

UOT 620.9:005

## QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQ VƏ K-ORTA KLASTERLƏŞDİRMƏ TEXNİKASININ TƏTBİQİ İLƏ ELEKTRİK ENERJİSİ İSTEHSALININ PROQNOZLAŞDIRILMASI

**Möhübbət Zaməddin oğlu Əhmədov**

texnika üzrə fəlsəfə doktoru

[mahabbat.ahmedov@mdu.edu.az](mailto:mahabbat.ahmedov@mdu.edu.az)

**Xülasə:** Məqalədə elektrik enerjisi istehsalının K-orta klasterləşdirmə texnikası və qeyri-səlis məntiqi münasibətlər əsasında proqnozlaşdırma modeli təqdim olunur. Əvvəlcə, xronoloji verilənləri müxtəlif uzunluqlu intervallara uyğunlaşdırma üçün K-orta klasterləşdirmə alqoritmi istifadə olunur. Sonra yeni intervallara əsaslanaraq, xronoloji verilənlər qeyri-səlis çoxluqlar şəklində ifadə olunur və təklif olunan metodla elektrik enerjisi istehsalının proqnoz nəticələri hesablanmış və bu metodun tətbiqinin səmərəliliyi əsaslandırılmışdır.

**Açar sözlər:** qeyri-səlis zaman sıraları, K-orta klasterləşdirmə, qeyri-səlis münasibət

### Giriş

Son vaxtlar hədləri linqvistik dəyərlərlə təmsil olunan zaman sıralarının proqnozlaşdırılması məsələləri bu problemlə məşğul olan mütəxəssislərin çox böyük marağına səbəb olmaqdadır. Problem onunla bağlıdır ki, klassik zaman sıralarına əsaslanan ənənəvi proqnozlaşdırma metodları xronoloji verilənlər müəyyən bir linqvistik dəyişənin qiymətlərindən ibarət olan halda proqnozlaşdırma prosesinin aparılması üçün yararlı deyil. Məhz bu cür məsələlərin həlli dahi həmyerlimiz Lütfi Zadənin 1965-ci ildə kəşf etdiyi qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin tətbiqi və istifadə olunması nəticəsində mümkün olmuşdur. 1993-cü ildə ABŞ Alabama Universitetinin professorları Q.Song və B.Chissom tərəfindən qeyri-səlis zaman sıraları nəzəriyyəsi təklif olunmuşdur. Onlar qeyri-səlis zaman sıraları əsasında Alabama Universitetinə tələbə qəbulunun proqnozlaşdırılması məsələsini test məsələ kimi təklif edərək həll etmişlər [1-3]. Onlar tərəfindən test məsələ həm zamana görə dəyişən, həm də zamana görə dəyişməyən qeyri-səlis zaman sıraları əsasında max-min əməliyyatlarından istifadə etməklə həll olunmuşdur. Bu metodların əsas çatışmazlığı çox böyük hesablama yükü ilə bağlıdır. Sonralar daha səmərəli hesablama metodları tətbiq etməklə bir neçə proqnozlaşdırma modelləri təklif olunmuşdur [4; 6]. Son vaxtlar daha yaxşı proqnozlaşdırma xətası əldə etmək məqsədilə qeyri-səlis zaman sıraları üçün müxtəlif uzunluqlu intervalların tədqiqi və mümkünlüyü mütəxəssislərin marağına səbəb olmuşdur [5; 7]. Məqalədə qeyri-səlis münasibətlər və K-orta klasterləşdirmə texnikasını birləşdirən proqnozlaşdırma modeli elektrik enerjisinin istehsalının proqnozlaşdırılması məsələsinin həlli üçün tətbiq olunmuşdur. Eksperimental nəticələr göstərmişdir ki, təklif olunan metod mövcud metodlarla müqayisədə daha yaxşı orta proqnozlaşdırma xətasına malikdir.

### 2. Qeyri-səlis zaman sıraları və K-orta klasterləşdirmə

Qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsi ilk dəfə 1965-ci ildə L.Zadə tərəfindən linqvistik terminlərdən istifadə etməklə qeyri-müəyyənliklə məşğul olmaq üçün işlənilib hazırlanmışdır. 1993-cü ildə Alabama universitetinin professorları Q.Song və B.Chissom qeyri-səlis zaman sıraları üçün qeyri-səlis çoxluqları qəbul etməklə qeyri-səlis proqnozlaşdırma prosesinin uğurla modelləşdirdi. Fərz edək ki,  $U$  universal çoxluqdur və aşağıdakı kimi verilmişdir:  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ .  $U$  universal çoxluğunun  $A$  qeyri-səlis çoxluğu aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$A = \mu_A(u_1)/u_1 + \mu_A(u_2)/u_2 + \dots + \mu_A(u_n)/u_n$$

Burada:  $\mu_A$  - mənsubiyyət funksiyasıdır,  $\mu_A : U \Rightarrow [0, 1]$ ,  $\mu_A(u_i)$  -  $u_i$  - nin  $A$ -ya mənsub olma dərəcəsinə bildirir.  $\mu_A(u_i) \in [0, 1]$ , / - ayırıcı işarədir. + - birləşdirmə əməliyyatıdır (toplama əməli deyil).

**Tərif 2.1.** Fərz edək ki,  $Y(t)$  ( $\dots 0, 1, 2, 3, \dots$ )  $R^1$  həqiqi ədədlər çoxluğunun altçoxluğudur.  $Y(t)$  çoxluğunda  $\mu_i(t)$  ( $t=1,2,\dots$ ) qeyri-səlis çoxluğu təyin olunur və onun üçün universal çoxluqdur.  $F(t)$  isə  $\{\mu_i(t) (t=1, 2, \dots)\}$  çoxluğudur. Onda  $F(t)$ -yə  $Y(t)$  ( $t=\dots 0, 1, 2, \dots$ ) universal çoxluğunda qeyri-səlis zaman sırası deyilir.

**Tərif 2.2.** Əgər  $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$  bərabərliyini şərtləndirən  $R(t, t-1)$  mövcud olarsa, bu halda  $F(t)$  ( $t$  anındakı müşahidə/qiymət) ancaq  $F(t-1)$  ilə şərtlənir və bu münasibət simvolik olaraq  $F(t-1) \rightarrow F(t)$  kimi yazılır. Burada  $R(t, t-1)$  qeyri-səlis münasibətlər matrisi,  $F(t)$ -1-tərtibli qeyri-səlis zaman sırası modeli, “ $\circ$ ”- isə Max-Min kompozisiya operatoru adlanır.

**Tərif 2.3.** Əgər istənilən  $t$  zaman anı üçün  $F(t)$  qeyri-səlis zaman sırası ancaq və ancaq  $F(t-1)$ -dən asılıdırsa, bu halda bu cür əlaqə  $F(t) = F(t-1) \circ R(t, t-1)$  şəklində ifadə olunur. Eyni zamanda ixtiyari  $t$  zamanı  $R(t, t-1) = R(t-1, t-2)$  şərti ödənərsə, bu halda  $F(t)$  – qeyri-səlis zaman sırası zamana görə dəyişməyən (time-invariant), əks halda isə zamana görə dəyişən (time-variant) qeyri-səlis zaman sırası adlanır.

**Tərif 2.4.** Əgər  $F(t-1)$ -i  $A_i$  və  $F(t)$  isə  $A_j$  kimi işarə etsək, bu halda  $F(t-1)$  və  $F(t)$  arasındakı münasibət  $A_i \rightarrow A_j$  məntiqi implikasiya münasibəti kimi yazılır.

### **K-orta klasterləşdirmə texnikası**

Qərar qəbulətmə məsələlərinin həlli üçün təqdim edilən K-orta klasterləşdirmə müasir dövrdə klasterləşmə probleminin həlli üçün ən populyar öyrənmə alqoritmlərindən biridir. K-orta klasterləşdirmə metodunda verilənlər bir-birinə yaxınlığı nəzərə almaq məqsədilə Evklid məsafəsinə görə qruplaşdırılır [8, 9]. Klaster yanaşmasında istifadəçi neçə klasterin olması lazım olduğuna qərar verir və klasterlər xronoloji verilənlər vektorunun mərkəzə yaxınlığına əsasən təyin edilir. Nəticə klaster sayından və K-orta alqoritmi ilə aparılan seçimdən asılıdır. K-orta alqoritmi aşağıdakı addımlardan ibarətdir:

**Addım 1.** Klasterləşdirmə prosesində  $j$  nöqtələrini qruplaşdırılan obyektlərin göstərdiyi boşluğa qoyun. Bu nöqtələr ilkin qrup mərkəzlərini təmsil edir.

**Addım 2.** Hər bir obyektə ən yaxın mərkəzi olan qrupa təyin edin.

**Addım 3.** Bütün obyektlər təyin edildikdən sonra  $j$  mərkəzlərinin mövqelərini yenidən hesablayın.

**Addım 4.** Mərkəzlər artıq hərəkət etməyə qədər 2 və 3-cü addımları təkrarlayın. Bu, obyektlərin minimuma endirilməli olan metrikanın hesabına biləcəyi qruplara ayrılmasını təmin edir.

### **3. K-orta klasterləşdirmə əsasında qeyri-səlis zaman sıraları modeli**

Bu bölmədə elektrik enerjisi istehsalı göstəriciləri ilə bağlı statistik verilənlər əsasında təsnifat aparmaq üçün K-orta klasterləşdirmə texnikası tətbiq olunur. Ədədi məlumatlardan intervallar yaratmaq üçün klasterlər bitişik intervallara uyğunlaşdırılır. Sonra müəyyən edilmiş interval əsasında xronoloji verilənlərdə qeyri-səlis münasibət və klaster vaxtı müəyyən edilir. Nəhayət qeyri-səlis münasibət qruplarına əsaslanaraq proqnozlaşdırma prosesi aparılır və proqnoz nəticələr əldə olunur.

Proqnozlaşdırma prosesi əvvəlcə xronoloji verilənlər əsasında K-orta klasterləşdirmə alqoritmi ilə intervalların generasiyası ilə başlayır. Xronoloji verilənlər Cədvəl 1-də verilib.

Cədvəl 1

**Elektrik enerjisi istehsalı göstəriciləri**

İllər	İstehsal olunan elektrik enerjisi (Mvt saat)	İllər	İstehsal olunan elektrik enerjisi (Mvt saat)	İllər	İstehsal olunan elektrik enerjisi (Mvt saat)
1982	1764	1995	8384	2008	9185
1983	3651	1996	9076	2009	6759
1984	4619	1997	8110	2010	5237
1985	6689	1998	10090	2011	6289
1986	7174	1999	10157	2012	8127
1987	8172	2000	10863	2013	7633
1988	9154	2001	11020	2014	7684
1989	9562	2002	10099	2015	7403
1990	10613	2003	10566	2016	6763
1991	11832	2004	10236	2017	8160
1992	9679	2005	10412	2018	7464
1993	8650	2006	11601	2019	7051
1994	8650	2007	9662	2020	5920

**Addım1:** Statistik göstəricilər əsasında xronoloji məlumatları  $p$  çoxluqlarına bölmək və məlumatları artan ardıcılıqla klasterlərdə çeşidləmək üçün K-orta klasterləşdirmə alqoritmi tətbiq olunur. Baxılan məsələ üçün  $p=17$  klaster təyin olunmuşdur və nəticələr aşağıdakı kimidir:

{1764}, {3651}, {4619}, {5237}, {5920}, {6289}, {6689, 6759, 6763},  
 {7051, 7174, 7403, 7464}, {7633, 7684},  
 {8110, 8127, 8160, 8172}, {8384, 8650, 8650},  
 {9076, 9154, 9185}, {9562, 9662, 9679},  
 {10090, 10099, 10157, 10236},  
 {10412, 10566}, {10613, 10863},  
 {11020, 11601, 11832}.

**Addım 2:** Klaster mərkəzlərinin yaradılması

Bu mərhələdə avtomatik klasterləşdirmə texnikasından istifadə edərək, addım 1-də verilən klasterlər əsasında Cədvəl 2-də təsvir olunan hər klaster üçün cluster  $j$  aşağıdakı düstur əsasında yaradılır:

$$Center_j = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}, \quad (1)$$

burada  $d_i$  – klasterin verilənidir,  $n$  – cluster  $j$ -də verilənin nömrəsidir və  $1 \leq j \leq p$ .

Cədvəl 2

**Klaster mərkəzlərinin generasiyası**

1764				1764
3651				3651
4619				4619
5237				5237

5920					5920
6289					6289
6689	6759	6763			6737
7051	7174	7403	7464		7273
7633	7684				7659
8172	8110	8127	8160		8142
8384	8650	8650			8561
9076	9154	9185			9138
9562	9662	9679			9634
10090	10099	10157	10236		10146
10412	10566				10489
10613	10863				10738
11020	11601	11832			11484

**Addım 3:** Çoxluqları uyğun olaraq intervallara uyğunlaşdırın. Qaydalara aşağıdakı kimi əməl olunmalıdır. Fərz edək ki,  $Center_k$  və  $Center_{k+1}$  bitişik klaster mərkəzləridir, onda  $cluster_j$ -nin yuxarı həddi -  $UB_j$  və  $Cluster_{j+1}$ -in aşağı həddi olan  $LB_{k+1}$  aşağıdakı kimi hesablanabilir:

$$Cluster\_UB_k = \frac{Center_k + Center_{k+1}}{2}, \quad (2)$$

$$Cluster\_LB_{k+1} = Cluster\_UB_k, \quad (3)$$

burada  $k=1, \dots, p-1$ .

Birinci klasterdən əvvəl, əvvəlki klaster olmadığına və sonuncu klasterdən sonra növbəti klaster olmadığına görə birinci klasterin aşağı həddi -  $LB_1$  sonuncu klasterin yuxarı həddi olan  $Cluster\_UB_p$  aşağıdakı kimi hesablanabilir:

$$Cluster\_LN_1 = Center_1 - (Center_1 - Cluster\_UB_1) \quad (4)$$

$$Cluster\_UB_p = Center_p + (Center_p - Cluster\_LB_p) \quad (5)$$

**Addım 4:** Hər bir klaster  $j$ -yə uyğun olaraq intervallar yaradılır. Hər bir interval üçün orta qiymət  $Mid\_value_j$  aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Mid\_value_j = \frac{interval\_LB_j + interval\_UB_j}{2}, \quad (6)$$

burada  $interval\_UB_j$  və  $interval\_LB_j$  müvafiq olaraq, intervalların yuxarı və aşağı sərhədləridir və  $j=1, \dots, p$ .

Aparılan hesablamaların nəticələri Cədvəl 3-də təsvir olunmuşdur:

**Cədvəl 3**

**Klasterlər üzrə təyin olunan intervalların orta nöqtələri**

İntervallar	Termlər	Mid	
1200	2708	A1	1954
2708	4135	A2	3422
4135	4928	A3	4532
4928	5579	A4	5253
5579	6105	A5	5842
6105	6513	A6	6309
6513	7005	A7	6759
7005	7466	A8	7235
7466	7900	A9	7683
7900	8352	A10	8126

8352	8850	A11	8601
8850	9386	A12	9118
9386	9890	A13	9638
9890	10317	A14	10104
10317	10614	A15	10465
10614	11111	A16	10863
11111	11923	A17	11517

#### 4. Elektrik enerjisi istehsalının proqnozlaşdırılması

K-orta klasterləşdirmə alqoritmi və zamana görə dəyişən qeyri-səlis zaman sıraları əsasında elektrik enerjisi istehsalının proqnozlaşdırılması prosesi aşağıdakı kimi təqdim olunur

**Addım 1.** Elektrik enerjisi istehsalı ilə bağlı statistik xronoloji verilənlərin aid olduğu universal çoxluq intervallara bölünür. Bu məqsədlə K-orta klasterləşdirmə proseduru tətbiq edildikdən sonra Cədvəl 3-də verilmiş intervalların orta qiyməti hesablanır.

**Addım 2.** Xronoloji verilənlərin fəzififikasiyası aparılır. 1-ci addımda yeni əldə edilmiş 17 interval Cədvəl 1-də göstərilən statistik verilənlər əsasında müvafiq qeyri-səlis çoxluqlar təyin olunur. Burada 17 interval üçün  $A_i$  17 linqvistik term təyin olunur. Hər bir linqvistik term qeyri-səlis çoxluğu təmsil edir. Bu qeyri-səlis çoxluqları müəyyən etmək üçün addım mənsubiyyət funksiyasından istifadə etmək olar. Cədvəl 1-də təsvir olunan statistik göstəricilər mənsubiyyət funksiyasının ən yüksək qiymətinə görə qeyri-səlisləşdirilir. Məsələn, 1983-cü il üçün 3651 qiyməti  $u_2=(2708, 4135)$  intervalına daxildir. Burada isə mənsubiyyət funksiyasının maksimum qiyməti  $A_2$  qeyri-səlis çoxluğunu göstərir. Beləliklə, bütün statistik göstəricilər Cədvəl 4-də verilmiş qeyri-səlis çoxluqlar şəklində ifadə olunur.

Cədvəl 4

#### Enerji istehsalı göstəriciləri üçün linqvistik termlər

İllər	Fakt	Termlər	İllər	Fakt	Termlər	İllər	Fakt	Termlər
1982	1764	A1	1995	8384	A10	2008	9185	A12
1983	3651	A2	1996	9076	A12	2009	6759	A7
1984	4619	A3	1997	8110	A10	2010	5237	A4
1985	6689	A7	1998	10090	A14	2011	6289	A6
1986	7174	A8	1999	10157	A14	2012	8127	A10
1987	8172	A10	2000	10863	A16	2013	7633	A9
1988	9154	A12	2001	11020	A16	2014	7684	A9
1989	9562	A13	2002	10099	A14	2015	7403	A8
1990	10613	A15	2003	10566	A15	2016	6763	A7
1991	11832	A17	2004	10236	A14	2017	8160	A10
1992	9679	A13	2005	10412	A15	2018	7464	A9
1993	8650	A11	2006	11601	A17	2019	7051	A8
1994	8650	A11	2007	9662	A13	2020	5920	A5

**Addım 3.** Qeyri-səlis keçid qaydaları müəyyən edilir. Beləliklə, Cədvəl 4-ə və tərif 2.2-yə görə bir tərtibli qeyri-səlis zaman sıralarına müvafiq olaraq, Cədvəl 5-də qeyri-səlis keçid qaydaları aşağıdakı kimi təyin edilir:

Əgər  $i$  ili üçün enerji istehsalı  $A_i$  olarsa, onda  $i+1$  ili üçün enerji istehsalı  $A_k$  olacaq və bu fakt  $A_i \rightarrow A_k$  kimi işarələnir.

**Cədvəl 5**

**1 tərtibli qeyri-səlis keçidlər**

N	Keçidlər	N	Keçidlər
1	A1 -> A2	20	A16 -> A14
2	A2 -> A3	21	A14 -> A15
3	A3 -> A7	22	A15 -> A14
4	A7 -> A8	23	A14 -> A15
5	A8 -> A10	24	A15 -> A17
6	A10 -> A12	25	A17 -> A13
7	A12 -> A13	26	A13 -> A12
8	A13 -> A15	27	A12 -> A7
9	A15 -> A17	28	A7 -> A4
10	A17 -> A13	29	A4 -> A6
11	A13 -> A11	30	A6 -> A10
12	A11 -> A11	31	A10 -> A9
13	A11 -> A10	32	A9 -> A9
14	A10 -> A12	33	A9 -> A8
15	A12 -> A10	34	A8 -> A7
16	A10 -> A14	35	A7 -> A10
17	A14 -> A14	36	A10 -> A9
18	A14 -> A16	37	A9 -> A8
19	A16 -> A16	38	A8 -> A5

**Addım 4.** Proqnoz nəticələrin hesablanması. Qeyri-səlis keçid qaydalarına müvafiq olaraq proqnoz qiymət kimi qeyri-səlis çoxluğa müvafiq intervalın orta nöqtəsi götürülür. Beləliklə, aparılan hesablamaların nəticələri Cədvəl 6-da verilmişdir.

**Cədvəl 6**

**Elektrik enerjisi istehsalının proqnoz nəticələri**

İllər	Termlər	Proqnoz	N	Termlər	Proqnoz
1982	A1	Not Forecast	2002	A14	10104
1983	A2	3422	2003	A15	10465
1984	A3	4532	2004	A14	10104
1985	A7	6759	2005	A15	10465
1986	A8	7235	2006	A17	11517
1987	A10	8126	2007	A13	9638
1988	A12	9118	2008	A12	9118
1989	A13	9638	2009	A7	6759
1990	A15	10465	2010	A4	5253
1991	A17	11517	2011	A6	6309
1992	A13	9638	2012	A10	8126
1993	A11	8601	2013	A9	7683
1994	A11	8601	2014	A9	7683
1995	A10	8126	2015	A8	7235
1996	A12	9118	2016	A7	6759
1997	A10	8126	2017	A10	8126
1998	A14	10104	2018	A9	7683
1999	A14	10104	2019	A8	7235

2000	A16	10863	2020	A5	5842
2001	A16	10863			

Məqalədə proqnoz nəticələrini müqayisəli şəkildə təhlil etmək məqsədilə orta proqnozlaşdırma xətası (*ing. Average Forecasting Error Rate*) və orta kvadratik xətalardan (*ing. Mean Square Error*) istifadə olunmuşdur.

a) Orta proqnozlaşdırma xətası (*ing. Average Forecasting Error Rate*):

$$AFER = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i}}{n} * 100\% \quad (7)$$

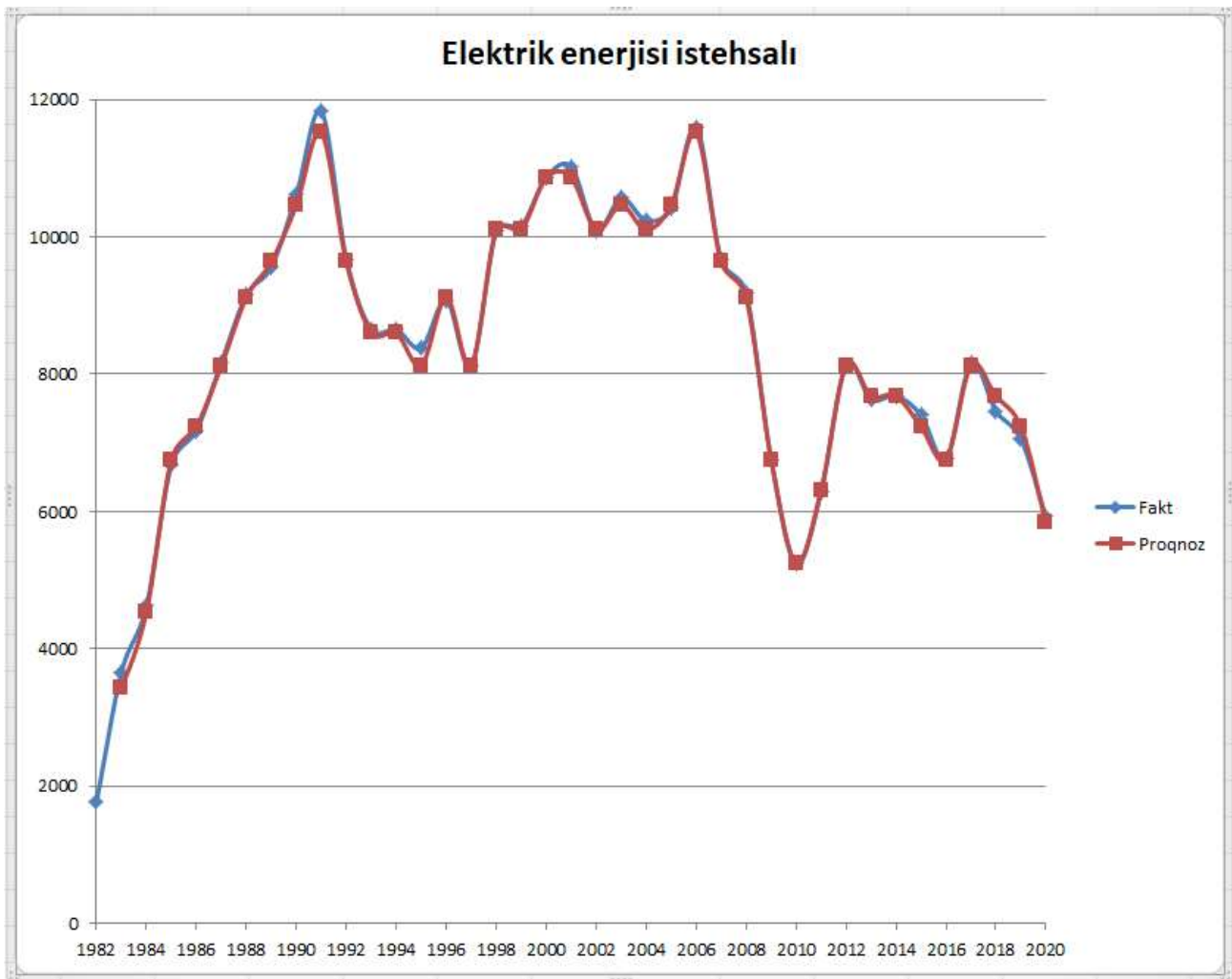
b) Orta kvadratik xəta (*ing. Mean Square Error*):

$$MSE = (\sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2) / n \quad (8)$$

Cədvəl 7-də universal çoxluğun müxtəlif bölgüləri üçün xətalərin müqayisəsi verilibdir [6, 7]:

Cədvəl 7

	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	Təklif olunan metod
<b>AFER</b>	6,97%	3,62%	2,98%	3,36%	3,21%	0.99%
<b>MSE</b>	523626,63	142266,56	97996,43	116406,60	93747,86	11915,49



Şək. 1. Elektrik enerjisi istehsalı

### İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Q.Song, B.S.Chissom. Fuzzy time series and its models // Fuzzy Sets and Systems, 54 (1993), pp. 269-277.
2. Q.Song, B.S.Chissom. Forecasting enrollments with fuzzy time series - part I // Fuzzy Sets and Systems, 54 (1993), pp.1-9.
3. Q.Song, B.S.Chissom. Forecasting enrollments with fuzzy time series - part II // Fuzzy Sets and Systems, 62 (1994), pp.1-8.
4. S.M.Chen. Forecasting enrollments based on fuzzy time series // Fuzzy Sets and Systems, 81 (1996), pp.311-319.
5. S.M.Chen, K.Tanuwijaya. Fuzzy forecasting based on high-order fuzzy logical relationships and automatic clustering techniques // Expert Systems with Applications 38 (2011), pp.15425–15437.
6. Əhmədov M.Z. Elektrik enerjisi istehsalının qeyri-səlis zaman sıralarının tətbiqi ilə proqnozlaşdırılması // İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, № 2 , 2013, s.53-63
7. Əhmədov M.Z. Qeyri-səlis məntiq əsasında elektrik enerjisi istehsalının proqnozlaşdırılması // İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, № 2, 2021, s.30-40

## FORECASTING ELECTRICITY PRODUCTION USING FUZZY LOGIC AND K-MEANS CLUSTERING METHOD

**M.Ahmedov**

Doctor of Philosophy in Technics  
Mingachevir State University

**Abstract:** *The article presents a model for predicting electricity production based on the clustering method of K-means and fuzzy logical relations. First, the K-means clustering algorithm is used to match historical data at intervals of varying lengths. Then, on the basis of new intervals, chronological data are expressed in the form of fuzzy sets, the predicted results of electricity production are calculated using the proposed method, and the effectiveness of this method is substantiated.*

**Keywords:** *fuzzy time series, K-means clustering, fuzzy relation*

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ К-СРЕДНИХ

**М.З.Ахмедов**

доктор философии по технике  
Мингачевирский государственный университет

**Резюме:** *В статье представлена модель прогнозирования производства электроэнергии, основанная на методе кластеризации К-средних и нечетких логических отношениях. Во-первых, алгоритм кластеризации К-средних используется для сопоставления хронологических данных с интервалами различной длины. Затем на основе новых интервалов хронологические данные выражаются в виде нечетких множеств, по предложенному методу рассчитываются прогнозные результаты производства электроэнергии и обосновывается эффективность применения этого метода.*

**Ключевые слова:** *нечеткий временной ряд, кластеризация К-средних, нечеткое отношение*



**Elmi redaktor: tex.f.d., A.Mustafayeva**  
**Çapa təqdim edən redaktor: tex.f.d., dos. A.Əliyeva**  
**Daxil olub: 16.02.2024**  
**Çapa qəbul edilib: 23.02.2024**