 1982-ci ildən 2011-ci ilədək statistik verilənlər istifadə olunmaqla U-universal çoxluğu $U = \{1700, 11900\}$ kimi təyin olunmuşdur.

Cədvəl 3

İstilik elektrik stansiyasında elektrik enerjisi istehsalı göstəriciləri

İllər	İstehsal olunan elektrik enerjisi (Min Mvt/saat)	İllər	İstehsal olunan elektrik enerjisi (Min Mvt/saat)
1982	1764	1998	10090
1983	3651	1999	10157
1984	4619	2000	10863
1985	6689	2001	11020
1986	7174	2002	10099
1987	8172	2003	10566
1988	9154	2004	10236
1989	9562	2005	10412
1990	10613	2006	11601
1991	11832	2007	9662
1992	9679	2008	9185
1993	8650	2009	6759
1994	8650	2010	5237
1995	8384	2011	6289
1996	9076	2012	8127
1997	8110		

Qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılması modelində qeyri-səlis implikasiyanı müəyyən etmək məqsədilə Cədvəl 3-də verilmiş statistik

verilənlərin fəzəffikasiyası üçün üçbucaqşəkilli və zəngformalı mənsubiyyət funksiyaları götürülmüş və universal çoxluğun 7, 9, 11, 15 sayda bölgüsünə müvafiq linqvistik termlər istifadə olunaraq proqnozlaşdırma aparılmışdır.

Sonra isə U universal çoxluğu 30 bərabər uzunluqlu intervala bölünür. Statistik verilənlərin sayı 0-a bərabər olan intervallar atılır. Son nəticədə Universal çoxluğun bölgüsü və verilənlərin paylanma sıxlığı Cədvəl 4-də təsvir edilmişdir.

Cədvəl 4

Son bölgüdən sonra statistik verilənlərin paylanma sıxlığı

Dəyişən	Interval	Say	Dəyişən	Interval	Say
U_1	[1700,2040]	1	U_{10}	[8500,8840]	2
U_2	[3400,3740]	1	U_{11}	[8840,9180]	2
U_3	[4420,4760]	1	U_{12}	[9180,9520]	1
U_4	[5100,5440]	1	U_{13}	[9520,9860]	3
U_5	[6120,6460]	1	U_{14}	[9860,10200]	3
U_6	[6460,6800]	2	U_{15}	[10200,10540]	2
U_7	[7140,7480]	1	U_{16}	[10540,10880]	3
U_8	[7820,8160]	1	U_{17}	[10880,11220]	1
U_9	[8160,8500]	2	U_{18}	[11560,11900]	2

Elektrik enerjisi istehsalı prosesinin statistik göstəricilərini xarakterizə edən linqvistik «Enerji istehsalı» dəyişəni təyin olunduqdan sonra bu dəyişənin qeyri-səlis çoxluqlar vasitəsilə təsvir olunan linqvistik termləri aşağıdakı kimi təyin olunur:

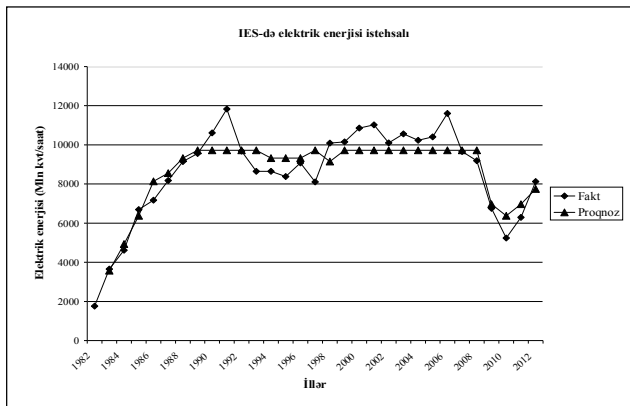
$A_1=(\text{çox deyil}), A_2=(\text{həmçinin çox deyil}), A_3=(\text{çox}), A_4=(\text{çox çox}),$
 $A_5=(\text{ən çox}), A_6=(\text{həmçinin çox}), A_7=(\text{həmçinin çox}^2), A_8=(\text{həmçinin çox}^3),$
 $A_9=(\text{həmçinin çox}^4), A_{10}=(\text{həmçinin çox}^5), A_{11}=(\text{həmçinin çox}^6),$
 $A_{12}=(\text{həmçinin çox}^7), A_{13}=(\text{həmçinin çox}^8), A_{14}=(\text{həmçinin çox}^9),$
 $A_{15}=(\text{həmçinin çox}^{10}), A_{16}=(\text{həmçinin çox}^{11}), A_{17}=(\text{həmçinin çox}^{12}),$
 $A_{18}=(\text{həmçinin çox}^{13}).$

ALI-3 implikasiyası üçün aparılmış proqnozlaşdırma əməliyyatının nəticəsi kimi proqnoz nəticələrin defəffikasiyası prosesi ağırlıq mərkəzi prinsipi əsasında aparılmış və Cədvəl 5-də təsvir olunmuş skalyar qiymətlər alınmışdır.

Enerji istehsalı üzrə proqnoz nəticələri

İllər	Faktiki (Mln Kvt/saat)	İllər	ALI-3	Faktiki (Mln Kvt/saat)	ALI-3
1982	1764		1998	10090	9146
1983	3651	3570	1999	10157	9720
1984	4619	4930	2000	10863	9720
1985	6689	6375	2001	11020	9720
1986	7174	8141	2002	10099	9720
1987	8172	8556	2003	10566	9720
1988	9154	9318	2004	10236	9720
1989	9562	9720	2005	10412	9720
1990	10613	9720	2006	11601	9720
1991	11832	9720	2007	9662	9720
1992	9679	9720	2008	9185	9720
1993	8650	9720	2009	6759	6970
1994	8650	9318	2010	5237	6375
1995	8384	9318	2011	6289	6970
1996	9076	9318	2012	8127	7747
1997	8110	9720			

ALI-3 qeyri-səlis implikasiyası istifadə olunmaqla Azərbaycan İES MMC-də elektrik enerjisi istehsalı üçün alınmış proqnoz nəticələr və faktiki qiymətlərin diaqramı Şəkil 1-də təsvir olunmuşdur.



Şəkil 1. Faktiki və proqnoz qiymətlərin ayrılırları

Proqnoz nəticələrin və bu proqnoz nəticələr üçün xətlərin müqayisəli təhlili Cədvəl 6-da təsvir edilmişdir:

Cədvəl 6

Proqnozlaşdırma prosesində alınmış nəticələrin xətlərinin müqayisəsi

Xəta	ALI-1	ALI-3	Lukaseviç
Orta proqnozlaşdırma xətası	10,83%	7,94%	8,84%
Orta kvadratik xətanın kvadrat kökü	1166,03	878,80	934,69

İŞİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. İnsan biliyinin və təcrübəsinin nəzərə alınması və hesablama səmərəliliyinin yüksəldilməsi baxımından lingvistik dəyişənlərə malik olan qeyri-səlis zaman sıralarının klassik zaman sıralarına nəzərən daha əlverişli olması tədqiq olunmuşdur.
2. Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma xətasını minimallaşdırmaq məqsədilə tipik mənsubiyyət funksiyaları içərisindən daha səmərəlisinin seçilməsi alqoritmı təklif olunaraq, zamana görə dəyişən qeyri-səlis zaman sıraları modeli üçün standart test məsələ həll olunmuşdur.
3. Qeyri-səlis zaman sıralarına əsaslanan proqnozlaşdırma məsələlərinin həlli üçün qeyri-səlis keçid qaydalarının sayının optimallaşdırılması mexanizmi təklif olunaraq, zamana görə dəyişməyən qeyri-səlis zaman sıraları modeli üçün standart test məsələ həll olunmuşdur.
4. Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli məqsədilə nəticə çıxarma mexanizmi kimi qeyri-səlis implikasiyanın seçilməsini nəzərdə tutan imitasiya modeli təklif olunmuşdur.
5. Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli məqsədilə yeni proqnozlaşdırma metodu təklif olunaraq standart test məsələ həll olunmuşdur.
6. Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün təklif olunmuş yeni proqnozlaşdırma metodu ilə elektrik enerjisi istehsalının proqnozlaşdırılması məsələsi həll edilərək effektiv nəticə alınmışdır.

Dissertasiyanın əsas müddəaları aşağıdakı işlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Ахмедов М.З. Новый вариант решения проблемы прогнозирования с помощью нечетких временных рядов / **Azərbaycan MEA, Elmi Əsərlər**, Bakı –2001, №3, s.96-103
2. Ahmedov M.Z. Forecasting of electricity production with fuzzy time series // **WCIS-2002 Second World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation**, pp. 268-274, 4-5 June 2002 Tashkent -2002
3. Ahmedov M.Z. Fuzzy Time Series Based Forecasting // **Fifth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing**, pp. 304-312, September 17-18, 2002, Milan, Italy -2002
4. Əhmədov M.Z. Yüksək tərtibli qeyri-səlis zaman sıraları vasitəsilə proqnozlaşdırma probleminin həlli // **İntellektual idarəetmə və qərarların qəbul edilməsi sistemləri, Tematik elmi məqalələr məcmuəsi, ADNA**, Bakı – 2003, №5, s.109-116
5. Əhmədov M.Z. Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında proqnozlaşdırma probleminin yeni üsulla həlli, // **Yeni informasiya texnologiyalarının elmi-tədqiqat işlərinin təhlilinə tətbiqi, Elmi-praktik seminarın materialları**, Bakı, 30 aprel 2007, s. 65-77
6. Əhmədov M.Z., Talıbov E.N. Qeyri-səlis zaman sıralarının modifikasiya olunmuş üsulla proqnozlaşdırılması / **Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi əsərlər**, № 2, Bakı -2008, s. 27-30
7. Əhmədov M.Z. Məmmədov M.N., Hüseynova S.M., Məmmədova L.Y. Qeyri-səlis zaman sıralarının modifikasiya olunmuş üsulla proqnozlaşdırılması / **Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Elmi Xəbərlər**, № 9-10, Gəncə – 2008, s. 5-10
8. Əhmədov M.Z. Proqnozlaşdırma məsələlərində qeyri-səlis münasibətlər matrisinin formalaşdırılması / **Bakı Dövlət Universiteti, Elmi Xəbərlər**, № 4, Bakı – 2009, s. 81-85
9. Əhmədov M.Z., Məmmədov M.N., Hüseynova S.M., Məmmədova L.Y. Verilənlərin paylanma sıxlığı əsasında qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılması / **Azərbaycan Texnologiya Universiteti Elmi Xəbərlər**, №15-16, Gəncə – 2010, s. 13-20
10. Əhmədov M.Z, Əhmədov V.U. Universal çoxluğu faiz dəyişməsi olan qeyri-səlis zaman sıralarının proqnozlaşdırılması // **Mingəçevir Politexnik İnstitutunun yaradılmasının 20 illiyinə həsr olunmuş Respublika elmi praktik konfransının materialları**, Bakı-2011, s. 147-153
11. Ахмедов М.З. Прогнозирование производства электроэнергии с применением нечетких временных рядов / **Глобальный Научный**

Потенциал, научно-практический журнал, №5(14), Санкт-Петербург – 2012, с. 41-47

12. Əhmədov M.Z. Elektrik enerjisi istehsalının qeyri-səlis zaman sıralarının tətbiqi ilə proqnozlaşdırılması / **Informasiya Texnologiyaları İnstitutu İnformasiya Texnologiyaları Problemləri**, №2, Bakı – 2013, s.53-63
13. Əhmədov M.Z. Proqnozlaşdırma probleminin həlli üçün qeyri-səlis implikasiyaların tətbiqi // **“Dövlətin regional siyasətinin reallaşmasında Aran iqtisadi rayonunun rolu: reallıqlar və perspektiv inkişaf”ına həsr olunmuş Respublika elmi praktik konfransının materialları**, Mingəçevir ş., 6-7 dekabr 2013, s.175-178
14. Ахмедов М.З. Решение задачи прогнозирования с учетом разбиения универсума на основе плотности распределения данных / **Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi xəbərlər**, №2, Sumqayıt 2014, s.77-84
15. Əhmədov M.Z. Qeyri-səlis zaman sıraları və proqnozlaşdırma // **“Heydər Əliyev və Azərbaycanda energetikanın inkişafı”na həsr edilmiş elmi konfransın materialları**, Mingəçevir ş., 27-28 noyabr 2014, s.124-126
16. Əhmədov M.Z. Data Mining texnologiyası və davamlı inkişaf modeli // **“Davamlı inkişafın milli modeli və strategiyası” respublika elmi konfransının materialları**, Mingəçevir ş., 27-28 noyabr 2015, s.112-115
17. Ахмедов М.З. Решение задачи прогнозирования с применением нечеткой импликации / **Информационные технологии**, №2, Москва, 2016, с.103-108

Həmmüəlliflərlə dərc olunmuş işlərdə iddiaçının şəxsi rolu

- [6] – Qeyri-səlis zaman sıraları əsasında modifikasiya olunmuş üsulun alqoritminin tərtibi və qeyri-səlis zaman sırasının qurulması;
- [7] – Qeyri-səlis zaman sırası hədlərinin qeyri-səlis çoxluqlar şəklində göstərilməsi məqsədilə mənsubiyyət funksiyasının seçilməsi və proqnozlaşdırma metodu alqoritminin tərtibi;
- [9] – Universal çoxluğun formalaşdırılması və proqnozlaşdırma alqoritminin tərtibi;
- [10] – Universal çoxluğun formalaşdırılması və qeyri-səlis keçid qaydalarının müəyyənləşdirilməsi.

АХМЕДОВ МОХУББАТ ЗАМЕДДИН ОГЛЫ

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Р Е З Ю М Е

Диссертационная работа посвящена к актуальной проблеме – задаче прогнозирования на основе нечетких временных рядов.

В представленной диссертационной работе рассматриваются методы построения эффективной базы знаний для решения проблемы прогнозирования на основе нечетких временных рядов. Разработаны правила определения сравнительно оптимальной нечеткой импликации на основе имитационной модели для логического вывода. Кроме того, разработаны процедуры определения выгодной функций принадлежности и минимального количества нечетких правил.

В диссертационной работе также был предложен метод получения прогнозных значений высокой точности, основанный на определении минимального количества нечетких правил, выборе сравнительно оптимальных функций принадлежности для формирования нечетких множеств соответствующих лингвистических термов и выбора оптимальной нечеткой импликации.

Разработан алгоритм внедрения предложенного метода прогнозирования и на основе этого алгоритма была решена тестовая задача – приема студентов в университет Алабамы. При сравнительном анализе полученных результатов с ранее известными результатами установлено, что предложенный нами метод дает лучшую точность прогнозирования.

С помощью предложенного нами метода была решена задача прогнозирования производства электрической энергии и были получены эффективные результаты.

FUZZY TIME SERIES BASED FORECASTING

SUMMARY

The dissertation is devoted to a high priority area of current worldwide interest – the problem of forecasting based on Fuzzy Time Series.

In this respect, the author has developed a imitating model for selecting effective knowledge base and for logical decision making mechanism optimal fuzzy implication for to have a minimum middle forecasting error. In this case, were developed procedures for searching the optimal number of fuzzy rules and the effective membership function as parameters of the effective knowledge base.

The suggested a new forecasting method based on Fuzzy Time Series consist in forming of effective knowledge base for achieving forecasting results with high accuracy. With that end in view it was developed a procedure for selecting an optimal or closed an optimal number of fuzzy rules, optimal membership function and optimal fuzzy implication operator.

The author has worked-out general guidelines for practical application of the developed method, has done extensive computer simulation and developed momentous decision of benchmark problem-the forecasting enrollments of the University of Alabama. The forecasting accuracy of the proposed method is better than that of the existing methods based on fuzzy time series.

Using the proposed forecasting method for the first time it was solved the forecasting problem of energy production and obtained forecasting results with high accuracy.

Çapa imzalanıb: 18.04.2016. Tirajı 100 nüsxə
AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun
“İnformasiya Texnologiyaları” nəşriyyatı

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи

МОХУББАТ ЗАМЕДДИН ОГЛЫ АХМЕДОВ

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

3338.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

БАКУ – 2016