

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 sərnişin aviadaşımaları üçün reqressiya analizi vasitəsilə proqnoz modelləri hazırlanmış və bu modellər əsasında əldə olunan hesablama nəticələrinin effektivliyi nəzəri-praktiki təhlillər əsasında araşdırılmışdır. Qeyri-müntəzəm sərnişin 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 sərnişin aviadaşımalarının həcmnin proqnozlaşdırılması üçün daha dəqiq və ümumiləşdiricidir.

Açar sözlər: qeyri-müntəzəm sərnişin 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-birilərini 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 Şimalı Amerika və digər regionlarda inkişaf etməyə başlayıb. 1960-1970-ci illər bu daşımaların çox sürətli inkişaf dövrü sayılır. Əslində bir sıra dövlətlər qeyri-müntəzəm daşımalara müntəzəm daşımaların əlavəsi kimi baxırlar. Amma buna baxmayaraq, qeyri-müntəzəm aviadaşımalar bəzi regionlarda (Avropa) beynəlxalq kütləvi turizmin inkişafında böyük rol oynayırlar. Müntəzəm daşımalardan 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 görürük ki, hava nəqliyyatında sərnişin 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 sərnişinlərin 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:

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

β_0 - ($x = 0$) olduqda çoxhədli funksiya görə təyin olunan sabit parametrdir

β_1 - xətti parametrdir

β_2 - kvadratik parametrdir

β_3 - kubik parametrdir

β_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:

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

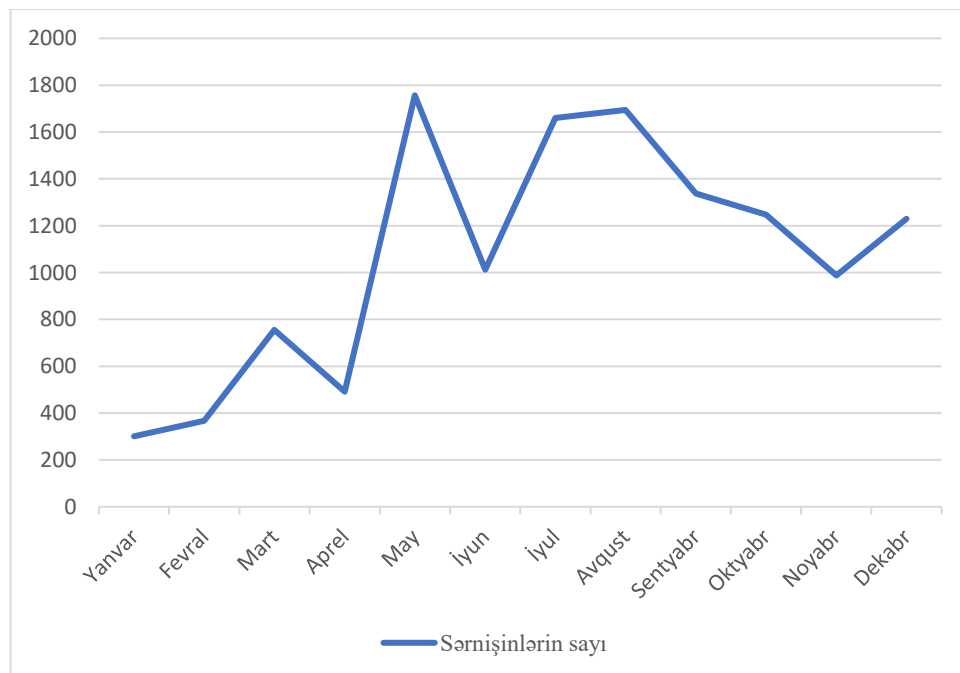
Burada $x_1(t)=1$, T (T, model dəyişənlərinin qiymətlərinin ölçüldüyü zaman nöqtələrinin sayıdır).

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:

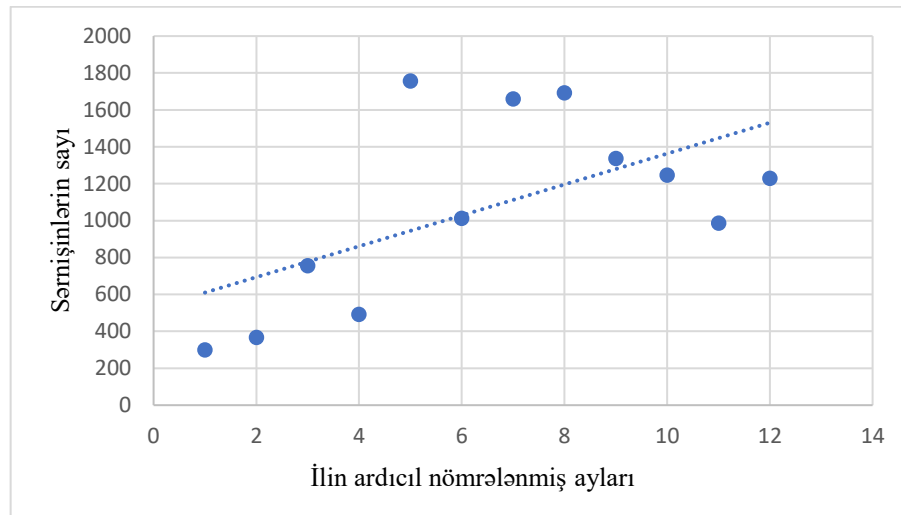
$$y(t) = \alpha + \beta_1 x_1(t) + \varepsilon_t \quad (3)$$

burada, α sabit qiymətdir (və ya modelin sərbəst həddi), β_1 müvafiq olaraq $x_1(t)$ oxunda reqressiya xəttinin mailliyini təyin edən reqressiya əmsalıdır, ε_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].



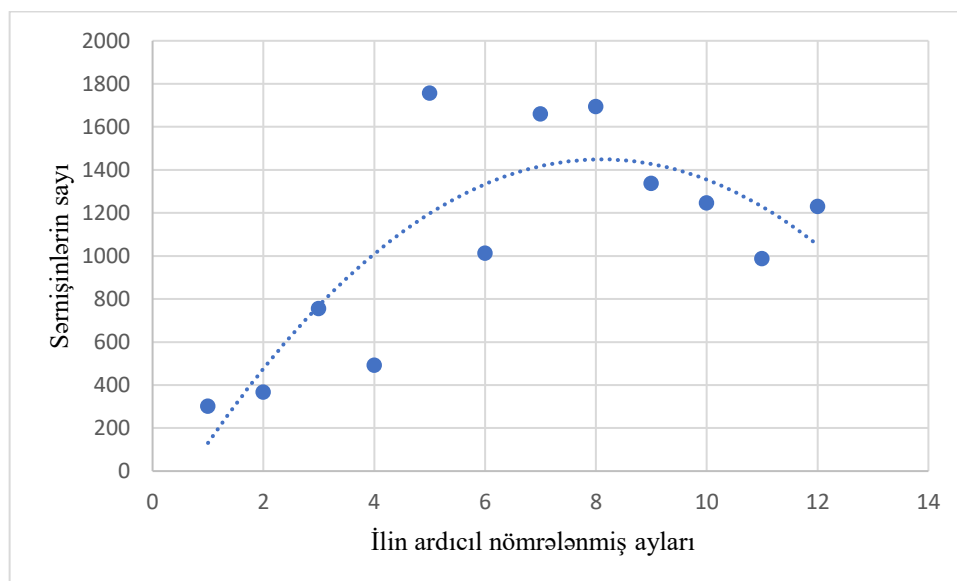
Şəkil 1. Heydər Əliyev Beynəlxalq Aeroportunda qeyri-müntəzəm sənişin aviadaşımalarının 2022-ci il üzrə aylıq statistikası

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

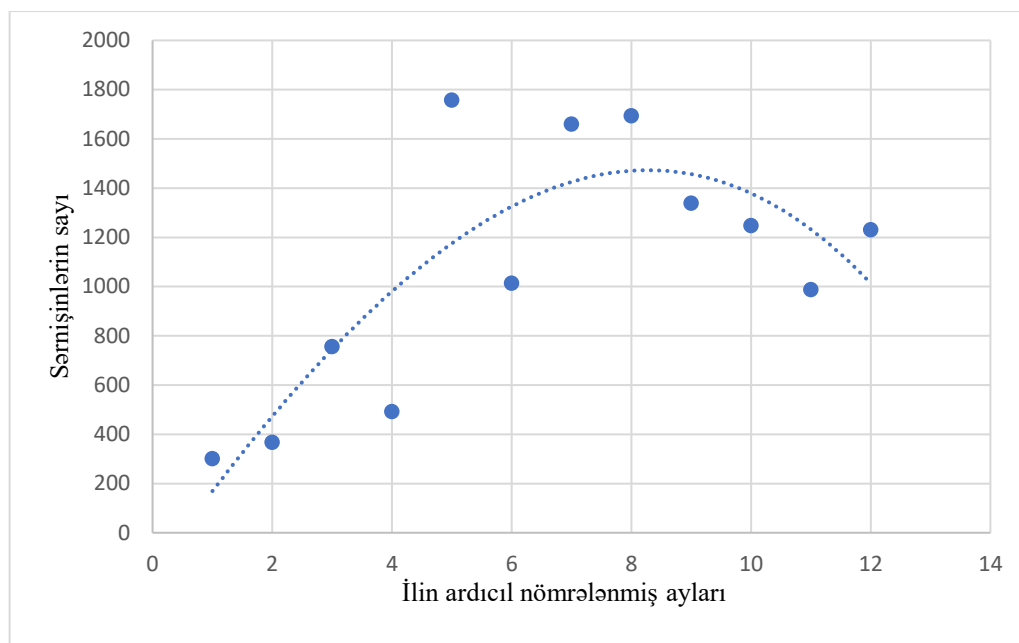
Növbəti addım, şəkil 1-də verilmiş statistikanın kvadrat trend modelini qurmaqdır (şəkil 3).



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 ² qiyməti
Xətti	$y(t) = 83.682x_1(t) + 526.32$	0.3493
Kvadratıq	$y(t) = -26.139x_1^2(t) + 423.49x_1(t) - 266.57$	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	Kvadratıq 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_{kritic} -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. $F_{hesab} > F_{kritic}$ şərti ödənirsə bu halda bütövlükdə regressiya tənliyinin əhəmiyyətsizliyinə dair sıfır fərziyyə rədd edilir və regressiya tənliyinin əhəmiyyətli olduğu müəyyən edilir. Digər tərəfdən, $F_{hesab} < F_{kritic}$ 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 α 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 reqressiyalardır.

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

Cədvəl 5

Reqressiya 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
Kvadratik						
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
Kubik						
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 reqressiya əmsallarının əhəmiyyətliliyini yoxlamaq üçün statistik məlumatların hesablanmış qiymətlərini yəni (t_{stat})-ı (t_{kritik})- ilə müqayisə etmək lazımdır. Verilmiş əhəmiyyət səviyyəsi α və sərbəstlik dərəcələri $(n - k)$ -yə bərabərdir. Reqressiya 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 α 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. Reqressiya 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.

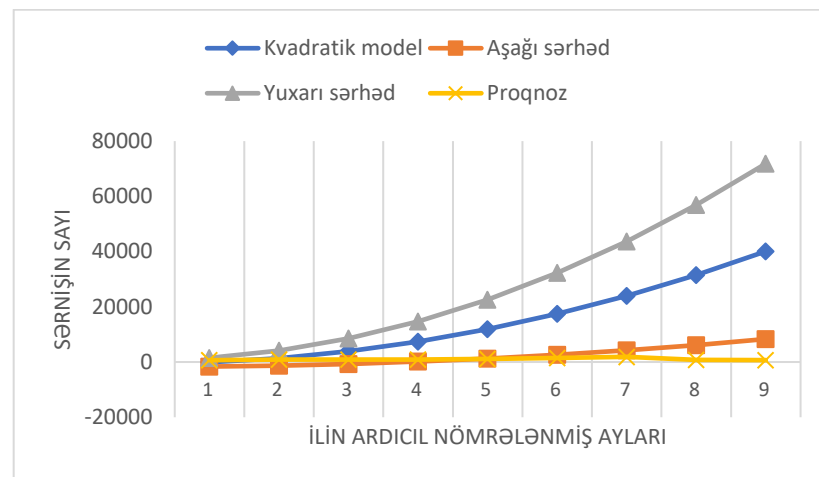
Cədvəl 6

Reqressiya modelləri üçün t_{kritik} -in nəticələri

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

Reqressiya 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 α əhəmiyyətlik səviyyəsində reqressiya əmsalının əhəmiyyətsizliyi haqqında sıfır fərziyyə rədd edilir və belə nəticəyə gəlik ki, (β_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 α əhəmiyyətlik səviyyəsində rədd edilə bilməz və biz belə nəticəyə gəlik ki, (β_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, σ_b model üzrə hesablamaların orta kvadratik meyli, $t_{\alpha, n-k}^{kritik}$ hər model üçün müvafiq əmsallara görə hesablanmış t -kriteriyasının α 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
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 mob: (+994) 50 372 57 01
Nəzərli Daşqın Şücaət oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Avianəqliyyat istehsalatı kafedrasının doktorantı	dnazarli.32073@naa.edu.az mob: (+994) 50 737 19 52