

UOT 629.73.07 ; 629.7.058.77

**BORT QEYDİYYAT QURĞULARINDAN ALINMIŞ PARAMETRİK UÇUŞ  
MƏLUMATLARININ ETİBARLIĞI****N.N. Kəlbəyev, N.N. Balayev**Milli Aviasiya Akademiyası,  
Azərbaycan Hava Yolları QSC, “Silkway” MMC GHC filialı

*Məqalədə uçuş aparatlarının bort qeydiyyat qurğularında qeyd olunan parametrik uçuş məlumatlarının tərkibi, ölçülməsi və emalında istifadə olunan riyazi yanaşmalar nəzərdən keçirilmişdir. Yeni nəsil uçuş aparatlarının bort qeydiyyat qurğularında qeydiyyata düşən uçuş parametrlərinin sayının ildən-ildə artmasının yeni emal üsullarının yaranmasına səbəb olduğu aydınlaşdırılmışdır. Uçuş məlumatlarının emalı proseslərində ənənəvi prosedurlara köməkçi addım kimi, bu sahədə nisbətən yeni istiqamət olan klaster analizi metodu sınaqdan çıxarılmışdır. Alınan nəticələr yeni emal üsullarının köhnə nəsil uçuş aparatlarının parametrik uçuş məlumatlarının emalı üçün də yararlı olmasını təsdiqləmişdir.*

*Açar sözlər: bort qeydiyyat qurğusu, yerüstü emal sistemi, uçuş məlumatlarının emalı, ölçmə xətaları, məlumatların etibarlılığı, zaman sırası, intellektual analiz, məkanlı klasterləşmə.*

**Giriş**

Aviasiya qəzaları və hadisələrini araşdırmaq üçün əlavə məlumat mənbəyi kimi istifadə olunan Bort Qeydiyyat Qurğularından (BQQ) əldə olunan məlumatlarda səhvlərin olması qəzanın səbəblərinin müəyyənəşdirilməsində çətinliklər yarada bilər. Bundan başqa uçuş aparatının texniki vəziyyətinin və uçuş heyətinin bacarığının qiymətləndirilməsi məsələləri də, qeyd olunan fiziki parametrlərin qiymətlərinin həqiqiliyinin yoxlanılmasını tələb edir. Uçuşlararası qısa vaxt ərzində BQQ-də toplanmış uçuş məlumatlarının Yerüstü Emal Sistemlərində (YES) operativ qiymətləndirilməsi həyata keçirilir və diqqət çəkici xətalar aşkar edilməzsə, parametrlərin qiymətlərinə adətən böyük diqqət verilmir. Standart uçuş tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi və qrup uçuşları halında uçuş məlumatlarının fərqli üsullarla emalına ehtiyac duyulur. YES-lərdə toplanmış arxiv materiallarının sonradan daha ətraflı araşdırılması bir çox istismar problemlərinin qabaqcadan təyin edilməsinə kömək edə bilər.

**İşin məqsədi**

Məqalə BQQ-lərdə qeydə alınan uçuş məlumatlarının YES-lərdə yığılmış arxivləri əsasında ölçülmüş parametrlərin etibarlılığının (həqiqiliyinin) ilkin qiymətləndirilməsi məsələsinə həsr olunmuşdur. Uçuş parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün yeni emal üsullarından istifadənin bəzi hallarda ölçmə, qeydiyyat və köçürülmə proseslərində yaranmış texnoloji xətalara böyük diqqət yetirməməyə imkan verdiyini aydınlaşdırmaqdır.

**Bort Qeydiyyat Qurğularında qeyd olunan uçuş parametrləri**

BQQ-də qeydə alınan uçuş parametrləri funksionallıq baxımından aşağıdakı kimi qruplaşdırılır: [1]

- uçuş aparatının fəzada vəziyyətini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının hərəkətini və məruz qaldığı təsirləri əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının mühərriklərinin işini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının konstruktiv və idarə elementlərinin vəziyyətini əks etdirən parametrlər;
- uçuş aparatının istismar rejimlərini əks etdirən parametrlər.

Uçuş aparatının fəzada vəziyyətini əks etdirən parametrlər əsasən bucaq kəmiyyətləridir (tanqaj və s.) və onun hərəkətini təyin edən parametrlərlə birlikdə pilotaj-naviqasiya məsələlərinin həllində istifadə olunur.

Hərəkət və təsir parametrlərinin (uçuş sürəti, izafi yüklənmə və s.) qiymətləndirilməsi birbaşa meteoroloji və astronomik təsirlərlə əlaqəli olduğu üçün birmənalı hesab edilməyə bilər.

Mühərriklərin, konstruktiv və idarə elementlərinin vəziyyətini, həmçinin istismar rejimlərini əks etdirən parametrlər uçuş aparatının iş qabiliyyətinin yoxlanılması və onun hərəkətini əks etdirən parametrlərin ehtimal olunan qiymətlərinin hesablanması üçün istifadə oluna bilər.

İlk iki qrupa aid uçuş parametrlərinin əksəriyyəti, vektor kəmiyyəti olaraq, bir-birinə bağlı bir neçə ortoqonal koordinat sistemlərində qiymətləndirilir (gövdəyə bağlı "Body fixed reference frame", Yerə bağlı "Earth inertial reference frame", hava mühitinə bağlı "vehicle carried Wind reference frame" və s.). Həmin koordinat sistemləri arasında keçid funksiyaları standartlaşdırılmışdır [2].

Bütün aviasiya ölçü cihazları alət (instrumental), aerodinamik və metodiki (nəzəri) xətalara malikdir. Alət xətaları cihazın istehsal şərtlərindən, qeyri-dəqiq sazlanması və hissələrinin aşınması səbəblərindən yaranır. Hər bir cihazın öz alət xətası olur və onun yoxlanması yolu ilə müəyyən edilir və sənədləşdirilərək uçuşda nəzərə alınır.

Aerodinamik xətalər xüsusilə yüksək sürətlərdə uçarkən hava axınının təhrif olunması səbəbindən atmosfer təzyiqinin qeyri-dəqiq ölçülməsindən yaranır. Aerodinamik xətalər da alət xətaları kimi müəyyən edilir və sənədləşdirilərək uçuşda nəzərə alınır.

Metodoloji xətalər ölçü cihazlarının istehsal və istismar şərtlərində qəbul olunmuş standart atmosfer ölçülərinin (hava təzyiqi 760 mm, temperatur  $+15^{\circ}\text{C}$ , temperaturun hündürlük gradienti hər 1000 metrə  $6.5^{\circ}\text{C}$ ) atmosferin faktiki vəziyyətindən (xarakteristikalarından) fərqlənməsi səbəbindən yaranır. Hava sıxlığı və temperaturunun hündürlükdən asılı olaraq dəyişməsinə, stabil hava axınlarının (külək) təsirini müəyyən hüdudlarda nəzərə alaraq, metodoloji xətalara azaltmaq olur. Lakin atmosferin intensiv turbulentiyyəti, meteoroloji vəziyyətin kəskin dəyişməsi, yer relyefinin havaya təsirləri xətalara tam aradan qaldırmağa imkan vermir.

Ümumi halda, ölçmələri BQQ-də qeydə alınan aviasiya ölçü cihazlarının yararlılığını qiymətləndirmək üçün (texniki xidmət reqlamentinə əsasən) periodik olaraq fərdi (fiziki dəyər - kod) çevirmə funksiyaları yoxlanılır. Eynitipli cihazların yoxlanması zamanı həmin tipin ümumiləşdirilmiş xarakteristikası əsas götürülür və fərdi çevirmə funksiyası ümumiləşdirilmiş tələblərə uyğundursa yararlı hesab edilir [3].

Uçuş dövründə faktiki vəziyyəti düzgün qiymətləndirmək məqsədi ilə vacib parametrlərin ölçülməsi fərqli texnologiyalı ölçü vasitələrinin köməyi ilə həyata keçirilir. Həmçinin, parametrlər arasında məlum fiziki asılılıqlar nəzərə alınaraq, ölçülməyən parametrləri hesablamaq, yaxud ölçülmüş qiymətlərin həqiqiliyini yoxlamaq olar. İstənilən halda, uçuş prosesində ölçü cihazlarının göstəriciləri ayrı-ayrılıqda xətalardan azad deyil və bu problem yalnız ölçmə nəticələrinin vahid hesablama sistemində kompleks şəkildə emalı yolu ilə həll olunur. Bu məqsədlə yeni nəsil uçuş aparatlarında parametrik uçuş məlumatlarında böyük izafilik yaradılır və bunun hesabına bort sistemlərinin göstəriciləri xeyli yaxşılaşır. Onlarda istifadə olunan riyazi yanaşmalar köhnə nəsil uçuş aparatlarının BQQ-lərindən köçürülən uçuş məlumatlarından daha etibarlı nəticələr əldə etməyə kömək edə bilər.

#### **Uçuş məlumatlarının emalı məsələsinə riyazi yanaşmalar**

BQQ-də toplanmış uçuş məlumatları fiziki parametrlərin məlum vaxt intervallarında ölçmələrindən ibarət olduğuna görə riyazi sinifləndirmədə zaman sıraları tipinə aid edilə bilər. Bu məlumatlar uçuş prosesini əks etdirən statistik material kimi riyazi-statistik metodlarla (məsələn, reqressiya analizi və s.) təhlil oluna bilər. Təhlil nəticəsində uçuş aparatının texniki sistemlərinin, yaxud uçuş prosesinin ayrı-ayrı mərhələlərinin riyazi modellərini yaratmaq, onların əsasında uçuş zamanı real vəziyyəti qiymətləndirmək üçün parametrlərin gözlənilən qiymətlərini müəyyən etməklə (proqnozlar verməklə) effektiv qərar qəbul etmək imkanını artırmaq olar.

Uçuş aparatının davranışına, yaxud uçuş prosesinin gedişinə təsir edə biləcək parametrləri zaman sırası olmaqla iki sinfə bölmək olar:

- determinik zaman sırası – qeyri-təsadüfi funksiyanın dəyərlərindən (fiziki parametri əks etdirən bir sıra ardıcıl məlumatlardan) ibarətdir;
- təsadüfi (ehtimallı, stoxastik) zaman sırası – bəzi təsadüfi faktorların təsirinə məruz qalan dəyərlərdən ibarətdir.

Uçuş aparatının idarə sistemlərinin təsirlərini və onların nəticələrini ifadə edən parametrlər hər hansı dəqiqliklə ölçülə bildiyi üçün, klassik mexanikada qəbul edildiyi kimi determinik parametrlər hesab edilə bilirlər. Təbii mühit və onun uçuş prosesinə (məsələn, küləkli havada) göstərdiyi təsirlər isə təsadüfi xarakterli olduğu üçün onları ifadə edən parametrlər ehtimallı parametrlər hesab edilirlər. Uçuş aparatı dinamik təbii mühidə (atmosfera) hərəkət etdiyindən uçuş prosesinin riyazi modeli yalnız stoxastik ola bilər, lakin bu modelin çıxış parametrləri həm ehtimallı, həm də birmənalı (məsələn, müəyyən müddət üçün orta qiymət) təyin edilə bilər. Bu tip texniki sistemlərdə müxtəlif təbiətli müdaxilələr və qeyri-müəyyənliklər ehtimallıq yanaşması çərçivəsində, məlumatların çatışmazlığı kimi nəzərə alınır və məlum statistik xassəli təsirlər kimi şərh edilir. Real uçuş prosesi həm ehtimal nəzəriyyəsi (riyazi gözləmə, korrelyasiya funksiyası və s.), həm də təsadüfi (stoxastik) proseslər nəzəriyyəsi (Markov zəncirləri, bərpa prosesləri və s.) nöqtəyi-nəzərindən araşdırıla bilər [4].

BQQ-dən əldə olunmuş uçuş məlumatlarının həqiqiliyi əsasən aşağıdakı üsullarla təyin edilir:

- konkret ölçü parametrinin ardıcıl diskret qiymətləri arasındakı əlaqələri nəzərə alaraq, məlumat izafiliyinin yaradılması yolu ilə (sistemik yanaşma);
- uçuş parametrləri arasındakı qarşılıqlı əlaqələri nəzərə alaraq, məlumat izafiliyinin yaradılması yolu ilə (sistemli yanaşma);
- adi uçuşlar zamanı toplanmış məlumat massivlərinin, parametrlərin fiziki anlamına böyük diqqət ayırmadan, müxtəlif riyazi üsullarla emal edilərək qanunauyğunluqların aşkar edilməsi yolu ilə (statistik yanaşma, intellektual analiz, Data Mining).

Uçuş aparatında quraşdırılmış hər bir ölçü vasitəsinin xətalərini izafi ölçmələrin köməyi ilə ümumiləşdirərək sistemik xətalər kimi nəzərə almaq mümkündür. Bundan başqa, hər bir uçuş aparatında ölçmələr həmişə eyni cihazlar kompleksi vasitəsi ilə aparıldığı üçün hər bir cihazın ölçmə xətaləri digər cihazların ölçüləri əsasında sistem şəklində qiymətləndirilə bilər. Hər iki qrupa aid xətalər hərəkəti ifadə edən determinik qanunauyğunluqlar əsasında sabit, yaxud dəyişmə xarakteri məlum olan xətalər toplusu kimi təyin oluna bilirlər.

Ənənəvi olaraq uçuş aparatının hərəkət dinamikası fəzada hərəkətin ümumi modeli adlanan riyazi ifadələrlə tədqiq olunur. Bu ifadələrin bir qrupu uçuş aparatının aerodinamik xüsusiyyətlərini və hərəkətini mühitin (havanın) ölçü parametrləri, digər qrupu isə avtonom inersial sistemin ölçdüyü parametrlər (izafi yüklənmələr, dönmə sürətləri) əsasında qiymətləndirməyə imkan verir. Əlavə olaraq, peyk naviqasiya sistemləri əsasında aparılan ölçmələr riyazi modelin adekvatlığını artırır [5-8].

Gündəlik uçuşlar zamanı BQQ-lərdən toplanmış böyük həcmdə uçuş məlumatlarının intellektual analizi ənənəvi üsullarla seçilməsi mümkün olmayan anomaliyaların tapılması və ümumi təhlükəsizlik şablonlarının hazırlanması üçün böyük imkanlar yaradır. Bu kontekstdə anomaliyalar hərəkətlərin qeyri-adi ardıcılığı, hərəkətlər arasında qeyri-adi vaxt sərfiyyatı, unudulmuş hərəkətlər və s. kimi xətaləri təyin edə bilər. Bu məqsədlə klaster analizi metodlarından istifadə olunursa, klasterlərdə normal məlumatlar, kənarlaşmalarda anomaliyalar cəmləşmiş olur. Tədbiq olunan üsullar parametrlərin fiziki anlamına fikir vermədiyi üçün növbəti addım kimi sahə ekspertlərinin tapılan anomaliyaları dəqiqləşdirməsi tələb olunur [9,10].

#### **Klaster emalı üsulunun aprobasiyası**

Uçuş məlumatlarının qeydə alınmış qiymətlərinin həqiqətə uyğunluğunu təyin etmək üçün bir neçə təyyarənin eyni trayektoriya üzrə hədəfə yanaşma manevrlərindən (vertikal profildə) barometrik hündürlük, (horizontal profildə) kurs və həqiqi sürət parametrlərinin ölçülmə qiymətləri analiz edilmişdir. Ölçülmüş qiymətlərin manevrlərin yerinə yetirilmə bacarığından asılılığını minimallaşdırmaq məqsədi ilə nümunə üçün kiçik vaxt intervalı seçilmişdir. Bu halda ayrı-ayrı təyyarələrdə qeydə alınmış qiymətlərin həqiqiliyi onların oxşarlıq dərəcəsi əsasında qiymətləndirilə

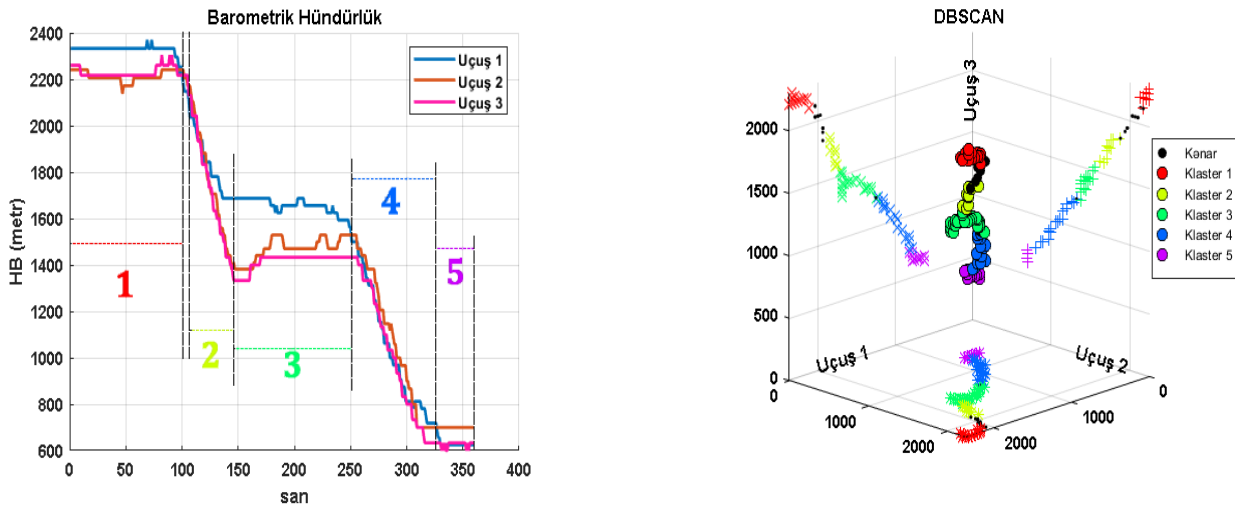
bilər. Belə yanaşma qrup uçuşları zamanı uçuş məlumatlarının kompleks emalı və pilotların qrupda uçuş bacarığının qiymətləndirilməsi üçün də istifadə oluna bilər.

İlk növbədə, uçuş məlumatlarının emalı üçün istifadə olunan intellektual analiz metodlarından biri kimi DBSCAN klaster analizi alqoritmi nəzərdən keçirilmişdir. MatLab sistemində realizə olunmuş DBSCAN alqoritmi  $n \times p$  ölçülü matrisə yerləşdirilmiş qiymətləri  $n \times 1$  ölçülü vektor kimi nəticələndirir, yəni matrisin sətirləri arasındakı oxşarlıq dərəcəsi hər bir sətirin yer aldığı klasterin nömrəsi ilə ifadə olunur. Oxşarlıq meyarı kimi sətirlər (yəni  $p$  ölçülü nöqtələr) arasındakı məsafə və klaster yaradılması üçün tələb olunan minimal sətirlər sayı daxil edilməlidir. Nəticə kimi bütün sətirlərin yeganə klasterə yerləşməsi oxşarlıq dərəcəsinin yüksək olması kimi qiymətləndirilə bilər. Bir neçə klasterin yaranması fiziki prosesin ayrı-ayrı mərhələlərini, klasterlərdən kənar qalan nöqtələr isə sapmaları ifadə edə bilər.

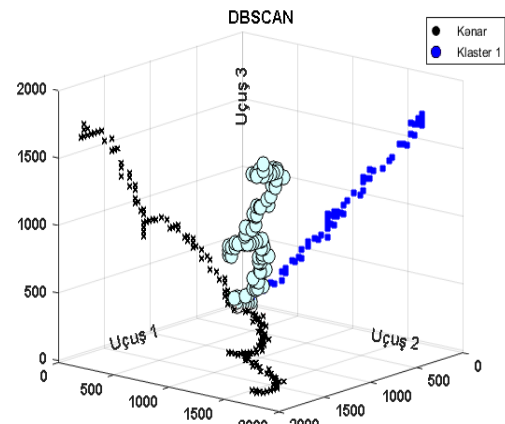
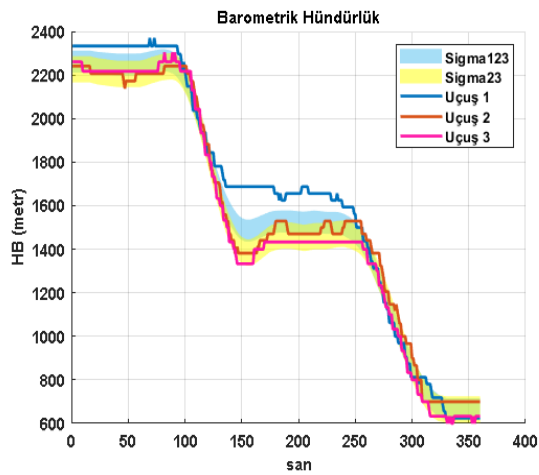
Nümunə üçün şəkil 1 və 2-də eyni uçuş tapşırığına uyğun bir neçə barometrik hündürlük əyrilərinin DBSCAN alqoritminə əsasən emalının nəticələri verilmişdir. Birinci halda əyrilər giriş matrisinin sütunlarına ( $p$  sayda əyri), ikinci halda sətirlərinə ( $n$  sayda əyri) yerləşdirilmişdir və uyğun olaraq, uçuş mərhələlərini və ayrı-ayrı uçuşların oxşarlıqlarını təyin etməyə imkan verir. Klasterlərdən kənar qalan nöqtələr, yuxarıda deyildiyi kimi, barometrik-hündürlük cihazının ölçü qiymətlərində sapmaları, yaxud pilotun uçuş tapşırığının yerinə yetirilməsində xətaqlarını biruzə verir. Klasterə aid edilmiş əyrilər əsasında, üç siqma qaydasına uyğun olaraq, konkret uçuş tapşırığının hündürlük komponentində buraxılan qiymətlər diapazonu təyin oluna bilər (şək. 2). Bu diapazondan kənar qalan uçuş anları araşdırılma obyektinə ola bilər.

Kurs və hava sürəti əyrilərini DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik hündürlük əyrilərinə uyğun uçuş mərhələlərinə bölmək mümkün olmamışdır, lakin bu parametrlər əsasında da eyni uçuşlarda oxşarlıq olması təyin olunmuşdur (şək. 3 və 4).

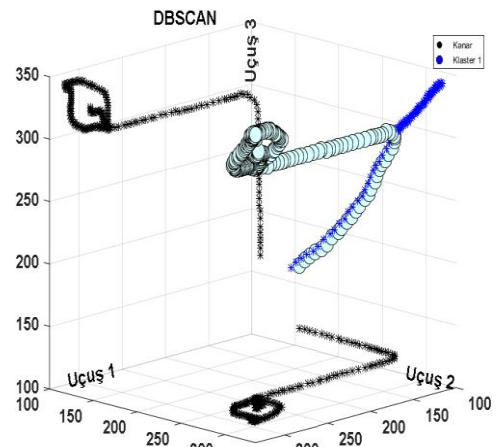
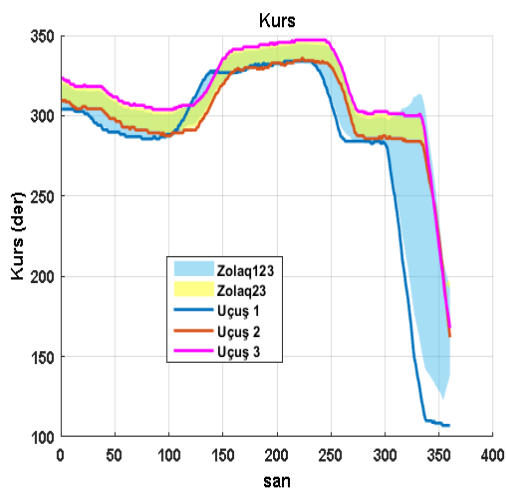
DBSCAN alqoritmi vasitəsilə bütün uçuş parametrlərinin kompleks emalı üçün onların qiymətlərinin normallaşdırılması, yəni parametrlərin multikollinearlığı və sabit sıxlıqda olmadıqları nəzərə alınaraq, qiymətlərdə müəyyən uyğunlaşdırılmaların aparılması tələb olunur. Bizim halda barometrik hündürlük, kurs və hava sürəti parametrlərinin birgə emalı üçün onların qiymətləri daha sadə üsulla, yəni əmsallardan istifadə etməklə bir-birinə uyğun dəyişmə intervalına salınmışdır. Bu parametrlərin DBSCAN alqoritmi ilə birgə emalının nəticəsi onların ayrı-ayrılıqda emalının nəticələri ilə eyni olmuşdur, yəni eyni uçuşların oxşarlığı təyin olunmuşdur (şək. 5).



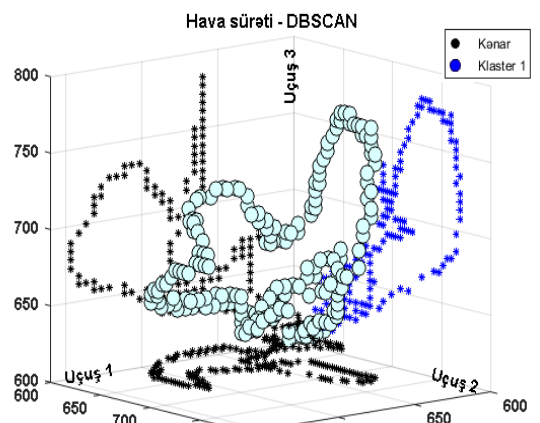
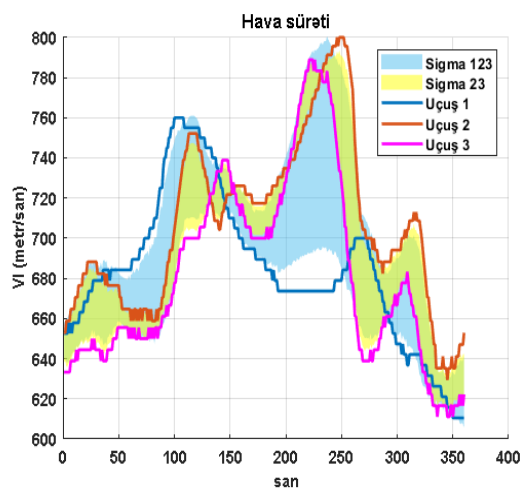
Şək. 1. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik hündürlük əyrilərinin uçuş mərhələlərinə bölünməsi



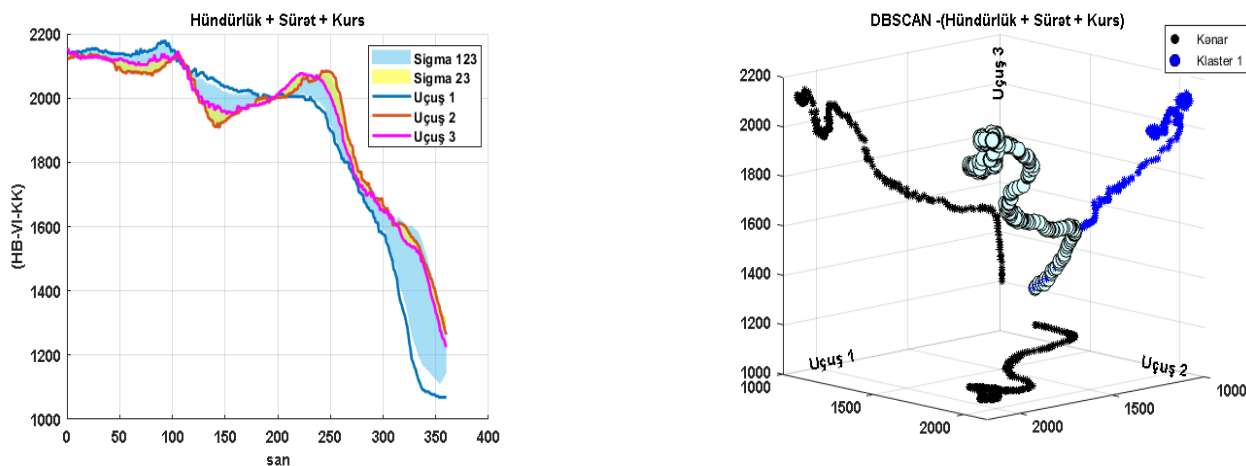
Şək. 2. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik-hündürlük cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 3. DBSCAN alqoritmi əsasında kurs cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 4. DBSCAN alqoritmi əsasında hava sürəti cihazlarının ölçü qiymətlərində sapmaların, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması



Şək. 5. DBSCAN alqoritmi əsasında barometrik-hündürlük, kurs və hava sürəti əyrilərinin birgə emalından qrup uçuşunun müvəffəqliyinin təyini, yaxud pilotların uçuş tapşırığının yerinə yetirməsində xətlərin aşkarlanması

### Nəticə

Araşdırma nəticəsində BQQ-lərdə qeydə alınan parametrik uçuş məlumatlarındakı ölçü nəticələrinin qiymətləndirilməsi məsələsinin müxtəlif metodoloji və riyazi üsullarla, o cümlədən YES-lərdə yığılmış arxiv materiallarının intellektual emalı əsasında həll olunması mümkünlüyü öz təsdiqini tapmışdır. İntellektual emal üsulları, uçuş aparatları tiplərinin özünəməxsus xüsusiyyətlərinin tamamilə nəzərə alınmasını tələb etmədiyi üçün, parametrik uçuş məlumatlarının emalı prosesində universal riyazi alət kimi geniş tətbiq oluna bilər. Belə yanaşma eyni uçuş tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi və həmçinin qrup uçuşlarından sonra onların qiymətləndirilməsi üçün daha məqsədəuyğundur. Bu üsulların YES-lərdə istifadə olunması məqsədi ilə daha ətraflı araşdırılması nəzərdə tutulur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Попов Ю.В. Об одном подходе к определению информативности регистрируемых параметров бортовых устройств регистрации. / Проблемы безопасности полетов. №11, 2013 - стр.3-27.
2. ГОСТ 20058-80 (ISO 1151). Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. М.: Издательство стандартов, 1981. 54 с.
3. Попов Ю.В., Фомин А.Г. Датчики регистрации бортовых устройств регистрации для оценки состояния воздушного судна. / Проблемы безопасности полетов. №9, 2016 - стр.21-29.
4. Попов Ю.В. Мониторинг и диагностика системы управления самолетом по информации, зарегистрированной бортовым устройством регистрации. / Проблемы безопасности полетов. №9, 2012 - стр.3-13.
5. Корсун О.Н., Лысюк О.П., Зиновьев А.В., Гребнев О.Н. Оценивание погрешностей измерения скорости и высоты спутниковой навигационной системой при маневрировании самолета. / Проблемы безопасности полетов. №10, 2008 - стр.49-58.
6. Корсун О.Н., Мотлич П.А. Комплексный контроль бортовых измерений основных параметров полета летательного аппарата. / Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 1, 2013. с. 135-148. // [technomag.edu.ru/doc/508634.html](http://technomag.edu.ru/doc/508634.html)
7. Корсун О.Н., Мотлич П.А. Алгоритмы комплексной обработки бортовых измерений, основанные на взаимосвязи между линейными и угловыми параметрами движения летательного аппарата. / Навигация и управление летательными аппаратами: Труды московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). №18, 2017. с. 2-12. // [aomica.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA\\_18.pdf](http://aomica.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA_18.pdf)

8. Кулифеев Ю.Б., Куликов В.Е. Формирование пространственной математической модели воздействий атмосферной турбулентности на полет летательного аппарата. / Навигация и управление летательными аппаратами: Труды московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). №18, 2017. с. 13-34. //aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA\_18.pdf
9. Pagels, David A. (2015) "Aviation Data Mining", Scholarly Horizons: University of Minnesota, Morris Undergraduate Journal: Vol. 2: Iss. 1, Article 3. //digitalcommons.morris.umn.edu/horizons/vol2/iss1/3
10. Lishuai Li and R. John Hansman. Anomaly detection in airline routine operations using flight data recorder data. Report No. ICAT-2013-4 June 2013. //core.ac.uk/download/pdf/16520235.pdf

## **REFERENCES**

1. Popov Y.V. Ob odnom podxode k opredeleniyu informativnosti registriruemix parametrov bortovix ustroystv registratsii. / Problemi bezopasnosti poletov. №11, 2013 - стр.3-27. (rus)
2. GOST 20058-80 (ISO 1151). Dinamika letatelnix apparatov v atmosfere. Termini, opredeleniya i oboznacheniya. Moskva: Izdatelstvo standartov, 1981. 54 с. (rus)
3. Popov Y.V., Fomin A.G. Datchiki registratsii bortovix ustroystv registratsii dlya otsenki sostoyaniya vozdušnogo sudna. / Problemi bezopasnosti poletov. №9, 2016 - стр.21-29. (rus)
4. Popov Y.V. Monitoring i diagnostika sistemi upravleniya samoletom po informatsii, zaregistrovannoy bortovim ustroystvom registratsii. / Problemi bezopasnosti poletov. №9, 2012 - стр.3-13. (rus)
5. Korsun O.N., Lisyuk O.P., Zinovyev A.V., Grebnev O.N. Otsenivaniye pogreshnostey izmereniya skorosti i visoti sputnikovoy navigatsionnoy sistemoy pri manevrirovanii samoleta. / Problemi bezopasnosti poletov. №10, 2008 - стр.49-58. (rus)
6. Korsun O.N., Motlich P.A. Kompleksniy kontrol bortovix izmereniy osnovnix parametrov poleta letatel'nogo apparata. / Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdaniye MGTU im. N. E. Baumana. № 1, 2013. с. 135-148. //technomag.edu.ru/doc/508634.html (rus)
7. Korsun O.N., Motlich P.A. Algoritmi kompleksnoy obrabotki bortovix izmereniy, osnovannie na vzaimosvyazi mezhdru lineynimi i uglovimi parametrami dvizheniya letatel'nogo apparata. / Navigatsiya i upravlenie letatel'nimi apparatami: Trudi moskovskogo instituta elektromexaniki i avtomatiki (MIEA). №18, 2017. с. 2-12. // aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA\_18.pdf (rus)
8. Kulifeyev Y.B., Kulikov V.E. Formirovanie prostranstvennoy matematicheskoy modeli vozdeystviy atmosfernoy turbulentsnosti na polet letatel'nogo apparata. / Navigatsiya i upravleniye letatel'nimi apparatami: Trudi moskovskogo instituta elektromexaniki i avtomatiki (MIEA). №18, 2017. с. 13-34. // aomiea.ru/wp-content/uploads/2018/11/Trudy-MIEA\_18.pdf (rus)
9. Pagels, David A. (2015) "Aviation Data Mining", Scholarly Horizons: University of Minnesota, Morris Undergraduate Journal: Vol. 2: Iss. 1, Article 3. // digitalcommons.morris.umn.edu/horizons/vol2/iss1/3
10. Lishuai Li and R. John Hansman. Anomaly detection in airline routine operations using flight data recorder data. Report No. ICAT-2013-4 June 2013. //core.ac.uk/download/pdf/16520235.pdf

## **ACCURACY OF PARAMETRIC FLIGHT INFORMATION FROM FLIGHT DATA RECORDERS**

**N.N. Kelbiyev, N.N. Balayev**

*The article describes the composition, measurement bases and mathematical approaches used in the processing of parametric flight data have be recorded on the flight data recorders. It has been understood that the increase in the number of flight parameters registered on flight data*

recorders of new generation aircraft's are demand creates new processing methods. The

## **YERÜSTÜ KOMPLEKSLƏR, BURAXILIŞ AVADANLIQLARI, UÇAN APARATLARIN VƏ ONLARIN SİSTEMLƏRİNİN İSTİSMARI**

**Keywords:** flight data recorder, the ground processing systems, flight data processing, measurement errors, accuracy of data, a time series, intellectual analysis, spatial clustering.

### **ДОСТОВЕРНОСТЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ БОРТОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕГИСТРАЦИИ**

**Н.Н. Келбиев, Н.Н. Балаев**

*В статье рассматриваются общий состав записываемой в бортовых устройствах регистрации параметрической полетной информации, основы их измерений и используемые в процессе обработки математические подходы. Выяснено, что увеличение количества параметров полета, регистрируемых на бортовых регистраторах летательных аппаратов нового поколения, потребовало создание новых методов их обработки. Относительно новый в этой области метод кластерного анализа был опробован в качестве дополнения к традиционным процедурам обработки полетных данных. Результаты подтвердили полезность новых методов для обработки параметрической полетной информации летательных аппаратов старшего поколения.*

**Ключевые слова:** бортовое устройство регистрации, наземная система обработки, обработка полетной информации, погрешности измерений, достоверность данных, временной ряд, интеллектуальный анализ, пространственная кластеризация.

#### **Müəlliflər haqqında məlumat**

**Soyadı, adı, atasının adı:** Kəlbəyev Namiq Nazim oğlu

**İş yeri:** Milli Aviasiya Akademiyası

**Vəzifəsi:** İnformasiya Texnologiyaları kafedrasının doktorantı

**Maraq sahəsi:** avtomatika, radiotexnika, informasiya texnologiyaları

**E-mail:** namiq86@gmail.com

**Əlaqə telefonu:** +994 77-747-73-32

**Soyadı, adı, atasının adı:** Balayev Nail Naib oğlu

**İş yeri:** Azərbaycan Hava Yolları QSC, "Silkway" MMC GHC filialı

**Vəzifəsi:** "Silkway" MMC GHC filialı, şöbə rəisi

**Maraq sahəsi:** aviasiya mühəndisliyi, informasiya texnologiyaları

**E-mail:** nail.turkabadli@gmail.com

**Əlaqə telefonu:** +994 55 711 99 47

**Rəyçi:** t.e.d., prof. Ə.S. Səmədov