

UOT: 656.7

DOI: 10.30546/EMNAA.2023.25.4.2

## REQRESSİYA ANALİZİ VASİTƏSİLƏ QEYRİ-MÜNTƏZƏM SƏRNIŞIN AVİADAŞIMALARININ PROQNOZ MODELLƏRİ

*Ağayev N.B., Nəzərli D.Ş.*

*Milli Aviasiya Akademiyası*

*Məqalədə qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımaları üçün reqressiya analizi vasitəsilə proqnoz modelləri hazırlanmış və bu modellər əsasında əldə olunan hesablamə nəticələrinin effektivliyi nəzəri-praktiki təhlillər əsasında araşdırılmışdır. Qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımaları üçün proqnoz modelləri hazırlanarkən optimallığın təmin edilməsi məqsədilə verilənlərin analizi xətti və qeyri-xətti metodların qarşılıqlı əlaqəsi əsasında aparılmış və qeyd olunan prosesə integrasiyası öyrənilmişdir. Xətti və qeyri-xətti reqressiyalar arasında müqayisə statistik parametrlərdən istifadə etməklə aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, çoxhədli (kvadrat) modeli qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımalarının həcmnin proqnozlaşdırılması üçün daha dəqiq və ümumiləşdiricidir.*

**Açar sözlər:** *qeyri-müntəzəm sərnəşin aviadaşımaları, proqnozlaşdırma modelləri, reqressiya analizi, xətti reqressiya, qeyri-xətti reqressiya, çoxhədli reqressiya, statistik analiz.*

### Giriş

Qeyri-müntəzəm aviadaşımalar müntəzəm hava daşımalarının əksinə olaraq, çarter reyslərini də məhdudiyyət qoyulmadan əhatə edən, qeyri-müntəzəm reyslərdə həyata keçirilən hava daşımalarıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, “qeyri-müntəzəm” termini ictimai hüquqa, “çarter” termini isə xüsusi hüquqa (misal üçün, aviadaşıyıcı ilə icarəçi arasındakı müqavilədə) aiddir. Lakin ümumi istifadədə bu iki termin eyni cür qəbul olunur [1].

Çarter reysi elə qeyri-müntəzəm daşımadır ki, orada hava gəmiləri icarəyə götürülür. Beynəlxalq hava nəqliyyatında bu iki termin bir-birilərinə əvəz edən termin kimi başa düşülsə də, əslində heç də bütün qeyri-müntəzəm daşımalar (kommersiya daşımaları) çarter reysləri deyil. Qeyri-müntəzəm aviadaşımalar əvvəlcə Avropada və sonradan Şimali Amerika və digər regionlarda inkişaf etməyə başlayıb. 1960-1970-ci illər bu daşımaların çox sürətli inkişaf dövrü sayılır. Əslində bir sıra dövlətlər qeyri-müntəzəm daşımalar müntəzəm daşımaların əlavəsi kimi baxırlar. Amma buna baxmayaraq, qeyri-müntəzəm aviadaşımalar bəzi regionlarda (Avropa) beynəlxalq kütləvi turizmin inkişafında böyük rol oynayır. Müntəzəm daşımalarından fərqli olaraq (bu daşımalar ikitərəfli sazişlər nəticəsində həyata keçirilir) onlar milli qanunvericilik əsasında tənzimlənilir [1].

Hal-hazırda nəzəri əsaslara malik olan proqnozlaşdırma metodlarına reqressiya təhlili [2, 3], zaman sıralarının təhlili [4] və giriş-çıxış metodlarını nümunə kimi göstərmək olar [5]. Dünya ölkələrində bu sahədə aparılan tədqiqatlara nəzər salsaq görərik ki, hava nəqliyyatında sərnəşin axınlarının tədqiqi və proqnozu qeyd edilən modellərdən istifadə edilməklə aparılmışdır. Wang Cui (2008) [6] makroiqtisadi və mikroiqtisadi təhlil nöqtəyi-nəzərindən müəyyən etmişdir ki, hava nəqliyyatından istifadə edən sərnəşinlərin ümumi həcminə bir çox faktorlar təsir edir və bunlara

kəmiyyətlə ölçülə bilməyən amillər də daxildir. Deng Jiejun və Luo Li (2006) [7], sosial iqtisadi inkişaf və mülki aviasiyada sərnişindəşimaya olan tələbat arasındakı əlaqəyə əsaslanaraq, proqnozlaşdırma üçün xətti reqressiya və GMDH (arqumentlərin qrup şəklində uçotu) metodlarından istifadə etmişdir. Metodologiyada Chen Lihua (2003) [8], reqressiya təhlili metoduna uyğun olaraq, daxili və beynəlxalq aviadaşımalarında müvafiq dövrdə olan sərnişin dövriyyəsinə əsas götürərək, sərnişinlərin ümumi dövriyyəsinə proqnozlaşdırmışdır. Wang Xiaoguang və başqaları (2008) [9] sərnişin aviadaşımalarının həcmi proqnozlaşdırmaq üçün süni neyron şəbəkəsi və çoxhədli reqressiya modelinin birləşməsinə əsaslanan model təklif etmişdir. Pan Ling və başqaları isə (2014) [10] 2013-cü ilin dekabrından 2014-cü ilin dekabrına qədər olan dövr ərzində hava nəqliyyatında sərnişin axınlarının həcmi proqnozlaşdırmaq üçün mövsümi modeli təklif etmişdir. Kong Jianguo və başqaları (2014) [11] sərnişin aviadaşımalarına olan tələbatı proqnozlaşdırmaq üçün veyvelet analizindən istifadə etmişdir. Zhao Gui-hong [12] xətti reqressiya analizini Tianjin hava limanında sərnişin sayını və yükləri proqnozlaşdırmaq üçün tətbiq etmişdir.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən vurğulaya bilərik ki, qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının proqnozlaşdırılması üzrə tədqiqatlar olduqca azdır. Müntəzəm sərnişin aviadaşımalarından fərqli olaraq qeyri-müntəzəm aviadaşımaların zaman sırası təsadüfi proses olduğuna baxmayaraq müəyyən məhdud zaman daxilində dəyişir. Bu məhdud oblastda necə dəyişməsindən asılı olmayaraq bu tip aviadaşımaların ətalətilik xüsusiyyətinə görə nəzəri tədqiqatlarda xətti, qeyri-xətti, ikinci və üçüncü dərəcəli çoxhədli reqressiya modelləri əsasında konkret hava limanı üçün proqnoz modeli qurula bilər.

### **Məsələnin qoyuluşu**

Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının çoxhədli reqressiya asılılıqları vasitəsilə modelləşdirilməsi və bu modellər əsasında proqnoz göstəricilərinin hesablanması.

### **Həll üsulu**

Xətti və çoxhədli reqressiya verilənlərin təhlilində istifadə olunan vacib reqressiya üsullarıdır. Dəyişənlər arasında xətti əlaqələri modelləşdirmək üçün xətti reqressiya uyğun olsa da, qeyri-xətti əlaqələrin modelləşdirilməsi üçün çoxhədli reqressiya modellərindən istifadə olunur. Bu məqalədə istifadə olunan əsas reqressiya modeli çoxhədli reqressiyadır. Ümumiyyətlə, bu, xətti reqressiyanın bir formasıdır, buna görə də biz onu bəzən “polinomial xətti reqressiya modeli” də adlandırırıq. Müstəqil dəyişəni ( $x$ )  $n$ -ci çoxhədli dərəcəyə uyğun olaraq ( $y$ ) asılı dəyişənə bağlayan reqressiya analizinin formasıdır [13-15]. Çoxhədli reqressiyanın ümumi tənliyi aşağıdakı formada yazılır:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \dots + \beta_n x^n \quad (1)$$

$\beta_0$  - ( $x = 0$ ) olduqda çoxhədli funksiya görə təyin olunan sabit parametrdir

$\beta_1$  - xətti parametrdir

$\beta_2$  - kvadratik parametrdir

$\beta_3$  - kubik parametrdir

$\beta_n$  -  $n$ -ci həddin əmsalıdır və dinamik prosesin, eyni zamanda  $y$  əyrisinin tərtibini göstərir.

Çoxsaylı reqressiya nümunəsi kimi qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarına olan tələbatın zamandan asılılığını nəzərdən keçirək. Riyazi model (nəzəri) aşağıdakı formaya malikdir:

$$y(t) = \alpha + \beta_1 x_1(t) \quad (2)$$

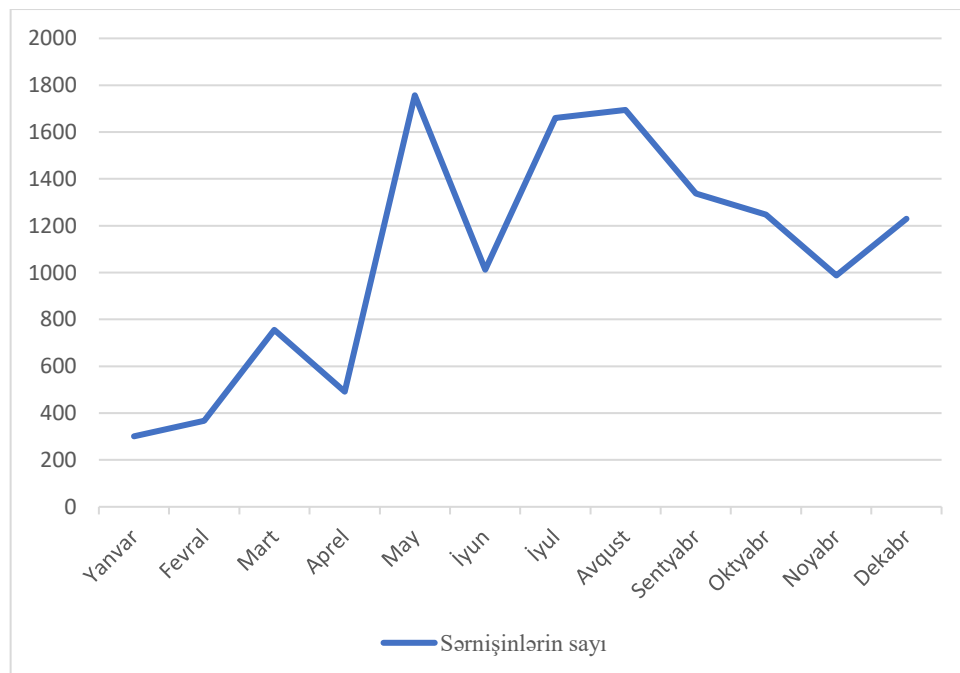
Burada  $x_1(t)=1$ , T (T, model dəyişənlərinin qiymətlərinin ölçüldüyü zaman nöqtələrinin sayıdır).

Bizim halda bu məlumatlar 2022-ci il yanvar ayından etibarən 12 ay ərzində olan dövrü əhatə edir (2022-ci il dekabr ayına qədər cəmi 12 məlumat) (şəkil 1).

Burada,  $y(t)$  – qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımalarının həcmidir. Müvafiq statistik (və ya ekonometrik) model aşağıdakı (həmçinin reqressiya tənliyi adlanır) formada olacaq:

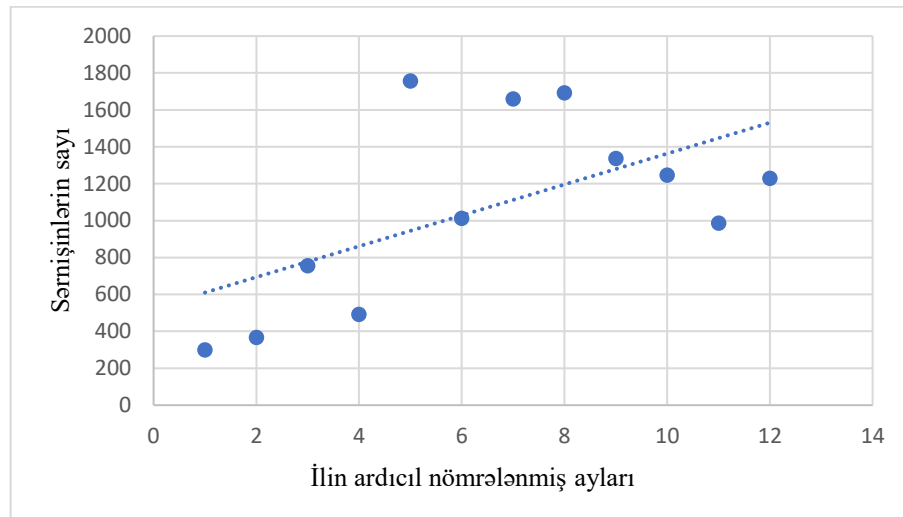
$$y(t) = \alpha + \beta_1 x_1(t) + \varepsilon_t \quad (3)$$

burada,  $\alpha$  sabit qiymətdir (və ya modelin sərbəst həddi),  $\beta_1$  müvafiq olaraq  $x_1(t)$  oxunda reqressiya xəttinin mailliyini təyin edən reqressiya əmsalıdır,  $\varepsilon_t$  təsadüfi dəyişəndir (xətalər), onun köməyi ilə modeldə nəzərə alınmayan bütün amillərin  $y(t)$  dəyişəninə təsirini nəzərə alırıq. Reqressiya tənliyini (3) təhlil etmək üçün Excel-də müvafiq olaraq məlumatlar daxil edilir. Təxmin edilən əmsalların etibarlılıq intervallarının hesablanması üçün etibarlılıq səviyyəsini standart olaraq 95% qəbul edirik [14].



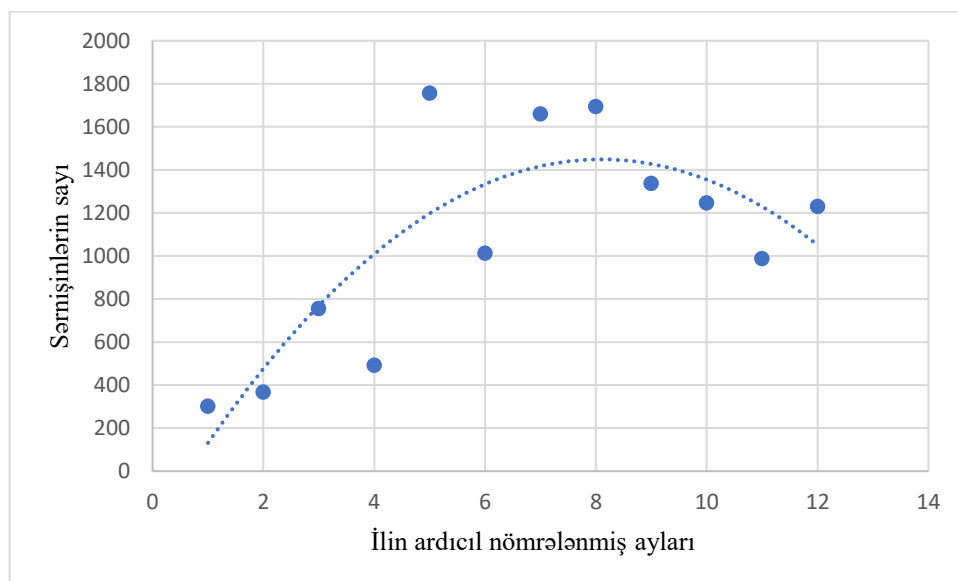
Şəkil 1. Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunda qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımalarının 2022-ci il üzrə aylıq statistikası

Şəkil 1-də verilmiş statistikanın trend analizi üçün müvafiq olaraq xətti, kvadratik və kubik funksiya üzrə tədqiqatlar aparılmışdır. İlk olaraq xətti funksiyanın trend modeli qurulur (şəkil 2).



Şəkil 2. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının xətti trend modeli

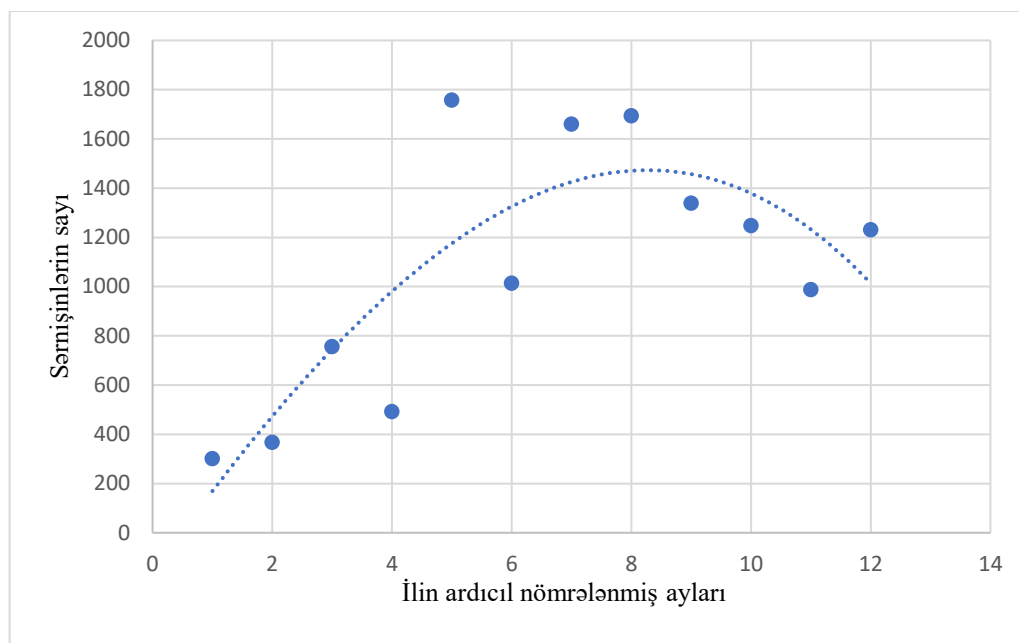
Növbəti addım, şəkil 1-də verilmiş statistikanın kvadrat trend modelini qurmaqdır (şəkil 3).



Şəkil 3. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının kvadratik trend modeli

Şəkil 1-də verilmiş statistikanın kubik trend modeli aşağıdakı formada olacaqdır (şəkil 4).

Cədvəl 1-də alınan nəticələrdə  $R^2$  kəmiyyətinin qiyməti asılı dəyişəndə (qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının həcmi) baş verən dəyişikliyin neçə faizinin sərbəst dəyişənlərdən (zaman) asılı olduğunu bildirir. Əgər  $R^2 = 0.66$  (66%) verilərsə, deməli daşıma həcmində müvafiq zamanda müşahidə olunan artımın 66%-i onun zamandan asılılığı ilə izah oluna bilər. Digər 34%-i isə modeldə nəzərə alınmayan digər dəyişənlərdən, məsələn, təyyarələrin sayı, hava limanı infrastrukturunun dözümlülüyü, müvafiq personalın və s. sayından asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki,  $R^2$  qiyməti vahidə nə qədər yaxın olsa, bir o qədər yaxşıdır, lakin 1-ə bərabər olması demək olar ki, mümkün deyil. Əgər  $R^2$  qiyməti 1-ə bərabərdirsə, regressiya analizini digər modellər üçün davam etdirməyin heç bir mənası yoxdur, çünki model xəttidir və digər faktorların təsiri yoxdur və ya çox cüzdür. Nəticələrdən aydın olur ki, kvadratik və kubik modelin ilkin nəticələri daha effektivdir.



Şəkil 4. Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının kubik trend modeli

Şəkil 2,3,4-ə əsasən verilmiş modellərin parametrləri cədvəl 1-də qeyd olunmuşdur.

Cədvəl 1

Regressiya modellərinin parametrləri

| Növ       | Model                                                            | R <sup>2</sup> qiyməti |
|-----------|------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Xətti     | $y(t) = 83.682x_1(t) + 526.32$                                   | 0.3493                 |
| Kvadratik | $y(t) = -26.139x_1^2(t) + 423.49x_1(t) - 266.57$                 | 0.6675                 |
| Kubik     | $y(t) = -0.7769x_1^3(t) - 10.99x_1^2(t) + 341.53x_1(t) - 160.53$ | 0.6699                 |

Cədvəl 1-də qeyd olunan parametrlər əsasında müvafiq hesablamalar aparmaqla aşağıdakı nəticələr əldə olunur (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Qeyri-müntəzəm sərnişin aviadaşımalarının trend modellərinin mütləq və nisbi xətlərinin dinamikası

| Faktiki verilənlər | Xətti model | Mütləq xəta | Nisbi xəta | Kvadratik model | Mütləq xəta | Nisbi xəta | Kubik model | Mütləq xəta | Nisbi xəta |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| 301                | 610.00      | 309.02      | 102.685    | 130.781         | 170.29      | 56.5516    | 169.231     | 131.769     | 43.7738    |
| 367                | 693.68      | 326.84      | 89.0171    | 475.854         | 108.84      | 29.6649    | 472.348     | 105.348     | 28.7003    |
| 756                | 777.36      | 21.36       | 2.82619    | 768.649         | 12.649      | 1.67348    | 744.737     | 11.8263     | 1.56325    |
| 492                | 861.04      | 369.48      | 75.0076    | 1009.166        | 517.66      | 105.115    | 980.084     | 488.084     | 99.1276    |
| 1757               | 944.73      | 812.27      | 46.2351    | 1197.405        | 559.95      | 31.8446    | 1175.58     | 581.725     | 33.1999    |
| 1013               | 1028.4      | 15.412      | 1.52122    | 1333.366        | 320.66      | 31.6247    | 1325.2      | 312.196     | 30.8131    |
| 1660               | 1112.0      | 547.06      | 33.0039    | 1417.049        | 242.51      | 14.6356    | 1425.93     | 234.867     | 14.1498    |
| 1694               | 1195.7      | 498.24      | 29.4111    | 1448.454        | 245.46      | 14.4904    | 1470.77     | 223.228     | 13.1907    |
| 1338               | 1279.4      | 58.542      | 4.37536    | 1427.581        | 89.581      | 6.69542    | 1456.69     | 118.899     | 8.87095    |
| 1247               | 1363.1      | 116.14      | 9.31353    | 1354.43         | 107.43      | 8.61076    | 1378.87     | 131.87      | 10.5498    |
| 988                | 1446.8      | 458.22      | 46.4347    | 1229.001        | 241.01      | 24.3981    | 1232.56     | 244.461     | 24.7452    |
| 1230               | 1530.5      | 300.54      | 24.4312    | 1051.294        | 178.06      | 14.5289    | 1012.78     | 217.213     | 17.6596    |

Hər üç model üçün regressiya analizini aparmaqla cədvəl 3-də verilmiş nəticələr əldə edilir.

Cədvəl 3

Regressiya analizinin modellər üzrə nəticələri

| Modelin növü                | Xətti    | Kvadratik | Kubik    |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|
| Regressiya modeli           | 0.470314 | 0.774348  | 0.778663 |
| $R^2$ qiyməti               | 0.221195 | 0.599614  | 0.606316 |
| Normallaşdırılmış R qiyməti | 0.134661 | 0.499518  | 0.437595 |
| Standart xəta               | 438.385  | 333.3933  | 353.4167 |

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi xətti modeldə mütləq xətanın variasiyası digər modellərdən nisbətən çoxdur. Modellərin nisbi xətalarının dəyişmə intervalı kvadratik və kubik modellər üçün daha qənaətbəxşdir. Bu modellərdən (kvadratik və ya kubik) hansının gələcək proqnoz hesablamalarında istifadə etmək üçün modellərin R korrelyasiya əmsalları və standart xəta hesablanmışdır (cədvəl 3). Alınmış nəticələr göstərir ki, standart xətaya görə ən yaxşı model kvadratik modeldir. Tədqiqata cəlb edilmiş modellərin statistik parametrlərinin qiymətləri Cədvəl 4-də verilmişdir. Burada hesablama nəticələri modellərin nəzəri hesablamaları ilə faktiki məlumatların fərqlənən statistik göstəriciləri ilə yanaşı modelin adekvatlığını müəyyən etmək üçün Fişer meyarının hesablanmış qiymətləri və onun qiymətlilik səviyyəsi verilmişdir.

Cədvəl 4

Regressiya modellərinin statistik adekvatlıq göstəriciləri

| Modelin tipi                          | Xətti    | Kvadratik | Kubik    |
|---------------------------------------|----------|-----------|----------|
| Tərtibi                               | 1        | 2         | 3        |
| Sərbəstlik dərəcəsi                   | 9        | 8         | 7        |
| Müşahidələrin sayı                    | 10       | 10        | 10       |
| Qalıqların kvadratları cəmi           | 1729632  | 889208.6  | 874323.7 |
| Nəzəri nəticələrin variasiyası        | 491247.3 | 1331671   | 1346556  |
| Qalıqların orta kvadratik cəmi        | 192181.4 | 111151.1  | 124903.4 |
| Fişer meyarının hesablanmış qiyməti   | 2.556165 | 5.990365  | 3.593593 |
| Fişer meyarının qiymətlilik səviyyəsi | 0.144329 | 0.025699  | 0.074153 |

Cədvəl 4-ə əsasən qeyd etmək olar ki, yalnız kvadratik modelin  $F$ (Fişer) meyarının qiymətlilik səviyyəsi norma daxilindədir, yəni  $0.025699 < 0.05$ . Bu halda model effektiv hesab edilir.

Bütövlükdə regressiya tənliyinin əhəmiyyəti barədə qərar vermək üçün  $F$  (Fişer) meyarının hesablanmış qiymətini  $F_{kritik}$ -in qiyməti ilə müqayisə etmək lazımdır. Bunun üçün Fişer meyarının kritik qiymətləri  $F(\alpha, k-1, n-k)$  qaydası ilə hər üç model üçün hesablanmalıdır. Burada  $n$ —regressiya parametrlərinin qiymətləndirildiyi müşahidələrin sayı və  $k$ — isə regressiya tənliyinin tərtibidir.  $F_{hesab} > F_{kritik}$  şərti ödənirsə bu halda bütövlükdə regressiya tənliyinin əhəmiyyətsizliyinə dair sıfır fərziyyə rədd edilir və regressiya tənliyinin əhəmiyyətli olduğu müəyyən edilir. Digər tərəfdən,  $F_{hesab} < F_{kritik}$  olarsa, bu halda regressiya tənliyinin əhəmiyyətsizliyi haqqında sıfır fərziyyəni rədd etmək olmaz, yəni regressiya tənliyi əhəmiyyətsizdir. Regressiya tənliyinin əhəmiyyətliliyi və əhəmiyyətsizliyi haqqında nəticə müəyyən bir  $\alpha$  səviyyəsində yoxlanılır (adətən  $\alpha = 1\%$  və ya  $5\%$ ) və kritik qiymət məhz bu səviyyə üçün göstərilir.

Fişer meyarının kritik qiymətləri müvafiq olaraq xətti, kvadratik və kubik model üçün hesablanmışdır. Nəticələr aşağıdakı kimidir:

$$-F_{0.144329; 1; 9} (\text{xətti}) = 0.004157$$

$$-F_{0.025699; 2; 8} (\text{kvadratik}) = 0.051624$$

$$-F_{0.074153; 3; 7} (\text{kubik}) = 0.112527$$

Qeyd edək ki, kritik qiyməti hesablayan zaman MS Excel proqramının 'Data analiz' bölməsinin 'Statistik' funksiyalar siyahısında 'FINV' funksiyasından istifadə edilmişdir. Beləliklə, hesablanmış statistik göstəricilər  $F_{hesab} > F_{kritik}$  tələbini ödəyir. Belə nəticəyə gəlirik ki, modellər statistik əhəmiyyətli regressiyalardır.

Statistik hesablamaları modelləşdirərək regressiya analizi əsasında xətti, kvadratik və kubik modellərin parametrləri cədvəl 5-də göstərilmişdir.

Cədvəl 5

Regressiya analizi əsasında xətti, kvadratik və kubik modellərin əmsallarının statistik göstəriciləri

| Xətti                 | Əmsallar | Standart xəta | t Stat   | P-qiyməti | Aşağı sərhəd 95% | Yuxarı sərhəd 95% |
|-----------------------|----------|---------------|----------|-----------|------------------|-------------------|
| Sərbəst hədd          | 672.3909 | 321.0593      | 2.094289 | 0.065725  | -53.8958         | 1398.678          |
| Xətti həddin əmsalı   | 66.82727 | 41.79837      | 1.598801 | 0.144329  | -27.7272         | 161.3817          |
| <b>Kvadratik</b>      |          |               |          |           |                  |                   |
| Sərbəst hədd          | -548.2   | 506.6142      | -1.08209 | 0.31075   | -1716.45         | 620.0544          |
| Kvadrat həddin əmsalı | 504.9881 | 162.4857      | 3.107892 | 0.014492  | 130.2953         | 879.6809          |
| Xətti həddin əmsalı   | -31.2972 | 11.38186      | -2.74974 | 0.025069  | -57.5438         | -5.05059          |
| <b>Kubik</b>          |          |               |          |           |                  |                   |
| Sərbəst hədd          | -887.212 | 1119.294      | -0.79265 | 0.454001  | -3533.92         | 1759.497          |
| Kubik həddin əmsalı   | 705.5392 | 605.9477      | 1.164357 | 0.282423  | -727.299         | 2138.378          |
| Kvadrat həddin əmsalı | -63.8945 | 95.19478      | -0.6712  | 0.523618  | -288.994         | 161.2054          |
| Xətti həddin əmsalı   | 1.552253 | 4.496527      | 0.345212 | 0.740076  | -9.08034         | 12.18485          |

t-statistikadan istifadə edərək regressiya əmsallarının əhəmiyyətliliyini yoxlamaq üçün statistik məlumatların hesablanmış qiymətlərini yəni ( $t_{stat}$ )-ı ( $t_{kritik}$ )- ilə müqayisə etmək lazımdır. Verilmiş əhəmiyyət səviyyəsi  $\alpha$  və sərbəstlik dərəcələri  $(n - k)$ -yə bərabərdir. Regressiya analizində modeldən asılı olaraq bir, iki və üç əmsal qiymətləndirilir (yəni  $k = 1, 2, 3$ ). Bunlara sabit,  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $x_3(t)$  dəyişənləri üçün olan əmsallar daxildir. Əhəmiyyətlik səviyyəsi  $\alpha$  adətən 5%, 1% və ya 10% kimi qəbul edilir. Bu halda, t-statistikanın kritik dəyərini də hesablamaq mümkündür bunun üçün,  $\alpha = 0.05 = 5\%$  və sərbəstlik dərəcələri  $(n - k)$  müvafiq olaraq 9,8 və 7-yə bərabər götürülür. Müvafiq hesablama aparıldıqdan sonra  $t_{krit}$ -in qiyməti əldə edilir. Regressiya analizi aparılan hər üç model üçün  $t_{kritik}$ -in qiymətini Cədvəl 4-də qeyd olunan verilənlərə əsasən hesablamaq mümkündür. Müvafiq hesablama nəticələri Cədvəl 6-da verilmişdir.

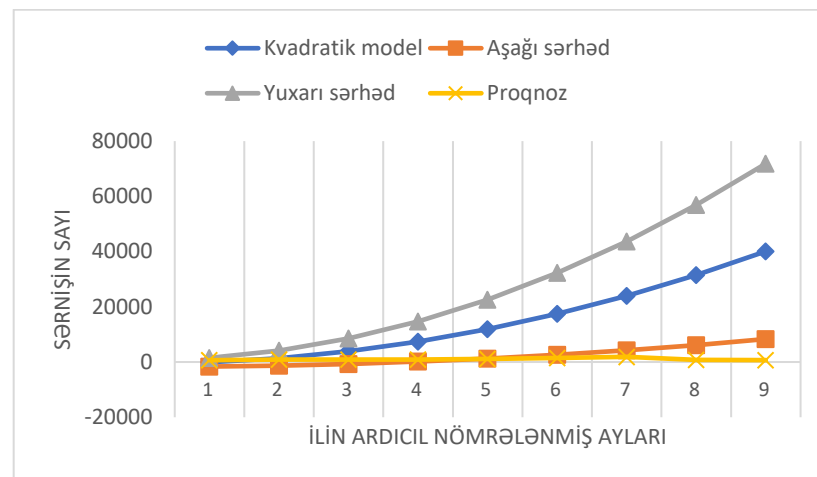
Cədvəl 6

Regressiya modelləri üçün  $t_{kritik}$ -in nəticələri

| Əmsallar        | $t_{kritik}$ |
|-----------------|--------------|
| Xətti əmsal     | 1.833113     |
| Kvadratik əmsal | 1.859548     |
| Kubik əmsal     | 1.894579     |

Regressiya əmsallarının əhəmiyyətliliyini yoxlayarkən ( $t_{kritik}$ )-in qiymətini nəzərə almaq lazımdır. Burada qəbul edilən iki hipotez mövcuddur. Bunun üçün hər bir model üzrə əmsalların  $t_{stat}$

üçün hesablanmış qiymətləri müəyyən edilir. Əgər hesablanmış t-statistika t-kritikdən ( $t_{stat} > t_{kritik}$ ) böyük olarsa, o zaman verilmiş  $\alpha$  əhəmiyyətlik səviyyəsində reqressiya əmsalının əhəmiyyətsizliyi haqqında sıfır fərziyyə rədd edilir və belə nəticəyə gəlik ki,  $(\beta_1)$  reqressiya əmsalı statistik əhəmiyyətlidir. Əgər hesablanmış t-statistika t-kritikdən kiçik olarsa ( $t_{stat} < t_{kritik}$ ), bu halda reqressiya əmsalının əhəmiyyətsizliyi haqqında sıfır fərziyyə verilmiş  $\alpha$  əhəmiyyətlik səviyyəsində rədd edilə bilməz və biz belə nəticəyə gəlik ki,  $(\beta_1)$  reqressiya əmsalı statistik əhəmiyyətsizdir. Cədvəl 5-dən müşahidə etmək olur ki, kvadratik modeldə reqressiya əmsalları  $|t_{stat}| > t_{kritik}$  şərtini ödəyir (yəni  $3.107892 > 1.859548$ ,  $2.74974 > 1.859548$  və.s). Bu baxımdan kvadratik modeldə reqressiya əmsallarının əhəmiyyətsizliyi haqqında sıfır fərziyyəni rədd edərək belə nəticəyə gəlik ki, reqressiya əmsalları 5% əhəmiyyətlik səviyyəsindədir. Bu halda qeyd etmək olar ki, kvadratik modeldə bütün reqressiya əmsalları 5% əhəmiyyətlik səviyyəsində statistik əhəmiyyətlidir. Reqressiya analizini apararkən müstəqil dəyişənlərin sayını artırmaqla bu tendensiyada daha fərqli nəticələr almaq mümkündür.



Şəkil 5. Qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımalarının kvadratik model əsasında 2023-cü ilin ilk doqquz ayı üzrə proqnoz nəticələri

Qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımaları üçün qurulan trend modelləri əsasında aparılan reqressiya analizinin nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, kvadratik model daha effektiv və statistik əhəmiyyətlidir. Proqnoz göstəricilərini müəyyən etmək üçün kvadratik model inanılma intervalı qururuq. Bunun üçün əmsalların t statistik qiymətlərindən istifadə edərək hər bir əmsal üçün ümumi şəkildə (4) düsturu yazılır.

$$\hat{b} - \sigma_b * t_{\alpha, n-k}^{kritik} < \beta < \hat{b} + \sigma_b * t_{\alpha, n-k}^{kritik} \quad (4)$$

Burada,  $\hat{b}$ -müvafiq olaraq tədqiq edilən əmsalın hesablanmış qiyməti,  $\sigma_b$  model üzrə hesablamaların orta kvadratik meyli,  $t_{\alpha, n-k}^{kritik}$  hər model üçün müvafiq əmsallara görə hesablanmış t-kriteriyasının  $\alpha$  əhəmiyyətlik səviyyəsi və  $(n-k)$  sərbəstlik dərəcəsi üçün qiymətidir. Hesablama nəticələri Şəkil 5-də verilmişdir. Aparılmış statistik analizlər göstərir ki, proqnoz göstəriciləri norma daxilindədir, yalnız son 2 nöqtədə cüzi kənaraçıxmalar mövcuddur.

### Nəticə

1. Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportundan yerinə yetirilən qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımalarının 2022-ci üzrə olan göstəricilərinə əsasən xətti, kvadratik və kubik trend modelləri qurulmuşdur.

2. Reqressiya analizi əsasında hər üç model müqayisə edilmişdir. Aparılan təhlillərdən məlum olmuşdur ki, qeyd edilən aviadaşımaların proqnozlaşdırılması üçün kvadratik reqressiya modelinin nəticələri daha effektiv və optimaldır.

3. Modelin tətbiqi ilə qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımaları üzrə effektiv proqnoz modeli qurulmuşdur. Bu model hər il üçün faktiki qiymətlər məlum olduqca əmsalları adaptiv olaraq dəyişməklə maşın öyrətmə metodlarının tətbiqi üçün baza rolunu oynaya bilər.

### ƏDƏBİYYAT

1. ICAO, (2016) Manual on the regulation of international air transport, Doc 9626, Third edition.
2. M. Srivastava, A. Sen, (2011) Regression Analysis-Theory, Methods, and Applications, Springer-Verlag, Berlin, (4th printing).
3. Davide Chicco, Matthijs J. Warrens Giuseppe Jurman (2021). "The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation". PeerJ Computer Science. 7 (e623): e623. DOI:10.7717/peerj-cs.623. PMC 8279135. PMID 34307865.
4. Radoslaw R., Okulski, Almas Heshmati, (2010). "Time Series Analysis of Global Airline Passengers Transportation Industry," TEMEP Discussion Papers 201065, Seoul National University; Technology Management, Economics, and Policy Program (TEMEP).
5. A.P Thirlwall, (1994). Input-Output Analysis. In: Growth and Development. Palgrave, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-23195-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-349-23195-9_11)
6. Wang, C. (2008) Prediction of Civil Aviation Passenger Traffic Volume on Grey Theory and RBF Neural Network. Beijing Jiaotong University, Beijing.
7. Deng J.J. and Luo J. (2006) Demand Forecasting and Analyzing of Civil Aviation Passenger Transport Markets based on GMDH. Soft Science, 20, 35-38.
8. Chen L.H. (2003) Analysis and Forecast of Civil Aviation Transport Market. Journal of Shanghai Jiaotong University, 37, 623-625.
9. Wang X.G. and Zhou H.Q. (2008) Combinatorial Forecasting Model Based on BP Neural Network in Air Passenger Capacity. Transactions of ShenYang Ligong University, 27, 82-85.
10. Zhu H.Q. and Pan L. (2014) An Empirical Study of Civil Aviation Passenger Traffic Volume Based on the Seasonal Product Model. China Market, 6, 115-126.
11. Kong J.G. and Xiao L. (2014) Application of Wavelet Analysis Based on MATLAB in the Forecasting of Passenger Transport Capacity of Civil Aviation. China Science and Technology Information, 16, 40-41.
12. Zhao G. (2003) Forecasting Actual Passengers and Freights Handled. Economic Geography, 23, 338-341.
13. Ostertagová E. (2012) Modelling using polynomial regression. Procedia Engineering. 48:500-506.
14. Vapnik V. (1995). The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag, New York.

15. Zjavka L. (2015) Wind speed forecast correction models using polynomial neural networks. Renewable Energy.83:998-1006.

**FORECASTING MODELS OF NON-SCHEDULED PASSENGER AIR TRANSPORTATION  
THROUGH REGRESSION ANALYSIS**

**Agayev N.B., Nazarli D.Sh.**  
**National Aviation Academy**

*In the article, forecast models developed through regression analysis for non-scheduled passenger air transportation and the effectiveness of calculation results obtained based on these models were investigated based on theoretical and practical analyses. In order to ensure optimality when developing forecast models for non-scheduled passenger air transportation, data analysis was carried out based on the interaction of linear and non-linear methods and the integration of the mentioned transportation was studied. Comparisons between linear and polynomial regressions were made using statistical parameters. It was found to be more accurate and generalizable for forecasting the volume of non-scheduled passenger air transportation.*

**Keywords:** non-scheduled passenger air transportation, forecasting models, regression analysis, linear regression, non-linear regression, polynomial regression, statistical analysis.

**Rəyçi: t.f.d., dos. Nəcəfov E.M.**

**Müəlliflər haqqında məlumat**

| Soyadı, adı, atasının adı  | İş yeri                    | Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı                                      | Əlaqə                                                 |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Ağayev Nadir Bafadin oğlu  | Milli Aviasiya Akademiyası | Kompüter sistemləri və proqramlaşdırma kafedrasının professoru, t.e.d. | nadiraghayev@naa.edu.az<br>mob: (+994) 50 372 57 01   |
| Nəzərli Daşqın Şücaət oğlu | Milli Aviasiya Akademiyası | Avianəqliyyat istehsalatı kafedrasının doktorantı                      | dnazarli.32073@naa.edu.az<br>mob: (+994) 50 737 19 52 |