

**KÖNÜL İMRAN QIZI CABBAROVA**

**ZAMAN SİRALARINA ƏSASƏN PROQNOZLAŞDIRMADA  
XAOS NƏZƏRİYYƏSİNİN İSTİFADƏSİ**

**3338.01 – “Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi  
(sahələr üzrə)”**

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**Bakı – 2015**

İş Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının “Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:**

SSRİ Dövlət mükafatı laureatı,  
AMEA-nın müxbir üzvü, texnika  
elmləri doktoru, professor **R.Ə.ƏLİYEV**

**Rəsmi opponentlər:**

texnika elmləri doktoru, professor  
**B.T.HÜMBƏTOV**

texnika üzrə fəlsəfə doktoru  
**B.Q.Qirimov**

**Aparıcı təşkilat:**

Sumqayıt Dövlət Universiteti  
("İnformasiya texnologiyaları və  
proqramlaşdırma" kafedrası)

Müdafiə 15yanvar 2016-cı il tarixdə saat 15<sup>00</sup>-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının İdarəetmə Sistemləri İnstitutunda D 01.121 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1141, Bakı ş., B.Vahabzadə küç., 9.

Dissertasiya ilə İdarəetmə sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 14 dekabr 2015-ci il tarixində göndərilmişdir.

Dissertasiya şurasının elmi katibi,  
riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

**A.B.Paşayev**

**Mövzunun aktuallığı.**Müxtəlif müəssisələr, firmalar, kampaniyalar səviyyəsində mikroiqtisadi proseslərin bazar tələbatına uyğun olaraq planlaşdırılması, istehsalın idarə olunması biznes iqtisadiyyatının təşkilində vacib məsələ kimi meydana çıxır. Planlaşdırmanın səmərəsi ilk növbədə məhsul buraxılışının, ona olan tələbatın düzgün proqnozlaşdırılmasına söykənir. Mikro səviyyədə istehsal və iqtisadi proseslərin səmərəli təşkili qeyd etdiyimiz proqnozlaşdırma və planlaşdırma üçün qərarların qəbulunu öncül məsələ kimi qabardır. Qeyd etdiyimiz məsələlərin həllində adətən ekonometrik, statistikaya söykənən modellərdən istifadə olunur. İstehsal və biznes proseslərinin mürəkkəbləşməsi, cəld biznes qərarlarının qəbulu, bu proseslərin yüksək qeyri-müəyyənliklə müşayiəti çox zaman mövcud modellərdən istifadə olunmasını səmərəli etmir. Bu baxımdan istehsal və mikroiqtisadi proseslərin proqnozlaşdırılması və planlaşdırılması, qərarların qəbulu üçün qeyri-müəyyənlik şəraitini, şəraitin dinamikasını və şəraiti səciyyələndirən parametrlərin qarşılıqlı əlaqəsini nəzərə ala bilən yeni modellərə və hesablama texnologiyalarına ehtiyac duyulur.

**Dissertasiya işinin məqsədi**mürəkkəb zaman sıralarının davranışının öyrənilməsi, xotik qeyri-xətti zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün yeni texnologiyalar, o cümlədən qeyri-səlis neyron şəbəkələri və klasterləşdirmə əsasında proqnozlaşdırma üsullarının yaradılması və proqnoz nəticələrinin etibarlılığını nəzərə almaqla Z-informasiya əsasında proqnozlaşdırılan sahələrin modelləşdirilməsi və fəaliyyətinin optimallaşdırılması üçün Z-ədədlər konsepsiyası əsasında metodların işlənməsidir. İşin digər məqsədi təklif olunan riyazi üsulları neft məhsullarının proqnozlaşdırılması və optimal qərarların qəbul olunmasına tətbiq etməkdir.

**Əsas tədqiqat məsələləri.** Dissertasiyada aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir: zaman sıralarının xotikliyinə araşdırılması; zaman sıraları üçün fraktal ölçülərin hesablanması alqoritminin işlənməsi; zaman sıraları üçün Lyapunov göstəricilərinin hesablanması; qeyri-xətti xotik zaman sıralarının qeyri-səlis klasterləşdirmə üsulu ilə modelləşdirilməsi; neyro-qeyri-səlis texnologiya əsasında xotik zaman sıralarının proqnozlaşdırılması; mövcud informasiyanın etibarlılıq dərəcəsini nəzərə almaqla reqressiya modellərinin qurulması; Z-informasiya əsasında xətti proqramlaşdırma məsələsinin qoyuluşu və həlli; təklif olunan nəzəri nəticələrin, model və üsulların neft məhsullarının proqnozlaşdırılmasında və planlaşdırılmasında tətbiqi və onların səmərəsinin yoxlanılması.

**Tədqiqat üsulları.**Qoyulmuş məsələlər ekonometrik modellər, qeyri-səlis məntiq, neyron hesablamaları, verilənlərin və biliklərin çıxarılması və

başqa müasir riyazi və hesablama metodlarına əsaslanır. Eyni zamanda neftayırma müəssisələrindən götürülmüş informasiya və hipotetik verilənlərdən istifadə olunmuşdur.

### **Elmi yeniliklər.**

- Mürəkkəb zaman sıralarının, o cümlədən mikroiqtisadi səviyyədə neft emalı məhsullarının zaman sıralarının təbiətinin öyrənilməsi üçün üsullar təklif olunmuş, xaotik davranışa malik olan zaman sıralarının fraktal ölçülərinin və zaman ləngiməsinin hesablanması tədqiq olunmuşdur;
- Xaotik zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün qeyri-səlis klasterləşdirmə üsulu ilə ƏGƏR ... ONDA tipli modellər təklif olunmuşdur;
- Neyro-qeyri-səlis texnologiya əsasında mürəkkəb zaman sıralarının proqnozlaşdırılması məsələsi həll olunmuşdur;
- İlk dəfə olaraq informasiyanın qeyri-müəyyənliyini və etibarlılığını özündə Z-informasiya şəklində əks etdirən reqressiya modelinin alınma üsulu təklif edilmişdir;
- İlk dəfə olaraq parametrləri Z-ədədlərlə təsvir olunan xətti proqramlaşdırma məsələsi qoyulmuş və həll üsulu verilmişdir.

**İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.** İqtisadiyyatda, istehsal sistemlərində, biznes proseslərində istifadə olunan zaman sıralarının çoxu xaotik davranışa malikdir. Zaman sıralarının xaotik davranışının mövcudluğunu və xarakterini müəyyən etmək üçün sıraların fraktal və zaman ləngiməsinin təyin olunması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Eyni zamanda praktik nöqteyi-nəzərdən proqnozlaşdırma xətasını azaltmaq üçün bu göstəricilərin hesablanması çox əhəmiyyətlidir. İşdə baxılan fraktal və zaman ləngiməsinin birlikdə hesablanma üsulu bu baxımdan çox effektivdir.

Zaman sıraları əsasında alınmış proqnozların real həyat məsələlərində, praktikada istifadə olunması bu proqnoz qiymətlərinin etibarlılıq dərəcəsini nəzərə almağı diqtə edir. İşdə təklif olunmuş Z-ədədlərə əsaslanan reqressiya təhlili və Z-informasiyanı ehtiva edən xətti proqramlaşdırma məsələlərinin qoyuluşu və həlli yenidir, universaldır. Praktiki baxımdan, təklif olunmuş üsullar tək neft emalı sahələrində deyil, müxtəlif mikroiqtisadi məsələlərin həllində də tətbiq oluna bilər.

**Dissertasiya işinin nəticələrinin reallaşdırılması.** H.Əliyev adına Bakı Neft Emalı zavodunda neft məhsullarının benzin və dizel məhsullarının proqnozlaşdırılması məsələsi həll olunmuşdur. Proqnoz nəticələrinin bu müəssisədə reallaşdırılması üçün təklif olunmuş nəzəri üsullar əsasında katalitik krekinq qurğusu üçün Z-reqressiya modeli alınmış, çıxış

məhsullarının planlaşdırılması üçün Z-xətti proqramlaşdırma məsələsi həll olunmuşdur. Alınan nəticələr istifadə üçün tövsiyə edilmişdir.

**Dissertasiya işinin aprobasiyası.** Dissertasiya işi aşağıdakı konfrans materiallarında öz əksini tapmışdır: “Fourth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing- ICAFS 2000” (Siegen, Germany, June 27-29, 2000), “Fifth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing- ICAFS-2002” (Milan, İtaly, September 17-18, 2002), “İİRespublika Elmi konfransı -Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları” (Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, 27-28 noyabr, 2012), “The Eleventh International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing- ICAFS-2014” (Paris, France, September 2-3, 2014), Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation-WCIS-2014” (Tashkent, Uzbekistan, November 25-27, 2014).

**Çap olunmuş elmi əsərlər.** Aparılan tədqiqatlar nəticəsində 16 iş nəşr edilmişdir, o cümlədən: 11 məqalə, onlardan 6 həmmüəllifsiz, 2 xaricdə nəşr edilmişdir; 4 konfrans materialı, onlardan 4 xaricdə, 1 tezis.

**Dissertasiyanın strukturu.** Dissertasiya giriş, altı fəsil, istifadə olunmuş ədəbiyyatdan ibarətdir. İşin ümumi həcmi 25 şəkil, 19 cədvəl, 130 istifadə olunmuş ədəbiyyat daxil olmaqla 128 səhifədən ibarətdir.

**Girişdə** tədqiq olunan problemin aktuallığı əsaslandırılmış, həlli tələb edilən əsas məqsəd və məsələlər qısaca ifadə edilmiş, elmi yeniliklər və aparılan tədqiqatın praktiki qiymətləndirilməsi verilmişdir.

**Birinci fəsildə** zaman sıralarının, o cümlədən xaosluq və qeyri-müəyyənliklə müşayiət olunan zaman sıralarının mövcud vəziyyəti təhlil olunmuşdur. Bu təhlilin nəticəsi göstərir ki, çox zaman klassik statistik üsullarla zaman sıralarının tədqiqi gözlənilən nəticəni vermir. Bu ilk növbədə baxılan üsullarla zaman sıralarının qeyri-xəttiliyini, onun davranış xüsusiyyətini, o cümlədən xaosluq davranışını nəzərə almamaqdan irəli gəlir. Digər tərəfdən mövcud ekonometrik proqnozlaşdırma modellərində tək statistik qeyri-müəyyənlik nəzərə alınır. Lakin istehsal şəraitində mövcud verilənlər və iqtisadi proseslərin verilənləri tək statistik qeyri-müəyyənliklə yox, eyni zamanda daha yüksək qeyri-müəyyənliklə, məsələn qeyri-səlis qeyri-müəyyənliklə səciyyələnir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, mövcud elmi ədəbiyyatlarda proqnozlaşdırma və qərar qəbul etmə proseslərindəki verilənlərin tək qiymətlərinin yox, onların etibarlılıq dərəcəsinin də nəzərə alınmasına rast gəlinmir. Bu sadələdiyimiz xüsusiyyətlər zaman sıraları əsasında proqnozda və bu proqnozların istehsal şəraitində optimal reallaşması üçün yeni modellərin və üsulların yaranmasını zəruri edir.

Dissertasiya işində yuxarıda sadalanan çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün neft məhsulları istehsalı timsalında xaotik zaman sıralarının tədqiqi, o cümlədən öyrənilən zaman sıralarında qeyri-xəttiliyin, xaotikliyin mövcudluğunu, bu tip zaman sıralarının klasterləşdirmə əsasında qanunauyğunluqlarının tapılması, həmin qanunauyğunluqlar əsasında proqnozların qəbul oluna bilən xəta ilə yeni texnologiyalar, o cümlədən qeyri-səlis neyron texnologiyaları əsasında proqnozlaşdırılması araşdırılır. Müəyyən xəta ilə alınan proqnozların etibarlılığını nəzərə alaraq proqnoz qiymətlərinin reallaşdırılması üçün yeni reqressiya modellərinin və optimallaşdırılma üsulunun yaradılmasına baxılır. Baxılan sahədə dünya elmi ədəbiyyatının tədqiqi göstərir ki, dissertasiyada qoyulmuş məsələlər aktualdır və öz həllini gözləyir.

**İkinci fəsil** zaman sıraların rejimlərinin əsas istiqamət və qanunauyğunluqları araşdırılır. Proqnozlaşdırma məsələsini ümumi halda aşağıdakı kimi səciyyələndirmək olar. Verilmiş zaman sırası üçün  $n$  sayda  $x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)$ ,  $i = \overline{1, n}$  vektorları üçün axtarılan  $F$  inikasin,  $x_{n+1}^i = F(x^i)$  qiymətləri məlumdur. Bu funksiyanı tapmaq tələb olunur.  $F$  funksiyası haqqında apriori biliklər demək olar ki, məlum deyil. Əgər rekonstruksiya parametrləri düzgün seçilmişsə,  $F$  ən yaxşı halda kəsilməz differensiallanan olar və bu funksiya bütün  $x$  vektorları fəzasında deyil, onun  $d_e < n$  şərtini ödəyən səthində təyin ediləcəkdir. Qeyd etdiyimiz kimi  $d_e$  -nin konkret qiyməti adətən məlum olmur. Qoyulmuş məsələ riyazi nöqtəyi-nəzərdən kifayət qədər mürəkkəbdir. Buna baxmayaraq eksperimentlər göstərir ki, yaxşı qurulmuş model üçün qənaətbəxş proqnoz əldə etmək olar.

**Üçüncü fəsil** zaman sıralarının fraktal ölçülərinin müəyyən edilməsinə və neft məhsulları misalında yoxlanılmasına həsr olunmuşdur.

Fraktal ölçü zaman sırasının fəzanı nə şəkildə doldurmasını göstərir.

Əksər xaotik sistemlər fəzanın məhdud hissəsinə toplanmış sonsuz sayda həllə malikdir. Belə sistemlər fəzanın müəyyən oblastına cəzb edirlər və mümkün həllər çoxluğu çox vaxt fraktal ölçüyə malik olur.

Zaman sırasının fraktal ölçüsünün hesablanması müşahidə olunan prosesi təsvir etmək üçün zəruri olan dinamik dəyişənlərin minimal  $d_e$  sayını aşağıdan qiymətləndirməyə imkan verir.

Tutaq ki, paylanmış sistemdə tədqiq olunan  $x$  kəmiyyətinin  $\tau$  zaman fasilələrində müşahidə olunan qiymətləri üçün  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ardıcılığı verilib.  $k$ - ölçülü dinamik sistem üçün  $x$  dəyişəninin  $x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-k+1}$  -

inçiyəmətlər ardıcılığı verildikdə, bu ardıcılığın  $x_{n+1}$  qiymətini təyin etmək olar, yə'ni elə  $F$  funksiyası tapmaq olar ki, ixtiyari  $n$  üçün  $x_{n+1} = F(x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-k+1})$  kimi təyin edilsin. Başqa sözlə,  $x_{n+1}$  qiyməti  $x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-k+1}$  -dən funksional asılı olur.

Fərz edək ki, eksperiment zamanı tədqiq olunan kəmiyyətin qiymətləri aşağıdakı kimi verilib:

$$x_1, x_2, \dots, x_n. \quad (1)$$

Bu işdə biz həm zaman ləngiməsini  $\tau$ , həm də daxilolma ölçüsünü  $d_e$  eyni zamanda təyin etməyə imkan verən optimallaşdırma prosedurundan istifadə edirik. Bu üsul nümunəvi zaman signalının faza fəzasına təsvirinə və onun əvəzedicilərinin hissələrinin differensial entropiya nisbətindən qiymətləndirilməsinə əsaslanır.

Praktiki olaraq differensial entropiyanın Kozachenko-Leonenko(KL) qiymətləndirilməsi verilənlər çoxluğunun ölçülülüyünə görə əlverişlidir:

$$H(x) = \sum_{j=1}^N \ln(Np_j) + \ln 2 + C_E, \quad (2)$$

burada  $N$  -nümunələrin sayı,  $p_j$  -Euklid məsafəsi,  $C_E$  -Eylersabitidir.

Optimal daxilolma ölçülərini təyin etmək üçün aşağıdakı nisbət minimallaşdırılmalıdır:

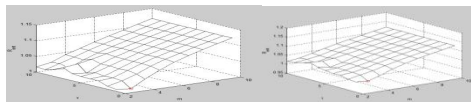
$$I(d_e, \tau) = \frac{H(x, d_e, \tau)}{\langle H(x_{s,i}, d_e, \tau) \rangle_i}, \quad (3)$$

burada  $\langle \cdot \rangle_i$   $i$  üzərində orta qiyməti göstərir.

Yüksək daxilolma ölçülərini kiçiltmək üçün "Entropiya nisbət" inə gətirib çıxaran minimal təsvir üsulu (MT) istifadə olunur.

$$R_{ent}(d_e, \tau) = I(d_e, \tau) + \frac{d_e \ln N}{N} \quad (4)$$

Burada  $N$  ləngimə vektoru ölçüsüdür, bu  $d_e$  və  $\tau$  -nun bütün qiymətləri üçün sabitdir. Şək.1-də dizel yanacağı verilənləri üçün  $d_{e\ opt} = 3$  və  $\tau_{opt} = 1$  (1.0018), və benzin yanacağı verilənləri üçün  $d_{e\ opt} = 3$  və  $\tau_{opt} = 1$  (0.9978) -dir.



Şək. 1.a)Dizel b)Benzin verilənləri üçün

Xaotik rejimlərin əsas xüsusiyyətlərindən biri xaotik attraktora daxil olan trayektoriyaların qeyri-dayanıqlı olmasıdır. Lyapunov göstəricinin (LG) hesablanması mövcud elmi ədəbiyyatlardan məlum olduğu kimi aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

Hər bir  $n$  karteci  $(x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, \dots, x_{i+n-1})$  üçün elə  $n$  kartecləri  $(x_j, x_{j+1}, x_{j+2}, \dots, x_{j+n-1})$  tapılır ki

$$\rho = \sqrt{\sum_{k=0}^{n-1} (x_{i+k} - x_{j+k})^2}$$

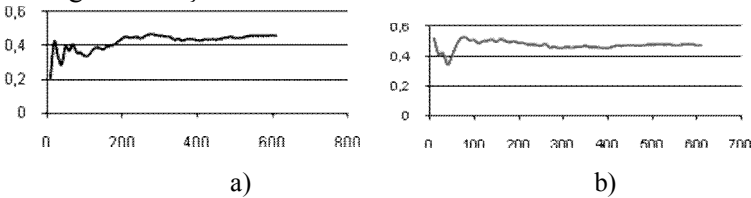
$\rho < \varepsilon$  şərti ödənsin.  $\varepsilon$  -nin içində olan hər bir kartec cütünün qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$D = \sqrt{\sum_{k=0}^{n-1} (x_{i+k+T} - x_{j+k+T})^2}$$

burada  $T$  ixtiyari seçilmiş qiymətdir.  $\rho$  və  $D$  qiymətlərindən LGhesablanması mümkün olur:

$$\lambda = \ln\left(\frac{D}{\rho}\right) / T$$

Dizel və benzin çıxışının xaotik davranışının Lyapunov göstəricisi (LG) Şək.2.-də göstərilmişdir.



Şək.2a) Dizel b) Benzin çıxışının xaotik davranışının LG

**Dördüncü fəsil**də xaotik zaman sıralarının proqnozlaşdırma üsullarına baxılır. Zaman sıralarının klasterləşdirmə məsələlərinin elmi təsnifatı göstərir ki, qeyri-səlis c-means üsulundan (FCM) istifadə olunması daha çox məqsəduyğundur. Bu fəsilə neft emalı müəssisələrində dizel və benzin yanacaqları çıxışının zaman sırası üçün qeyri-səlis c-means üsulu ilə klasterləşdirmə məsələsinə baxılır. Eyni zamanda Fuzzy Inference System Editor (FIS Edior) vasitəsilə qeyri-səlis ƏGƏR...ONDA tip produksiya qaydaların alınması və biraddımlı proqnoz məsələsinə baxılır. Məsələnin qoyuluşunu aşağıdakı kimi xarakterizə etmək olar. Fərz edək ki, formal olaraq baxılan zaman sırası aşağıdakı kimi təsvir olunmuşdur:



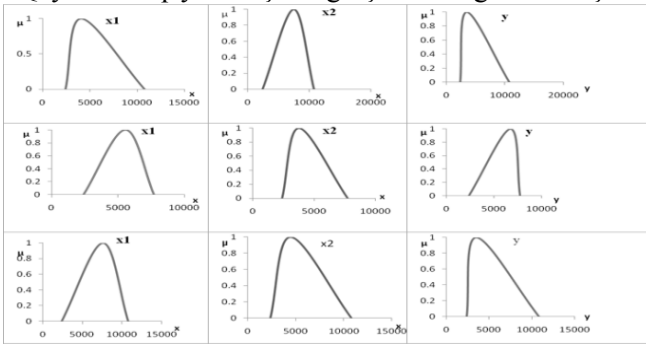
$$x_t = F(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-q}),$$

burada  $F$  -hər hansı qeyri-xətti funksiya,  $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-q}$  zaman sırasının  $x(t)$  dəyişəninin  $t-1, t-2, \dots, t-q$  anlarındakı qiymətləridir.  $x(t)$   $t$  -anı üçün  $x$  dəyişəninin proqnoz qiymətidir. Elə  $F$  təsviri və  $q$  pəncərə sayı tapmaq lazımdır ki,

$$J = \sum_{i=1}^n (x_i^{pr.}(t) - x_i^{eks.}(t))^2 \rightarrow \min$$

şərti ödənsin. Burada  $x_i^{pr.}(t)$  -tapılmış model əsasında  $t$  anındakı proqnoz qiyməti,  $x_i^{eks.}(t)$  dəyişənin eksperimental qiymətidir.

Məsələnin həlli üçün istifadə olunan qeyri-səlis klasterizasiya (QSK) çoxsaylı verilənləri özündə ehtiva edən zaman sıralarından bilik əldə etmək üçün vacib elmi vasitədir. QSK-ya vasitəsilə çoxsaylı verilənlər içərisindən ƏGƏR ... ONDA tip şəffaf və istifadəçinin asan qavraya biləcəyi qaydalar çoxluğu, yəni qeyri-səlis model almaq mümkündür. Qeyri-səlis klasterləşdirmə üsulu ilə zaman sıralarının proqnozlaşdırılması məsələsinə misal olaraq hər ay üzrə bir illik benzin yanacağı çıxışının göstəricilərinə baxılmışdır. Qeyri-səlis qaydalar çoxluğu Şək.3-də göstərilmişdir.



Şək. 3. Qeyri-səlis qaydalar

Optimal qaydaların sayı proqnoz xətasının minimal qiymətinə görə seçilmişdir və 3-dür.

Eyni zamanda ANFİS sistemi tətbiq etməklə dizelin çıxışı üçün aşağıdakı nəticə əldə olunmuşdur. Daxilolma ölçüsü  $d_e = 2, 3, 4, 5, 6$  və zaman ləngiməsinin  $d_e = 1$ ,  $\tau = 2$  - hallarına baxılmışdır. Ən az xəta alınan model optimal model kimi götürülmüşdür. Alınan nəticələrə əsaslanaraq modelin  $d_e = 2$  və  $\tau = 2$  olduqda daha az xəta verdiyi aydınlaşmışdır.

**Beşinci fəsilə** proqnoz nəticələrinin optimal realizasiya məsələsinə baxılır. Mövcud ədəbiyyatlardakı işlərdən fərqli olaraq ilk dəfə bu məqsədlə informasiyanın tək qeyri-müəyyənliyi deyil, onun etibarlılığı da nəzərə alınır. Professor Lütfi Zadə real informasiyanın qeyri-dəqiqliyini və qismən etibarlılığını göstərmək üçün  $Z$ -ədədlər nəzəriyyəsini təklif etmişdir.  $Z$ -informasiya real proseslərin modelləşdirilməsinin əsas bazası kimi informasiya quruluşunun daha adekvat və intuitiv nəzərə alınmasına imkan verir.

Bu tədqiqat işində  $Z$ -qiymətli reqressiya təhlili probleminin qoyuluşu və onun həll üsulu araşdırılır. Bu məsələnin qoyuluşunu aşağıdakı kimi xarakterizə etmək olar. Fərz edək ki,  $Z$ -ədədlərlə ifadə olunan verilənlər  $K$  çoxgirişli və birçixışlı proses üçün verilib. Problem bu məlumata uyğun olan reqressiya modeli qurmaqdır və aşağıdakı  $Z$ -qiymətli reqressiya modeli qurulur:

$$Z_{y^M}(Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_N}) = Z_{a_0} + \sum_{i=1}^N Z_{a_i} Z_{x_i} + \sum_{i=1}^N Z_{b_i} Z_{x_i}^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ i < j}}^N Z_{c_{ij}} Z_{x_i} Z_{x_j} \quad (5)$$

Burada  $Z$ -qiymətli əmsalları ( $Z$ -ədədləri) tapmaq tələb olunur ( $Z_{a_i}, Z_{b_i}, Z_{c_{ij}}$ )  $i = \overline{0, N}, j = \overline{1, N}$ .  $Z$ -qiymətli giriş qiyməti  $Z_{x_{ik}}$  və çıxış qiyməti  $Z_{y_k}, k = \overline{1, K}$  verilib. Elə əmsallar tapmaq lazımdır ki,

$$d(Z_y^M, Z_y) = \sum_{k=1}^K (Z_{y,i}^M - Z_{y,i})^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

şərti ödənsin.

Burada  $d(Z_y^M, Z_y)$   $n$  ölçülü  $Z$ -qiymətli vektor fəzasında  $Z$ -qiymətli çıxış vektoru ilə ( $Z_{y_k}, k = \overline{1, K}$ ) (5)-də hesablanmış uyğun olan  $Z$ -ədədlərin vektoru ( $Z_y^M$ ) arasındakı məsafədir. (5)-(6)-cı məsələləri həll etmək üçün gradient üsullardan istifadə uyğun deyil. Dissertasiyada (5)-(6)-cı problemin həlli yolu göstərilmişdir.

$Z$ -qiymətli reqressiya modelinin qurulması kiçik kvadratlar xətasını minimallaşdırmaq yolu ilə qeyri-müəyyən əmsalların  $Z_{a_i}, Z_{b_i}, Z_{c_{ij}}$  tapılmasından ibarətdir. Bu halda təsadüfi axtarış prosedurundan istifadə olunur. İmər hələdə  $Z$ -ədədlər generatoru təsadüfi olaraq  $Z_{a_i}, Z_{b_i}, Z_{c_{ij}}, i = \overline{0, N}, j = \overline{1, N}$  yaradır. (6)-nın  $Z$ -qiyməti hesablanır və saxlanılır. İmər hələyə  $Z_{a_i}, Z_{b_i}, Z_{c_{ij}}$  əmsallarının yeni qiymətləri generasiya

olunur və I mərhələyə analogi olaraq (5)-in yeni qiyməti hesablanır. III mərhələdə (6)-dan alınan Z-ədədlərin müqayisəsi prosedurundan istifadə etməklə I və II mərhələdə hesablanmış qiymətlər müqayisə edilir. Müqayisənin nəticəsində optimal qiymət seçilir. Bu proseduralar dayanma kriteriyasının müəyyən olunmuş halına qədər təkrarlanır. Dayanma kriteriyası kimi (5)-in minimum qiymətindən istifadə olunur.

Bu fəsilə eyni zamanda xətti proqramlaşdırma çərçivəsində real məsələləri daha dolğun ifadə etmək qabiliyyətinə malik yeni usula – Z-qiymətləndirməyə əsaslanan xətti proqramlaşdırma (Z-XP) modeli kimi yeni yanaşmaya baxılır. Z-qiymətləndirməyə əsaslanan xətti proqramlaşdırma məsələlərinin həlli üçün Z-ədəd hesabından və differensial təkamül optimallaşdırma (DTO) üsulundan istifadə etməklə yeni üsul təklif edilir.

Z-informasiya əsasında Z-XP məsələsinin ümumi qoyuluşu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$Z_f(Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}) = Z_{c_1} Z_{x_1} + Z_{c_2} Z_{x_2} + \dots + Z_{c_n} Z_{x_n} \rightarrow \min \quad (7)$$

$$Z_{a_{11}} Z_{x_1} + Z_{a_{12}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{1n}} Z_{x_n} \leq Z_{b_1}, \quad (8)$$

$$Z_{a_{21}} Z_{x_1} + Z_{a_{22}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{2n}} Z_{x_n} \leq Z_{b_2},$$

...

$$Z_{a_{m1}} Z_{x_1} + Z_{a_{m2}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{mn}} Z_{x_n} \leq Z_{b_m},$$

$$Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n} \geq 0^Z. \quad (9)$$

Z-bərabərsizliklər uyğun olaraq çevrildikdən sonra (7)-(9) aşağıda göstərilmiş məsələyə çevrilə bilər:

$$Z_f(Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}) = Z_{c_1} Z_{x_1} + Z_{c_2} Z_{x_2} + \dots + Z_{c_n} Z_{x_n} \rightarrow \min \quad (10)$$

$$Z_{a_{11}} Z_{x_1} + Z_{a_{12}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{1n}} Z_{x_n} \leq Z_{b_1},$$

$$Z_{a_{21}} Z_{x_1} + Z_{a_{22}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{2n}} Z_{x_n} \leq Z_{b_2}, \quad (11)$$

...

$$Z_{a_{m1}} Z_{x_1} + Z_{a_{m2}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{mn}} Z_{x_n} \leq Z_{b_m},$$

$$Z_1, Z_2, \dots, Z_n \geq 0. \quad (12)$$

Burada qərar dəyişənləri və parametrlər Z-ədədlərlə ifadə olunur:

$$Z_{x_i} = (A_{x_i}, B_{x_i})$$

$$Z_{c_i} = (A_{c_i}, B_{c_i}), \quad Z_{a_{ij}} = (A_{a_{ij}}, B_{a_{ij}}), \quad Z_{b_j} = (A_{b_j}, B_{b_j}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Məsələnin həll prosesinə baxaq. Z-XP (10)-(12) məsələsini həll etmək üçün DTO (DEO) axtarış üsulundan istifadə olunur. Əvvəlcə Z-qiymətli fiktiv dəyişənləri əlavə edilir.

$$Z_f(Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}) = Z_{c_1} Z_{x_1} + Z_{c_2} Z_{x_2} + \dots + Z_{c_n} Z_{x_n} \rightarrow \min$$

$$Z_{11} Z_1 + Z_{12} Z_2 + \dots + Z_{1n} Z_n + Z_{1n+1} = Z_1,$$

$$Z_{21} Z_1 + Z_{22} Z_2 + \dots + Z_{2n} Z_n + Z_{2n+2} = Z_2,$$

...

$$Z_{m1} Z_1 + Z_{m2} Z_2 + \dots + Z_{mn} Z_n + Z_{n+m} = Z_m,$$

$$Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}, Z_{x_{n+1}}, Z_{x_{n+2}}, \dots, Z_{x_{n+m}} \geq 0^Z$$

Sonra baxılan məsələni uyğun ekvivalent formada yazılır:

$$Z_g(Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}, Z_{x_{n+1}}, Z_{x_{n+2}}, \dots, Z_{x_{n+m}}) = Z_{c_1} Z_{x_1} + Z_{c_2} Z_{x_2} + \dots + Z_{c_n} Z_{x_n} +$$

$$+(Z_{b_1} - (Z_{a_{11}} Z_{x_1} + Z_{a_{12}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{1n}} Z_{x_n} + Z_{x_{n+1}})) +$$

$$+(Z_{b_2} - (Z_{a_{21}} Z_{x_1} + Z_{a_{22}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{2n}} Z_{x_n} + Z_{x_{n+2}})) +$$

...

$$+(Z_{b_m} - (Z_{a_{m1}} Z_{x_1} + Z_{a_{m2}} Z_{x_2} + \dots + Z_{a_{mn}} Z_{x_n} + Z_{x_{n+m}})) \rightarrow \min$$

Məhdudiyyət şərtləri

$$Z_{x_1}, Z_{x_2}, \dots, Z_{x_n}, Z_{x_{n+1}}, Z_{x_{n+2}}, \dots, Z_{x_{n+m}} \geq 0^Z \quad (14)$$

Optimallaşdırmaya başlamazdan əvvəl DTO parametrləri təyin edilir,  $Z_g$  məqsədfunksiyası DTO-nundəyər funksiyası kimi təyin edilir və populyasiya ölçüsü seçilir (bir qayda olaraq optimallaşdırma parametrlərindən 10 dəfə artıq olur, yəni  $10N_{par}$ ) və DTO prosesi başlayır. Sonra alqoritmin parametrlərini təyin edirik: mutasiya normasını ( $F$ ), calama normasını ( $CR$ ) və populyasiya ölçüsünü ( $PN$ ).

**Altıncı fəsil**də neft məhsullarının proqnozlaşdırılması modellərinin kompüter simulyasiyası, eksperimental tədqiqi verilib. Proqnoz dəqiqliyi göstərir ki, dizel yanacağı verilənləri üçün klasterlərin optimal sayı 5-dir. Alınmış qaydalar codebook-a əsasən aşağıdakı kimidir:

**ƏGƏR**  $X_{t-4}$  böyük,  $X_{t-3}$  orta,  $X_{t-2}$  böyük,  $X_{t-1}$  çoxkiçik  
 – sə, **ONDAX**  $X_t$  çoxkiçik – dir

$\Theta G \Theta R X_{t-4}$  böyük,  $X_{t-3}$  böyük,  $X_{t-2}$  böyük,  $X_{t-1}$  kiçik  
 – sə,  $ONDAX_t$  orta – dir

$\Theta G \Theta R X_{t-4}$  kiçik,  $X_{t-3}$  kiçik,  $X_{t-2}$  kiçik,  $X_{t-1}$  kiçik  
 – sə,  $ONDAX_t$  böyük – dir

$\Theta G \Theta R X_{t-4}$  orta,  $X_{t-3}$  kiçik,  $X_{t-2}$  çox kiçik,  $X_{t-1}$  böyük  
 – sə,  $ONDAX_t$  çox kiçik – dir

$\Theta G \Theta R X_{t-4}$  orta,  $X_{t-3}$  kiçik,  $X_{t-2}$  kiçik,  $X_{t-1}$  çox kiçik  
 – sə,  $ONDAX_t$  böyük – dir

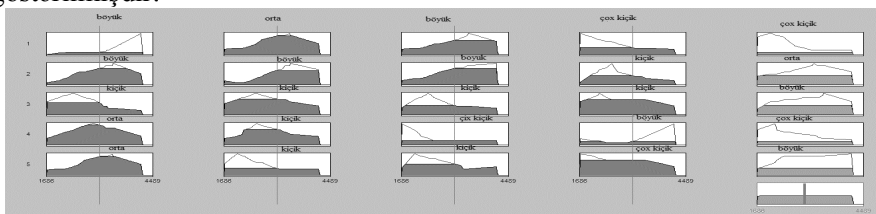
Proqnoz dəqiqliyi göstərir ki, benzin yanacağı verilənləri üçün klasterlərin optimal sayı 3-dür. Alınmış qaydalar codebook-a əsasən aşağıdakı kimidir:

$\Theta G \Theta R X_{t-2}$  kiçik,  $X_{t-1}$  çox böyük – sə,  $ONDAX_t$  kiçik – dir

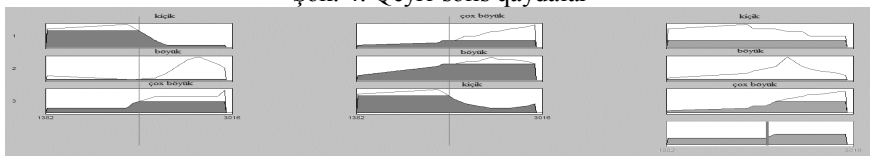
$\Theta G \Theta R X_{t-2}$  böyük,  $X_{t-1}$  böyük – sə,  $ONDAX_t$  böyük – dir

$\Theta G \Theta R X_{t-2}$  çox böyük,  $X_{t-1}$  kiçik – sə,  $ONDAX_t$  çox böyük – dir

Mənsubiyyət funksiyalarından istifadə ilə dizel yanacağı verilənləri üçün qaydalar çoxluğu Şək. 4-də və benzin yanacağı verilənləri üçün Şək. 5-də göstərilmişdir.



Şək. 4. Qeyri-səlis qaydalar



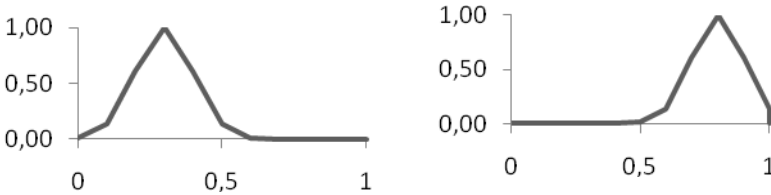
Şək. 5. Qeyri-səlis qaydalar

Katalitik krekinq prosesi qeyri-müəyyənliklə xarakterizə olunan mürəkkəb bir prosesdir. Kolonun yuxarı və aşağısındakı temperaturun

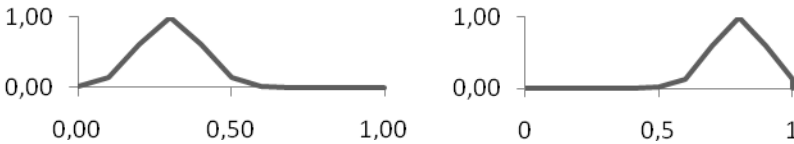
qiymətləri (modelin giriş qiyməti)və istehsal olunmuş benzinin həcmi (çıxış qiyməti)  $Z$ -ədədlərlə ifadə olunur. Model aşağıdakı formadadır:

$$Z_{y,M}(Z_{x_1}, Z_{x_2}) = Z_{a_1} Z_{x_1} + Z_{a_2} Z_{x_2} \quad (15)$$

$Z_{x_1}$  və  $Z_{x_2}$  kolonunuyuxarı və aşağı temperaturlarının $Z$ -qiymətli dəyişənləridir,  $Z_{a_1}, Z_{a_2}$  modelin $Z$ -qiymətli əmsallarıdır,  $Z_{y,M}$  istehsal olunmuş benzinin  $Z$ -qiymətli dəyişənlərini göstərir. Yuxarıda göstərilmiş üsula əsasən  $Z$ -reqressiya modeli alınır. Alınmış  $Z$ -qiymətli əmsallar  $Z_{a_1}, Z_{a_2}$  uyğun olaraq Şək. 6, Şək.7-də göstərilib.



Şək. 6.  $Z_{a_1}$  əmsalının qiyməti



Şək. 7.  $Z_{a_2}$  əmsalının qiyməti

Benzin çıxımının proqnozu göstərdi ki, istənilən proqnozlaşdırma məsələsində olduğu kimi, burada da proqnoz qiyməti müəyyən xəta ilə alınır. Buna görə də neftayırma zavodunun planlaşdırılmasında götürülən informasiya ancaq müəyyən etibarlılıq dərəcəsi ilə verilə bilər. Bu baxımdan neft məhsullarının, o cümlədən benzinin, kerosinin çıxımını planlaşdırarkən  $Z$  -ədələrdən istifadə etmək daha adekvat nəticə verir. Bu fəsilə benzin çıxımının planlaşdırılması  $Z$ -ədədlərə əsaslanan xətti proqramlaşdırma məsələsi kimi qoyulur. Məqsəd benzinin çıxımının maksimallaşdırılmasıdır. Bu müəyyən məhdudiyyətlər çərçivəsində ola bilər. Məhdudiyyətlər kimi balans məhdudiyyəti və qurğudan çıxan ikinci dərəcəli məhsullara qoyulan məhdudiyyət, bir də benzinin çıxımının maksimallaşdırılmasını təmin edən rejim parametrlərinə qoyulan məhdudiyyətlər götürülmüşdür.

Formal şəkildə benzin çıxımının qeyri-müəyyənlik şəraitində optimallaşdırılması məsələsi aşağıdakı kimi qoyulur:

$$Z_{c_1} Z_{x_1} + Z_{c_2} Z_{x_2} \rightarrow \max \quad (16)$$

$$Z_{a_{11}} Z_{x_1} + Z_{a_{12}} Z_{x_2} \leq Z_{\text{əlavə}} \quad (17)$$

$$Z_{a_{21}} Z_{x_1} + Z_{a_{22}} Z_{x_2} \leq Z_{\text{balans}} \quad (18)$$

$$\begin{cases} Z_{y.a} \leq Z_{x_1} \leq Z_{y.y} \\ Z_{a.a} \leq Z_{x_2} \leq Z_{a.y} \end{cases} \quad (19)$$

Burada (16) məqsəd funksiyası, (17) əlavə məhsula qoyulan məhdudiyət, (18) balans məhdudiyəti, (19) optimallaşdırma parametrlərinə qoyulan məhdudiyətlərdir.

(16)-(19) modelində parametrlər aşağıdakı kimi tapılmışdır:

$$Z_{c_1} = ((0, 0.32, 1), (0, 0.8, 1)); Z_{c_2} = ((0, 0.28, 1), (0, 0.8, 1));$$

$$Z_{a_{11}} = ((0, 0.18, 0.19), (0, 0.8, 1)); Z_{a_{12}} = ((0, 0.2, 1), (0, 0.8, 1));$$

$$Z_{a_{21}} = ((0, 0.48, 0.98), (0, 0.8, 1)); Z_{a_{22}} = ((0, 0.5, 1), (0, 0.8, 1));$$

$$Z_{\text{əlavə}} = ((70, 73, 80), (0, 0.8, 1)); Z_{\text{balans}} = ((150, 180, 250), (0, 0.8, 1)).$$

Elə  $Z_{x_1}$  və  $Z_{x_2}$  tapmaq lazımdır ki, (16) maksimumluq və (17)-(19) məhdudiyət şərtləri ödənsin. Məsələnin mürəkkəbliyi ondadır ki, xətti proqramlaşdırma (16)-(19) məsələsi  $Z$ -ədədlərlə verilib. Burada nə klassik xətti proqramlaşdırma, nə də qeyri-səlis proqramlaşdırma üsulları istifadə oluna bilməz. Təklif olunan üsulu istifadə etməklə nəticədə axtarılan parametrlərin aşağıdakı optimal qiymətləri tapılmışdır:

$$Z_{x_1} = ((126, 133, 136), (0, 0.8, 1)); Z_{x_2} = ((239, 245, 249), (0, 0.8, 1)).$$

## **İŞİN ƏSAS ELMİ NƏTİCƏLƏRİ**

1. Mövcud elmi ədəbiyyatlarda xaoslu davranışa malik olan zaman sıralarının proqnozlaşdırılması məsələsində müəyyən boşluqlar olduğu müəyyənləşdirilmişdir. Bu ilk növbədə bu tip zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün statistik ekonometrik modellərin istifadəsini, verilənlər bazasında olan qeyri-statistik qeyri-müəyyənliliyin nəzərə alınmaması ilə əlaqədardır. Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün yeni informasiya texnologiyalarını, o cümlədən xaos nəzəriyyəsini, qeyri-səlis məntiqi, genetik hesablamaları və neyron hesablamaları özündə ehtiva edən Soft Kompüter texnologiyasının istifadə olunması əsaslandırılmışdır.
2. Zaman sıralarının, o cümlədən neft məhsulları zaman sıralarının qeyri-xətti dinamik sistem kimi xüsusiyyətləri öyrənilmiş, xaoslu davranış göstəricilərinin hesablanması verilmişdir.
3. Böyük sayda verilənlərə malik zaman sıralarının proqnozlaşdırılması üçün qeyri-səlis klasterləşdirmə vasitəsilə qranul tipli ƏGƏR...ONDA şəffaf modellərin alınma yolları işlənmişdir. Neyrohesablamalar və qeyri-səlis hesablamaların sinerjisi əsasında proqnoz qiymətlərinin hesablanması üsulları işlənmiş və neft məhsullarının proqnozlaşdırılmasına tətbiq olunmuşdur. Proqnoz nəticələrinin dəqiqliyi əvvəlcədən qəbul olunan buraxıla bilən intervalda alınmışdır.
4. Neft məhsullarının proqnozlaşdırılmasının alınan qiymətlərinin dürüstlük dərəcəsini nəzərə alaraq real şəraitdə bu proqnozların reallaşdırılması məsələsinə baxılmışdır. Bu məqsədlə mürəkkəb neftayırma istehsalında informasiyanın qeyri-müəyyənliliyini və etibarlıq dərəcəsini özündə ehtiva edən Z-informasiya şəraitində reqressiya modellərinin ilk dəfə olaraq alınma üsulu işlənmiş və real proseslərə tətbiq olunmuşdur.
5. Xaoslu zaman sırası əsasında alınan proqnozların neft emalı istehsalının planlaşdırılmasında tətbiq etmək üçün ilk dəfə olaraq Z-xətti proqramlaşdırma məsələsi həll olunmuşdur. Bu üsul neft emalı istehsalı üçün tətbiq olunmuşdur.



**Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı işlərdə çap edilmişdir:**

1. Mamedov R.M., Balayev R.S., Mammadova A.T., Jabbarova K., Alieva K.R. Chaotic Analysis of Petroleum Production Time Series /4th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing- ICAFS-2000. Germany, Siegen, 2000, pp.402-404
2. Cabbarova K.I. Katalitik krekinq qurğusunda benzin çıxışının dinamik xaos mühitində fraktal ölçüsünün təyini // İntellektual idarəetmə və qərarların qəbul edilməsi sistemləri, Bakı, 2001, N4, səh.31-36
3. Cabbarova K.I. Dizel çıxışının xaotik rejimdə attraktorunun korrelyasiya ölçüsünün təyini // Bilgi dərgisi. Texnika seriyası, 2002, səh.32-35
4. Bonfiglioli K.W., Əliyev Akif Vəli oğlu, Cabbarova K.İ. Determination of the Lyapunov Exponent for the Chaotic Behavior of Gasoline Output. Fifth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing ICAFS-2002, Milan, Italy, September 17-18, 2002, pp.109-112
5. Əlizadə A.V., Cabbarova K.I. Benzin çıxışının davranışının Lyapunov göstəricisinin təyini və qısamüddətli proqnozlaşdırılma üçün neyron modelin arxitekturasının seçilməsi. "İntellektual idarəetmə və qərarların qəbul edilməsi sistemləri", N5, Bakı 2003, səh.77-83
6. Cabbarova K.I. Lyapunov göstəriciləri əsasında Empririk xaos mühitinin təhlili / II Respublika Elmi konfransı -Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları. Sumqayıt, 2012, səh.134-136
7. Cabbarova K.I. Z-ədədlərin qərar qəbuletmədə tətbiqi haqqında//Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri,2014, №1, səh.104-107
8. Cabbarova K.I. Benzin və dizel zaman sıraları üçün daxilolma ölçüsünün və zaman ləngiməsinin təyini // Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elmi Xəbərləri,2014, №1, səh.40-44

9. Cabbarova K.İ. Z-informasiyalı xətti proqramlaşdırma // Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi əsərləri,2014,№1, səh.92-95
10. Jabbarova K.I., O.H.Huseynov. Forecasting petroleum production using chaos time series analysis and fuzzy clustering // ICTACT JOURNAL ON SOFT COMPUTING, Special issue on Soft Computing in system, 2014, vol.1, №4, pp.791-795
11. Jabbarova K.I., Huseynov O.H. Z-valued regression model for catalytic cracking process /11th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing- ICAFS-2014. France, Rouen,2014, pp.165-174
12. Aliev R.A., Jabbarova K.I., Huseynov O.H. T-norm, T-conorm and aggregation on Z-number based information /8th World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation-WCIS-2014. Uzbekistan, Tashkent, 2014, pp.159-166
13. Cabbarova K.I. Neyro-qeyri səliss əsaslı proqnozlaşdırma // Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elmi Xəbərləri, 2014,№4, səh.44-47.
14. Aliev R.A., Alizadeh A.V., Huseynov O.H., Jabbarova K.I. Z-number based Linear Programming // International Journal Of Intelligent Systems, 2015, v.30, pp. 563–589
15. Cabbarova K.İ. Zaman sıralarının qeyri-səliss klasterləşdirmə əsasında proqnozlaşdırılması // Journal of Qafqaz University. Mathematics and computer science,2014, №1, vol.2, səh.102-107
16. Cabbarova K.İ. İstehsal sahəsinin Z-xətti proqramlaşdırma üsulu ilə optimallaşdırılması // Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya” Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Elmi Əsərlər, XV cild, Bakı-2014, səh.191-199

### **Müştərək çap olunmuş işlərdə müəllifin şəxsi rolu:**

[1]-Lyapunov göstəricisinin hesablanma üsullarının təhlili; [4]-Lyapunov Exponentinin hesablanması; [5]-Neyron modelinin arxitekturasının seçilməsi, öyrədilməsi və benzin çıxışının bu model əsasında proqnozlaşdırılması; [10]-Benzin istehsalında zaman sıralarının təhlili və modelləşdirilməsi; [11]-Z-reqressiya analizi üsulunun quruluş metodu və katalitik kreqinq qurğusu üçün onun hesablanması; [12]-Z-informasiyanın aqreqasiyası üçün hesabatlar; [14]-Z-ədədlərə əsaslanan xətti proqramlaşdırma üsulunun işlənməsi və benchmark məsələyə tətbiqi müəllifə məxsusdur.

**КЕНУЛЬ Имран кызы ДЖАББАРОВА**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ХАОСА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**РЕЗЮМЕ**

Диссертация посвящена прогнозированию хаотических временных рядов и практической реализации полученных результатов на основе применения современных информационных технологий, в том числе SoftComputingтехнологии. Прогнозирование временных рядов осуществляется, как правило, на основе применения статистических эконометрических моделей. В случае если временной ряд, как нелинейная динамическая система, характеризуется хаотическим поведением и данные для прогнозирования характеризуются неопределенностью, применение существующих эконометрических методов становится невозможным и для решения таких задач требуется применение новых научных подходов. В диссертационной работе рассматриваются вопросы исследования наличия хаотического поведения у временных рядов, включая определение характеристических показателей, размерности вложения и показателей Ляпунова. Отличительной особенностью рассматриваемой работы, по сравнению с существующими работами в области прогнозирования является то, что прогнозирование хаотических временных рядов основывается на применении гибридной интеллектуальной системы. В частности, построена эффективная модель прогнозирования с помощью метода нечеткой кластеризации и решена задача прогнозирования на основе нейро-нечеткого подхода.

Как известно, любая модель прогнозирования характеризуется определенной неточностью и неопределенностью относительно возможности описания реального процесса. Это значит, что любой прогноз характеризуется определенной надежностью, то есть степенью доверия к результатам. Для реализации прогнозных значений, характеризующихся определенной степенью доверия, решена задача моделирования и определения параметров технологического режима для одного из процессов нефтепереработки на основе концепции Z-информации. В

данном контексте предложен метод построения Z-регрессионной модели и метод решения задачи Z-линейного программирования.

Предложенные модели и методы применены для прогнозирования нефтепродуктов и оптимизации процессов нефтеперерабатывающего производства.

**Jabbarova Konul Imran**

## **SUMMARY**

### **APPLICATION OF THE CHAOS THEORY TO TIME SERIES FORECASTING**

The PhD thesis is devoted to chaotic time series forecasting and practical application of obtained results on the base of the modern information technology, in particular, Soft Computing technology. As a rule, time series forecasting is based on the statistical econometric models. However, when a time series as a non-linear dynamical system is characterized by chaotic behaviour and data are characterized by uncertainty, an application of existing econometric models becomes insuitable and use of new approaches is needed. In the thesis, problems of chaotic behavior of time series are considered including determination of chaotic characteristics such as embedding dimensions and Lyapunov exponents. As compared to existing works on forecasting, chaotic time series forecasting in the proposed thesis is based on application of a hybrid intelligent system. Particularly, an effective forecasting model based on fuzzy clustering is suggested and a problem of forecasting of chaotic time series by using a neuro-fuzzy approach is used.

Any forecasting model's results are always not accurate and uncertainty is always related to possibility of application of a model for practical purposes. This implies that forecasting is always of a partial reliability which may be considered as a degree of belief to obtained results. For implementation of forecasting results characterized by a degree of belief, a problem of mathematical modeling and identification of parameters of an oil refinery process is solved by using the Z-information concept. For solving of the considered problem, a method of construction of Z-regression model and a method of solving Z-linear programming problem are suggested.

The suggested models and methods are applied to forecasting of oil production output and optimization of oil refinery processes.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

---

*На правах рукописи*

**ДЖАББАРОВАКЕНУЛЬ ИМРАН кызы  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ХАОСА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

3338.01- Системный анализ, управление и обработка информации  
(по отраслям)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертационной работы, представленной на соискание  
ученой степени доктора философии по техническим наукам

**Баку – 2015**