

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI**

*Əlyazması hüququnda*

**MULTİSPEKTRAL ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN  
OPTİMALLAŞDIRILMASI VƏ ÖLÇMƏ NƏTİCƏLƏRİNİN  
YENİ EMAL ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİ**

İxtisas: 3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın  
işlənməsi

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: Şanə Nizami qızı Cahidzadə

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**BAKİ – 2024**

Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunun "Atmosfer parametrlərinin informasiya-ölçmə sistemləri" şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**Hikmət Həmid oğlu Əsədov**


**Rəsmi opponətlər:** - texnika elmləri doktoru, dosent  
**Yadigar Nəsim oğlu İmamverdiyev**


- texnika elmləri doktoru, dosent  
**Elxan Nəriman oğlu Səbzliyev**

- texnika elmləri doktoru, dosent  
**Lalə Mehdi qızı Zeynalova**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Elm və Təhsil Nazirliyinin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri:  texnika elmləri doktoru,  
professor  
**Əli Məhəmməd oğlu Abbasov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi:  texnika üzrə fəlsəfə doktoru,  
dosent  
**Tahir Əli oğlu Əlizadə**

Elmi seminarın sədri:  texnika elmləri doktoru,  
dosent  
**Fərhad Heydər oğlu Paşayev**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi:** Yerüstü və bort ölçmə metodları və vasitələrinin inkişafı son illərdə onlar vasitəsilə əldə olunan informasiyanın həcmi və müxtəlifliyini xeyli artırmışdır. Bununla əlaqədar yerüstü və bort ölçmə (bundan sonra YBÖ) məlumatlarının həqiqiliyinin yoxlanılması, yəni validasiyasının aparılması zərurəti qarşıya çıxmışdır. Validasiya prosesində informasiyanın keyfiyyət kriteriyaları istifadə edilməli, bu zaman YBÖ-in informasiya mənbələri və məlumatın keyfiyyət göstəriciləri arasındakı əlaqə nəzərə alınmalıdır.

YBÖ sistemlərinin inkişafı çoxmənbəli məlumat axınının birgələşdirilməsi üsullarının tətbiqi ilə sıx bağlıdır. Belə sistem və komplekslərdə obyektlərin aşkarlanması, tanınması, identifikasiyası, təsnifatı, izlənməsi, dəyişikliklərin aşkarlanması, qərar qəbul edilməsi və s. kimi məsələlərin həllində məlumatın birgələşdirilməsi üsulları geniş istifadə edilir. Burada məqsəd müxtəlif məkan və spektral ayırdetməyə malik olan, həmçinin ayrı-ayrı daşıyıcılarda yerləşdirilmiş YBÖ qurğularından alınmış informasiyanın birgə istifadə edilməsindən ibarətdir. YBÖ sistemlərinin və komplekslərinin iş rejimlərinin optimallaşdırılması konsepsiyasına müəyyən metodlar çoxluğu aid edilir ki, bu metodlar vasitəsilə əldə olan resurslardan istifadə etməklə mümkün ola bilən ən yaxşı yolla qarşıya qoyulmuş məqsədə çatmaq imkanı reallaşdırılmalıdır. Yüksək sürətli və informativ proseslərin tədqiqi üçün paralel strukturlu ölçmə sistemləri və kompleksləri, o cümlədən paylanmış struktura malik olan sistemlər tətbiq edilə bilər. Paralel iş prinsipinin YBÖ texnologiyalarında tətbiqinin geniş yayılmış üsulu qrup halında işləyən, müxtəlif fiziki prinsiplər əsasında qurulan sensorlar çoxluğundan məlumatın əldə edilməsi, toplanılması və birgə emalından ibarətdir. Çoxsaylı ölçmə qurğularından alınan informasiyanın bu cür birgələşdirilməsi YBÖ sistemlərinin və komplekslərinin effektivliyini daha da artırır. Beləliklə, bir və ya bir neçə platformada yerləşdirilmiş YBÖ qurğularından əldə edilən ölçmə verilənlərinin birgələşdirilməsi və validasiyası məqsədlə fəaliyyətdə olan sensorlar üçün yeni

optimallaşdırma üsullarının işlənməsi YBÖ texnologiyalarının aktual məsələlərindən biridir.

Atmosferlə bağlı olan bir sıra problemlərin həllində, o cümlədən atmosferdə olan ozonun ümumi miqdarının ölçülməsində və bu zaman aerzolun təsirinin nəzərə alınmasında əldə olunan informasiyanın birgələşdirilməsi ölçmə zamanı optimal rejimin seçilməsi yolu ilə aparıla bilər. Bu zaman multispektral ölçmələrin aparılması zamanı spektral ölçmə nəticələrinin birgələşdirilməsində optimal münasibətlər aşkar edilməli, optimal dalğa uzunluğu diapazonu müəyyənləşdirilməlidir. YBÖ məsələlərinin həllində sensorlar ayrı-ayrı daşıyıcılarda (PUA-larda) yerləşdirilməklə əldə edilən verilənlərin birgələşdirilməsində resurs məhdudiyətləri nəzərə alınmaqla optimallaşdırma prosedurları tətbiq edilə bilər. Çoxspektral ölçmə metodlarının informativliyinin tədqiqi, maksimal informativliyin əldə edilməsi şərtlərinin müəyyənləşdirilməsi YBÖ qurğularının birgə effektiv iş rejiminin təmin edilməsində vacib rol oynayır. Bu məqsədlə törəmə spektroskopiyası nəzəriyyəsinin elementlərindən istifadə edilməsi, yeni təhlil metodikalarının işlənməsi aktual məsələ hesab edilir.

Bütün yuxarıda deyilənləri nəzərə almaqla qeyd etmək olar ki, YBÖ sensorlarının xarici təsirlər nəzərə alınmaqla qrup halında iş rejiminin optimallaşdırılması, bu zaman yüksək informativlik və dəqiqlik əldə edilməsi üsullarının işlənməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edən aktual məsələ hesab edilə bilər.

Hal-hazırda YBÖ prosedurlarının optimallaşdırılması üçün bir sıra optimallaşdırma metodları istifadə edilir ki, bunlara genetik alqoritmləri, PSO (Particle Swarm Optimization) üsulunu, multiagentlər metodunu və digər kompüterlə əlaqədar metodları göstərmək olar. Optimallaşdırma metodları təsvirlərin emalı və təsnifatında, lokasiya problemlərinin həllində, kənd təsərrüfatına və s. aid olan YBÖ məsələlərinin həllində geniş istifadə edilir. Optimallaşdırma üsulları adətən tədqiq edilən prosesin riyazi modelinə tətbiq edilərək modelin optimal iş rejiminin sintezi ilə nəticələnir. Beləliklə, prosesin optimallaşdırılması onun müvafiq modelinin qurulması ilə sıx bağlıdır. Optik əsaslı YBÖ sistemlərinin

mövcud modellərində bir sıra faktorlar, o cümlədən, atmosferin təsiri, optik təhriflər, siqnalın zəifləməsi, müxtəlif küy siqnailləri nəzərə alınır və bütün bu faktorların təsirini kəmiyyətcə xarakterizə etmək üçün bir sıra xarakteristikalar, o cümlədən siqnal-küy nisbəti, modulyasiya ötürmə funksiyası və s. istifadə edilir.

YBÖ sistemlərinin və komplekslərinin optimallaşdırılması üçün informasiya kriteriyaları geniş istifadə edilir. Bununla belə, atmosferin təsiri və digər təhrif edici faktorlar daima mövcud olduğu üçün bu məqsədlə enerji-informasiya kriteriyalarından istifadə edilməsi daha müvafiq hesab edilə bilər.

Məsafədən tədqiq edilən obyekt və proseslər müəyyən hallarda qarşılıqlı invers xarakteristika və göstəricilərlə xarakterizə edilirlər ki, bu cür obyektlərin müvafiq riyazi modellərin optimallaşdırılması üçün multikriteriyal metodlar tətbiq edilə bilər. Məsafədən tədqiq edilən obyektlər bir sıra hallarda müəyyən sabit resurs xarakteristikasına malik olurlar ki, bu da obyektə xas olan daxili enerjinin sabitliyi ilə izah oluna bilər. Eynilə istifadə edilən texniki ölçmə qurğusu müəyyən texnoloji resursa malik ola bilər ki, məhdudiyət şərtlərini göstərən bu cür xarakteristikalar optimallaşdırma prosedurunun icrası zamanı mütləq nəzərə alınmalıdırlar. Bu məsələnin həlli üçün qeyri-şərti variasiya optimallaşdırma metodunun tətbiqi münasib hesab edilir və bu metod bir çox obyekt və prosesləri optimallaşdırmağa imkan verir.

Çoxspektral YBÖ sistemlərində və komplekslərində dəqiqlik və informativliyin artırılması məsələləri xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, bitkilərə münasibətdə çoxspektral indekslərdən istifadə edilməsi (məsələn, NDVI, EVI və s.) metodları yaxşı məlumdur. Lakin NDVI (normalaşdırılmış diferensial vegetasiya indeksi) indeksinin LAI (yarpaq indeksi) indeksi ilə müqayisədə doyma effektivinə məruz qalması bu indeksin tətbiqi imkanlarını məhdudlaşdırır və bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün xüsusi tədbir görülməsini tələb edir. Eyni ilə YBÖ məlumatlarının həqiqiliyinə buludların təsiri daha dəqiq təhlil edilməli, bu təsiri azaltmaq üçün yeni üsul və metodlar işlənilib-hazırlanmalıdır. Paylanmış strukturlu YBÖ sistemlərinin və komplekslərinin texniki reallaşdırılmasında yarana bilən bəzi texniki problemlər, o cümlədən,

çoxspektral ölçmələr aparən günəş fotometrlərinin dəqiq kalibrasiyası məsələlərinin həlli spektral ölçmə qurğuları ilə təchiz edilmiş, qrup halında uçan PUA-ların iş rejiminin optimallaşdırılmasında böyük əhəmiyyət kəsb edir.

**Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri.** Dissertasiya işinin əsas məqsədi YBÖ sistemlərinin və komplekslərinin iş rejimlərinin optimallaşdırılması üçün məlum üsulların və onların təklif edilən təkmilləşdirilmiş variantlarının tətbiqi ilə bu qurğuların göstəricilərinin informativliyinin və dəqiqliyinin artırılmasından ibarətdir.

Əsas məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulmuş və həll edilmişdir.

1. Paralel strukturlu YBÖ komplekslərinin optimal modelinin sintez edilməsi imkanlarının araşdırılması və sintez edilmiş kompleksin funksional xarakteristikaları arasındakı optimal münasibətlərin müəyyənəşdirilməsi.

2. YBÖ sistemlərinin verilmiş zaman intervalında informativlik kriteriyası üzrə optimallaşdırılmasını təmin edən yeni optimallaşdırma üsulunun işlənilməsi.

3. Atmosferdə ozonun ümumi (sütun) miqdarının kompleks ozonometrik inteqral ölçmələrinin optimallaşdırılması, optimal kompleks inteqral ozonometrik ölçmə metodikasının işlənilməsi.

4. Kompleks multispektral ölçmələrin nəticələrinin spektral ölçmə kanallarının çıxışındakı siqnal / küy nisbəti ilə müəyyənəşdirilən həqiqiliyinin yeni ehtimal göstəricisinin işlənilməsi və tədqiqi.

5. İkiölçülü məkanda paylanma qanunu müxtəlif olan bir nöqtədən digər nöqtəyə keçid zamanı aerosolun optik qalınlığının ölçmə nəticələrinin informativliyinin tədqiqi. Aerosolun optik qalınlığının yüksək informativ yerüstü marşrut ölçmələrinin aparılması metodunun işlənilməsi.

6. Obyektin spektral əks etmə funksiyasının törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral funksiyanın cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olan müəyyən informasiya xarakteristikasını kəmiyyətə hesablamağa imkan verən

funksionalın və onun integral operator kimi təqdim edilməklə deyilən təqdimat funksiyasını spektral funksiya və əksinə çevirmək üsulunun və bu üsulun tətbiqi imkanlarının araşdırılması.

7. Çoxkriteriyal üsulla optimallaşdırıla bilən proseslərə aid edilən bəzi ümumi şərtlər ödəniləndə, bu proseslərin çoxmərhləli optimallaşdırma üsulunun işlənilməsi.

8. Buludların bir və çox dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinə təsirinə azaldılması üçün informasiya metodunun işlənilməsi.

### **Tədqiqat metodları.**

Qarşıya qoyulmuş əsas tədqiqat məsələlərinin həllində funksional analiz, sistemli analiz, variasiya hesablaması, klassik riyazi analiz, spektral analiz, atmosfer fizikası, optimallaşdırma nəzəriyyəsi, meteorologiya və digər elm sahələrinin üsul və metodlarından istifadə edilmişdir.

### **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

1. YBÖ-in qeyri-stasionar siqnallarının ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuş paralel strukturlu ölçmə komplekslərinin optimal modelinin sintez edilməsi üçün təklif edilmiş enerji-informasiya kriteriyasının tətbiqi və sintez edilmiş optimal kompleksin funksional xarakteristikaları arasındakı aşkar edilmiş optimal münasibətlər.

2. YBÖ sistemləri üçün təklif edilmiş yeni variasiya optimallaşdırma metodu. Bu metoda görə: a)  $(0 - t_0)$  zaman intervalının elə bir qiyməti mövcuddur ki, bu müddət ərzində sistemin informasiya kriteriyası əsasında optimal funksiya kimi müəyyənləşdirilmiş  $\psi(t)$  rejim funksiyası özünün daxil olduğu və elementləri vahid məhdudiyət şərtinə tabe olan binar rejim funksiyaları çoxluğunun digər elementi ilə müqayisədə sistemin informativliyi cəhətdən daha üstün hesab edilir; b) daha uzunmüddətli olan elə  $(0 - t_1)$  zaman intervalı mövcuddur ki, bu interval ərzində xüsusi seçilmiş  $\psi_1(t)$  rejim funksiyası yuxarıda deyilən optimal  $\psi(t)$ -yə nəzərən sistemin daha yüksək informativliyini təmin edə bilər.

3. Atmosferdə ozonun ümumi (sütun) miqdarının integral kompleks ölçülməsi məsələsinin formalaşdırılması və əsaslandırılması. Atmosferdə ozonun ümumi miqdarının integral ölçmə kompleksinin işlənilmiş blok sxemi, kompleks ozonometrik

inteqral ölçmələrin optimallaşdırılması məsələsinin formalaşdırılması və həlli, optimal kompleks inteqral ozonometrik ölçmələrin işlənmiş metodikası.

4. Kompleks birgə multispektral ölçmələrin nəticələrinin həqiqiliyini xarakterizə edən və ölçmə qurğusunun spektral kanallarının çıxışında mövcud olan siqnal / küy nisbəti ilə müəyyənləşdirilən yeni təklif edilən ehtimal göstəricisi. Təklif edilmiş göstəricinin bütün spektral ölçmə kanalları üzrə inteqrallanması və tədqiq edilən obyektlərin Plank funksiyası ilə xarakterizə edilən ideal qara cisim modeli ilə approksimasiyası sayəsində küy siqnalının orta kvadratik meyli ilə Plank funksiyası arasındakı aşkar edilmiş optimal analitik ifadə; dalğa uzunluğunun müəyyən qiymətində optimal rejimdə küylərin orta kvadratik meylinin maksimal qiymət ala bilməsi, yəni ölçmə nəticələrinin həqiqiliyinin bu dalğa uzunluğunda minimal qiymət ala bilməsi şərtləri.

5. Atmosfer aerosolunun optik qalınlığının bir ehtimal paylanma qanununa malik olan nöqtədən digər paylanma qanununa malik olan nöqtəyə keçid zamanı ölçülməsinin informativliyinin artmasının müəyyən edilmiş şərti. Aerosolun optik qalınlığının yüksək informativ yerüstü marşrut ölçmələrinin aparılması üçün təklif edilmiş metod və onun reallaşdırma alqoritmi.

6. Spektral funksiyanın törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral funksiyanın özünün cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olan təklif edilmiş inteqral informasiya funksionalı.

7. Çoxkriteriyal üsulla optimallaşdırıla bilən proseslərə aid edilən bəzi ümumi şərtlər ödənildikdə, bu proseslərin çoxmərhləli optimallaşdırma məsələsinin həlli.

8. Buludların bir dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinə təsirinin azaldılması üçün təklif edilmiş informasiya metodu, çox dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinin nəticələrinə buludların təsirinin azaldılması üçün təklif edilmiş informasiya metodu. Buludların optik qalınlığının və bulud damcıları radiusunun dəyişikliyi ilə əlaqədar olan qeyri-müəyyənlikdən yaranan informasiya miqdarı göstəricilərinin xətti cəminin çəki əmsallarının optimal seçilməsi



məsələsinin həlli. Cəm informasiyanın deyilən qeyri-müəyyənliklər səbəbindən yaranan komponentlərinin müqayisəli təhlili nəticəsində spektral ölçmələrdə dalğa uzunluğu zonalarının seçilməsi üzrə verilmiş tövsiyyələr.

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi:**

1. YBÖ-in qeyri-stasionar siqnallarının ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuş paralel strukturlu ölçmə komplekslərinin təsnifatı verilmiş, bu cür komplekslərin optimal modelinin sintez edilməsi üçün təklif edilmiş enerji-informasiya kriteriyasının tətbiqinin məqsədəuyğunluğu göstərilmiş, sintez edilmiş optimal kompleksin funksional xarakteristikaları arasındakı optimal münasibətlər müəyyənləşdirilmişdir.

2. YBÖ sistemləri üçün yeni variasiya optimallaşdırma metodu təklif edilmişdir ki, bu metoda görə a)  $(0 - t_0)$  zaman intervalının elə bir qiyməti mövcuddur ki, bu müddət ərzində sistemin informasiya kriteriyası əsasında müəyyənləşdirilmiş  $\psi(t)$  optimal rejim funksiyası özünün daxil olduğu və elementləri vahid məhdudiyət şərtinə tabe olan binar rejim funksiyaları çoxluğunun ikinci elementi ilə müqayisədə sistemin daha yüksək informativliyini təmin edir; b) daha uzunmüddətli olan elə  $(0 - t_1)$  zaman intervalı mövcuddur ki, bu interval ərzində xüsusi seçilmiş  $\psi_1(t)$  rejim funksiyası yuxarıda deyilən optimal  $\psi(t)$  -yə nəzərən sistemin daha yüksək informativliyini təmin edə bilər.

3. Atmosferdə ozonun ümumi (sütun) miqdarının inteqral kompleks ölçülməsi məsələsi formalaşdırılmış və əsaslandırılmışdır, atmosferdə ozonun ümumi miqdarının inteqral ölçmə kompleksinin blok-sxemi işlənmiş, kompleks ozonometrik inteqral ölçmələrin optimallaşdırılması məsələsi formalaşdırılmış və həll edilmişdir, optimal kompleks inteqral ozonometrik ölçmələrin metodikası işlənmişdir.

4. Göstərilmişdir ki, kompleks birgə multispektral ölçmələrin nəticələri ölçmə qurğusunun spektral kanallarının çıxışında mövcud olan siqnal / küy nisbəti ilə müəyyənləşdirilən həqiqiliyin yeni təklif edilən ehtimal göstəricisi ilə xarakterizə edilə bilər. Təklif edilmiş göstəricinin bütün spektral ölçmə kanalları üzrə inteqrallanması və

tədqiq edilən obyektlərin Plank funksiyası ilə xarakterizə edilən ideal qara cisim modeli ilə approksimasiyası küy siqnalının orta kvadratik meyli ilə Plank funksiyası arasındakı optimal qarşılıqlı əlaqə ifadəsini əldə etməyə imkan vermişdir. Aşkar edilmiş optimal qarşılıqlı əlaqə ifadəsi əsasında küy siqnalının orta kvadratik meylinin dalğa uzunluğundan və mütləq temperaturdan optimal analitik asılılıq ifadəsi alınmışdır. Göstərilmişdir ki, dalğa uzunluğunun müəyyən qiymətində optimal rejimdə küylərin orta kvadratik meyli maksimal qiymət ala bilər, yəni ölçmə nəticələrinin həqiqiliyi bu dalğa uzunluğunda minimal qiymət ala bilər.

5. Bir ehtimal paylanma qanununa malik olan nöqtədən digər paylanma qanununa malik olan nöqtəyə keçid zamanı aerosolun optik qalınlığının ölçülməsi informativliyinin artması şərti müəyyənləşdirilmişdir. Aerosolun optik qalınlığının yüksək informativ yerüstü marşrut ölçmələrinin aparılması üçün metod və onun reallaşdırılma alqoritmi təklif edilmişdir.

6. Spektral əksetmə funksiyasının törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral əksetmə funksiyasının cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olan funksional təklif edilmiş və bu funksional inteqral operator kimi təqdim edilərək baxılan təqdimat funksiyasını spektral funksiyaya çevirməyə (və əksinə) imkan verdiyi göstərilmişdir. Bu məqsədlə məlum Eyler-Laqranj tənliyindən istifadə edilmişdir.

7. Göstərilmişdir ki, çoxkriteriyal üsulla optimallaşdırıla bilən proseslərə aid edilən bəzi ümumi şərtlər ödənilməyi halda bu proseslərin çoxmərhələli optimallaşdırma məsələsi tərtib edilə və həll edilə bilər. Təklif edilən həll üsuluna görə optimallaşdırmanın birinci mərhələsində qeyd edilmiş  $t_0$  anına aid olmaqla xətti proqramlaşdırma məsələsi, ikinci mərhələdə isə, nəzərdən keçirilən çoxkriteriyal qaydada optimallaşdırıla bilən proseslərin xüsusi kriteriyaları arasında qeyd edilmiş qarşılıqlı əlaqə olduğu halda inteqral kvadratik funksionalın deyilən intervalda ekstremuma çatması məsələsi həll edilmişdir.

8. Buludların bir dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinə təsirinin azaldılması üçün və çox dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinin

nəticələrinə buludların təsirinin azaldılması üçün informasiya metodu təklif edilmişdir. Buludların optik qalınlığının və bulud damcıları radiusunun dəyişikliyi ilə əlaqədar olan qeyri-müəyyənlikdən yaranan informasiya miqdarı göstəricilərinin xətti cəminin çəki əmsallarının optimal seçilməsi məsələsi formalaşdırılmış və həll edilmişdir. Cəm informasiyanın deyilən qeyri-müəyyənliklər səbəbindən yaranan komponentlərinin müqayisəli təhlili əsasında aparılan spektral ölçmələrdə dalğa uzunluğu zonalarının seçilməsi üzrə tövsiyələr verilmişdir.

### **Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:**

1. Yeriüstü-bort ölçmələri aparən paralel strukturlu ölçmə kompleksləri və qrup halında bort ölçmələri aparən multi-PUA sistemlərinin işinin optimallaşdırılması üçün nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malik olan yeni kriteriyalar təklif edilmişdir ki, bu kriteriyalar əsasında:

a) Paralel strukturlu ölçmə komplekslərinin optimal modeli sintez edilmiş və sintez edilmiş optimal kompleksin funksional xarakteristikaları arasındakı optimal münasibətlər müəyyənləşdirilmişdir.

b) Daxilində müxtəlif sayda obyektlər yerləşən sahələrdə bu obyektlərin aşkarlanması rejimində işləyən multi-PUA sisteminin işi optimallaşdırılmış, tədqiq edilən sahədə olan obyektlərin sayı ilə ölçmələrə sərf edilən zaman müddəti arasında optimal əlaqə aşkar edilmişdir.

2. YBÖ sistemləri üçün nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malik olan yeni variasiya optimallaşdırma üsulu təklif edilmişdir. Bu üsul metodiki olaraq iki müddəaya əsaslanır: birinci müddəaya görə, elə  $(0 - t_0)$  zaman intervalı mövcuddur ki, bu intervalda sistemin informasiya kriteriyası əsasında müəyyənləşdirilmiş  $\psi(t)$  optimal rejim funksiyası mümkün rejim funksiyaları çoxluğunun digər elementi ilə müqayisədə sistemin daha yüksək informativliyini təmin edir. İkinci müddəaya görə, daha uzunmüddətli olan elə  $(0 - t_1)$  zaman intervalı mövcuddur ki, bu interval ərzində yeni seçilmiş  $\psi_1(t)$  rejim funksiyası əvvəlki optimal  $\psi(t)$  -yə nəzərən sistemin daha yüksək informativliyini təmin edə bilər. Təklif edilmiş

optimallaşdırma üsulunun deyilən müddəaları YBÖ sistemlərinin optimal qurulması üçün yeni praktiki imkanlar açır.

3. Yer səthində canlı həyatın Günəşin məhvedici ultrabənövşəyi şüalarından qorunmasının təminatı olan atmosfer ozonunun ümumi (sütun) miqdarının kompleks inteqral ölçmələrinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmiş və praktikada tətbiqi üçün optimal kompleks inteqral ozonometrik ölçmələrin metodikası işlənmişdir.

4. YBÖ vasitələri ilə yerinə yetirilən kompleks birgə multispektral ölçmələrin nəticələrini xarakterizə etmək üçün spektral kanalların çıxışında olan siqnal / küy nisbəti ilə müəyyənləşdirilən həqiqiliyin yeni göstəricisi təklif edilmiş, bu göstəricinin bütün spektral kanallar üzrə inteqrallanması və tədqiq edilən obyektlərin ideal qara cisim modeli ilə approksimasiyası küy siqnalının orta kvadratik meyli ilə Plank funksiyasının qiyməti arasındakı optimal qarşılıqlı əlaqə ifadəsini əldə etməyə imkan vermişdir. Bu nəzəri nəticə praktiki ölçmələrdə yaranan cəm küy siqnallarının ekstremal xassələrinin müəyyənləşdirilməsinə və müvafiq tövsiyələrin işlənilməsinə imkan verir.

5. İkiölçülü məkanda aerosolun optik qalınlığının müxtəlif statistik göstəricilərə malik olan zonada bir nöqtədən digər nöqtəyə keçid zamanı ölçülməsinin informativliyinin artırılması şərti, aerosolun optik qalınlığının yüksək informativ yerüstü marşrut ölçmələrinin aparılması üçün təklif edilmiş metod və alqoritm aerosol ölçmələri üzrə yerüstü ekspedisiyaların səmərəli planlaşdırılmasına və müvafiq praktiki fəaliyyətin effektivliyinin artırılmasına xidmət edir.

6. Spektral siqnalların emalı üçün faydalı olan təklif edilmiş inteqral çevirmə üsulu, bu üsulun əsasını təşkil edən spektral əksətmə funksiyasının törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral əksətmə funksiyasının cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olan funksional inteqral operator kimi təqdim edilərək deyilən təqdimat funksiyasını spektral funksiyaya (və əksinə) çevirməyə imkan verir ki, bu üsulda praktiki nəticələrin emalı zamanı istifadə oluna bilər.

7. Çoxkriteriyal və çoxmərhələli optimallaşdırma üsullarının əlaqəsi araşdırılmışdır. Çoxkriteriyal üsulla optimallaşdırıla bilən proseslərə aid edilən bəzi ümumi şərtlər ödənilməyi halda bu proseslərin çoxmərhələli optimallaşdırma üsulu ilə həll edilə bildiyi göstərilmişdir. Optimallaşdırmanın birinci mərhələsində qeyd edilmiş  $t_0$  anına aid olmaqla xətti proqramlaşdırma məsələsi həll edilir, ikinci mərhələdə isə nəzərdən keçirilən çoxkriteriyal qaydada optimallaşdırıla bilən prosesləri xarakterizə edən inteqral kvadratik funksionalın ekstremuma çatması məsələsi həll edilir. Təklif edilən bu üsul praktikada müxtəlif mürəkkəb istehsal proseslərinin çoxmərhələli optimallaşdırılması üçün istifadə edilə bilər.

8. Peyk vasitəsilə alınmış ölçmə nəticələrinin buludların təsirindən azad edilməsi üçün təklif edilmiş informasiya metodu, buludların optik qalınlığının və bulud damcıları radiusunun dəyişikliyi ilə əlaqədar olan qeyri-müəyyənlikdən yaranan informasiya miqdarı göstəricilərinin skalyar cəminin çəki əmsallarının optimal seçilməsi məsələsinin həlli praktikada aparılan spektral ölçmələrdə dalğa uzunluğu zonalarının seçilməsi üçün tövsiyələrin hazırlanmasına imkan verir.

9. PUA-ların enerji ilə təmin edilməsi məsələsinin perspektiv həllərindən biri kimi praktikada Günəş enerjisindən daha səmərəli istifadə edilməsi üçün Günəşin diffuz radiyasından və Günəşin yerdən əks edilən radiyasından əlavə olaraq istifadə edilməsi məqsədilə PUA qanadlarının aşağı səthində əlavə Günəş panellərinin yerləşdirilməsi təklifi Günəş panellərinin praktikada daha effektiv istifadə edilməsi məsələsinin həllinə imkan verir.

**İşin aprobasiyası və tətbiqi:** Dissertasiya işinin əsas müddəaları Milli Aerokosmik Agentliyinin (MAKA) və Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunun Elmi-Texniki Şurasının iclaslarında, həmçinin aşağıdakı elmi-texniki konfrans və forumlarda müzakirə edilmişdir:

- Azərbaycan xalqının Ümumilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və Elmi İnnovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransı, Bakı, 3-5 May, 2017;

- IX Международная научно-практическая конференция “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”, Курск, 18 мая, 2017 г;

- Azərbaycan xalqının Ümumilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və Elmi İnnovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransı, Bakı, 3-5 May, 2018;

- X Международная научно-практическая конференция “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”, Курск, 1 июня, 2018 г;

- XI Международная научно-практическая конференция “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”, Курск, 4 июня, 2019 г.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:** Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunun “Atmosfer parametrlərinin informasiya-ölçmə sistemləri” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən, 137 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. Dissertasiyanın məzmununda giriş 11 səhifə olub 20676 işarədən, I fəsil 30 səhifə olub 36344 işarədən, II fəsil 40 səhifə olub 48211 işarədən, III fəsil 27 səhifə olub 32841 işarədən, IV fəsil 36 səhifə olub 43598 işarədən, nəticələr 2 səhifə olub 4057 işarədən və istifadə edilmiş 137 sayda ədəbiyyat siyahısı 16 səhifə olmaqla 29638 işarədən ibarətdir. Dissertasiyanın həcmi 164 səhifə kömpüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 195063 işarəni (istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 161916 işarə) təşkil edir.

## **İŞİN MƏZMUNU**

**Girişdə** işin aktuallığı göstərilmiş, işin məqsədi, həll edilən məsələlər formalaşdırılmış, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti vurğulanmış, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar şərh edilmişdir.

**Dissertasiya işinin birinci fəsl**i yerüstü və bort struktur komponentlərinə malik olan məsafədən zondlama komplekslərində informativliyin artırılması üçün optimallaşdırma məsələlərinə həsr edilmişdir.

Fəslin əvvəlində praktiki məsələlərin həllində müxtəlif xüsusiyyətli yerüstü və bort ölçmə sensorlarından birgə istifadə prinsipləri şərh edilmişdir. Ümumilikdə YBÖ verilənlərinin birgələşdirmə üsulları üç səviyyə üzrə təsnif edilə bilməsi göstərilmişdir:

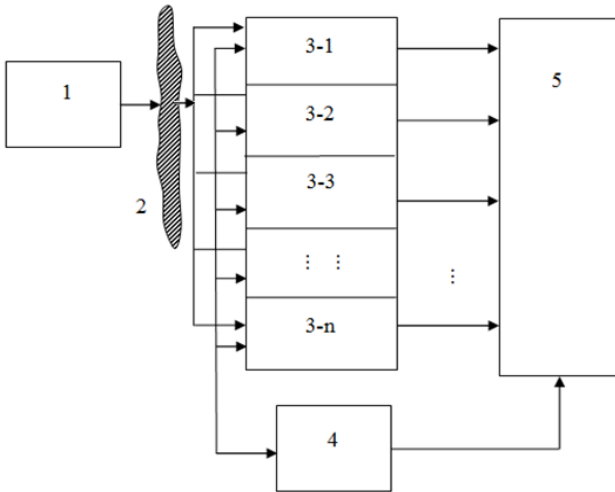
- pikselin / verilənlərin səviyyəsi;
- xüsusiyyətlərin səviyyəsi;
- qərarın səviyyəsi.

Paralel strukturlu ölçmə komplekslərinin enerji-informasiya kriteriya üzrə optimal modellərinin sintezi məsələlərinə baxılmışdır. Şəkil 1 - də paralel struktura malik olan YBÖ komplekslərinin ümumi blok-sxemi verilmişdir.

Paralel struktura malik olan, optimallaşdırılan komplekslərin təsnifat cədvəli tərtib olunmuşdur. Bu təsnifat modellərinə aid edilə bilən komplekslərin optimal modellərinin sintezi yerinə yetirilmişdir.

Daha sonra birinci fəsildə qarşılıqlı-invers spektral xarakteristikalara malik olan obyektlərin göstəricilərinin birgə ölçülmə nəticələrinin həqiqiliyinin artırılması üçün təklif edilmiş metod təqdim edilmişdir. Riyazi olaraq göstərilmişdir ki, ölçmə informasiyasının ötürülmə kanallarında zəifləmə olduğu halda, qarşılıqlı invers spektral xarakteristikalara malik olan obyektlərin bürünmə tipli birgə ölçmələrində tətbiq edilən çəki əmsallarının optimal seçimi mümkündür. Birinci fəslin sonunda məsafədən zondlama sistemlərinin informativliyinin artırılması üçün təklif edilmiş variyasiya optimallaşdırma metodu şərh edilmişdir. Bu

metodun mahiyyəti aşağıdakı sualın cavabını tapmaq üçün təklif edilən həlldən ibarətdir:



**Şəkil 1. Paralel struktura malik olan YBÖ kompleksinin ümumiləşdirilmiş blok-sxemi:** 1- siqnal mənbəyi; 2- siqnalın yayılma mühiti; 3- paralel qoşulmuş ölçmə qurğuları bloku; 4- idarəetmə bloku; 5- siqnalın emalı bloku

Seçilmiş məqsəd funksionalının ekstremumundan fərqli olan siqnal / küy nisbətinin zamandan asılılığını göstərən funksiya, deyilən ekstremal  $(0 - t_1)$  periodunda tətbiq edilmiş məhdudiyət şərtini ödədiyi halda, daha uzun  $(0 - t_0)$ ;  $t_0 > t_1$  intervalında sistemin daha yüksək informativliyini təmin edə bilərmə?

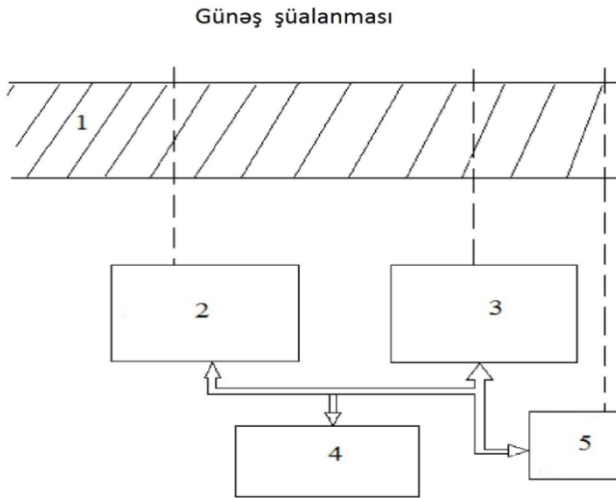
Bu məsələnin həlli göstərmişdir ki,  $(0 - t_0)$  zaman intervalının eyni  $(0 - t_1)$  altintervalını müəyyənləşdirmək mümkündür ki, bu altinterval ərzində informasiya kriteriyası əsasında müəyyənləşdirilmiş  $\psi(t)$  optimal rejim funksiyası, elementləri bu altintervalda vahid məhdudiyət şərtinə tabe olan binar rejim funksiyaları çoxluğunun ikinci elementi ilə müqayisədə  $(0 - t_0)$  zaman intervalında informativlik cəhətdən daha üstün olsun.



**Dissertasiya işinin ikinci fəsl** i ətraf mühit parametrlərinin multispektral zondlama komplekslərində çoxkriteriyalı optimallaşdırma məsələlərinin həllinə həsr edilmişdir. Fəslin əvvəlində spektrofotometrin ölçmə nəticələrinə görə atmosfer aerosolunun optik qalınlığının və ozonun ümumi miqdarının zamana görə dəyişmə trendinin müəyyənləşdirilməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Burada əsas məqsədi inteqral ölçmə kompleksinin çıxışında maksimal siqnal əldə edilməsi mənasında atmosferdə olan aerosolun optik qalınlığı  $\tau_{aer}(t, \lambda_1)$  və atmosferdə olan ozonun ümumi (sütun) miqdarı  $M(t)$  -nin zamana görə optimal qarşılıqlı dəyişmə qaydasının müəyyənləşdirilməsindən ibarət olmuşdur.

Şəkil 2 - də inteqral ozonometrik ölçmələr aparən yerüstü passiv zondlama kompleksinin struktur-sxemi göstərilmişdir.



**Şəkil 2. İnteqral ozonometrik ölçmələr aparən yerüstü passiv zondlama kompleksinin struktur-sxemi:** 1- atmosfer; 2-  $\lambda_1$  dalğa uzunluğunda ultrabənövşəyi diapazonda ozonun ümumi miqdarını ölçən fotometr; 3- spektrin görünən oblastında  $\lambda_2$  dalğa uzunluğunda  $\tau_{aer}(t, \lambda)$  kəmiyyətini ölçən fotometr; 4- idarəetmə

qurğusu; 5- ozonun ümumi miqdarını infraqırmızı oblastda təxmini ölçən qurğu

Bu dalğa uzunluğu diapazonunda şaquli ölçmələr üçün Buger-Ber qanunu belə yazılır:

$$I(t, \lambda_1) = I_0(\lambda_1)e^{-[\tau_{oz}(t, \lambda_1) + \tau_p(\lambda_1) + \tau_{aer}(t, \lambda_1)]}. \quad (1)$$

Burada,  $I_0(\lambda_1)$ - $\lambda_1$  dalğa uzunluğunda passiv zondlama qurğusunun girişində olan siqnalın intensivliyi;  $\tau_{oz}(t, \lambda_1)$ -atmosferdəki ozonun optik qalınlığı;  $\tau_p(\lambda_1)$ -relyef səpələnməsinin optik qalınlığı;  $\tau_{aer}(t, \lambda_1)$ -atmosferdə olan aerosolun optik qalınlığıdır.

Passiv zondlama kompleksi aşağıdakı kimi işləyir: Blok 2 düsturu (1)-lə müəyyənləşən siqnalın inteqral qiymətləndirilməsini aşağıda göstərilən düstur əsasında yerinə yetirir:

$$I_{int} = \int_0^{t_m} I(t, \lambda_1) dt = \int_0^{t_m} I_0(\lambda) e^{-[\tau_{oz}(t, \lambda_1) + \tau_p(\lambda_1) + \tau_{aer}(t, \lambda_1)]} dt. \quad (2)$$

Blok 3-dən istifadə olunması ölçmələrin optimal rejiminin reallaşdırılması zamanı aerosolun təsirini nəzərə almaq məqsədilə onun optik qalınlığının zamana görə dəyişmə trendinin təhlil edilməsi zərurəti ilə bağlıdır. Blok 4 kompleksin işini idarə edir, blok 5 isə infraqırmızı diapazonda ozonun ümumi miqdarının təxmini müəyyənləşdirilməsini yerinə yetirir.

Belə hesab edilmişdir ki, atmosfer aerosolunun optik qalınlığı birmodalı struktura malikdir və Anqstrom düsturu ilə hesablanır, yəni

$$\tau_{aer}(\lambda) = \beta \cdot \lambda^{-\alpha}. \quad (3)$$

Burada,  $\beta = \tau_{aer}(\lambda)$ ;  $\lambda = 1 \text{ mkm}$  olduqda,  $\alpha$ - Anqstrom əmsəlidir,  $\beta$ - isə atmosferdə aerosol tutqunluq əmsəlidir.

(3) düsturunun fiziki mənası ondan ibarətdir ki, baxılan halda yalnız aerosolun optik tutqunluğu dəyişir. Bu zaman atmosfer aerosolunun struktur dəyişiklikləri baş vermir, yəni,  $\alpha$  Anqstrem göstəricisi zamana görə dəyişmir.

$\tau_{aer}(t, \lambda_1)$  kəmiyyətinin dinamik model dəyişmə əyriləri sonrakı təhlildə aşağıda göstərilən integral invariantdan istifadə etməyə imkan vermişdir:

$$C_1 = \int_0^{t_m} \tau_{aer}(t, \lambda_1) dt. \quad (4)$$

Yerinə yetirilən optimallaşdırmanın əsas məqsəd funksionalı (1) ifadəsi əsasında aşağıdakı kimi formalaşdırılmışdır:

$$F_1 = \int_0^{t_m} I_0(\lambda_1) e^{-[\tau_{oz}(t, \lambda_1) + \tau_p(\lambda_1) + \tau_{aer}(t, \lambda_1)]} dt. \quad (5)$$

(3), (4) və (5) ifadələri nəzərə alınmaqla aşağıda göstərilən qeyri-şərti variasiya optimallaşdırma funksionalı tərtib edilmiş və optimallaşdırma məsələsinin həlli aşağıdakı ifadəni vermişdir.

$$\tau_{aer}(t, \lambda_1) = C_3 - C_4 M(t). \quad (6)$$

Burada;

$$C_3 = \frac{\alpha(\lambda_1) \cdot C_2 + C_1}{t_m}, \quad C_4 = \alpha(\lambda_1). \quad (7)$$

Beləliklə, (6) şərti ödəniləndə (7) funksionalı ekstremal qiymət alır. Bununla da göstərilmişdir ki, ölçmə qurğusunun çıxışında maksimal siqnal əldə etmək üçün (6) ifadəsinə müvafiq olaraq  $\tau_{aer}(t, \lambda_1)$  və  $M(t)$  parafaz dəyişməlidirlər, yəni birisinin artımı və ya azalması digərinin artımı və ya azalması ilə müsbət olunmalıdır. Alınmış bu nəticə kompleksin tərkibinə aerosolun optik qalınlığının fotometrik ölçmə qurğusunun daxil edilməsini əsaslandırılmış,

deyilənlər nəzərə alınmaqla optimal inteqral ozonometrik ölçmələrin aşağıdakı metodikası işlənmişdir.

İkinci fəsilə daha sonra birgə multispektral ölçmələrin həqiqilik ehtimalının yüksəlməsini təmin edən dalğa uzunluğunun təyini metodikası işlənmişdir.

İstənilən ölçmə prosesinin əsas göstəricilərindən birisi kimi passiv zondlama qurğusunun girişində siqnal / küy nisbəti ( $\psi$ ) belə təyin edilmişdir:

$$\psi(\lambda_2) = \frac{f(\lambda)}{\sigma(\lambda)}. \quad (8)$$

Burada,  $f(\lambda)$  –  $\lambda$  dalğa uzunluğunda ölçmə aparən passiv zondlama qurğusu kanalının girişində ölçmə siqnalının amplitudu;  $\sigma(\lambda)$ -  $\lambda$  dalğa uzunluğunda ölçmə aparən ölçmə kanalının çıxışında küylərin orta kvadratik meyildir. Ölçmə nəticəsinin həqiqiliyinin ehtimal qiyməti kimi aşağıdakı göstərici təklif edilmişdir:

$$P(\lambda) = 1 - \frac{1}{\psi(\lambda)}; \quad \psi(\lambda) \geq 1. \quad (9)$$

Göstərilmişdir ki,

$$\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} f(\lambda)d\lambda = C_2; \quad C_2 = const. \quad (10)$$

$$f(\lambda) = \frac{\sqrt{\sigma(\lambda)} \cdot C_2}{\int_0^{\infty} \sqrt{\sigma(\lambda)} d\lambda}. \quad (11)$$

şərtləri daxilində  $P(\lambda)$ -nın orta inteqral qiyməti maksimal qiymət alır.

Daha sonra tədqiq edilən obyekt mütləq qara cisim kimi təqdim edilə bilərsə,  $\sigma(\lambda)$  funksiyasının hansı şəklində multispektral ölçmələrin optimal ölçmələr hesab edilə bilməsi məsələsinə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, mütləq qara cisimlə approksimasiya edilə bilən obyektlərin multispektral ölçmələrinin maksimal həqiqiliyini təmin edən  $\sigma(\lambda)$  optimal funksiyasını aşağıdakı kimi müəyyənləşdirmək mümkündür.

$$\sigma(\lambda) = C_4 \cdot \lambda^{-10} \cdot e^{-hc/\lambda kT}. \quad (12)$$

Burada,  $\sigma(\lambda)$ -  $\lambda$  dalğa uzunluğunda ölçmə apararı ölçmə kanalının çıxışında küylərin orta kvadratik meylidir.  $h$ - Plank sabiti;  $k$ - Bolsmon sabiti;  $c$ - işığın sürəti;  $\lambda$ - dalğa uzunluğu;  $T$ - mütləq temperaturdur,  $K$ .

Beləliklə, (12) ifadəsindən görüldüyü kimi, optimal  $\sigma(\lambda)$  funksiyası  $\lambda$ -ya görə ekstremuma malik ola bilər.

Göstərilmişdir ki, (13) şərti daxilində (12) ifadəsi maksimal qiymət alır.

$$\lambda = \frac{2hc \cdot 10^{-1}}{kT}. \quad (13)$$

İkinci fəsildə daha sonra ikidiapazonlu fotometrlərlə ozonometrik ölçmələrin aparılmasının çoxkriteriyalı optimallaşdırma məsələsi formalaşdırılmış, bu məsələnin həlli metodu təklif edilmiş və göstərilmişdir ki, təklif edilən çoxkriteriyal variasiya optimallaşdırma metodu bir-biri ilə rəqabət apararı funksionallardan təşkil edilmiş xətti bürünmə ifadəsini ekstremal qiymətə çatdırarı optimal funksiyanı tapmağa imkan verir. Təklif edilən metodun atmosferdə olan ozonun ölçülməsinin optimallaşdırılması üçün tətbiqi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

İkinci fəslin sonunda sayı sıfırdan maksimuma qədər olan axtarılan obyektlər yerləşən sahələr çoxluğunda həmin obyektlərin aşkarlanması rejimində işləyən multi-PUA sisteminin işinin optimallaşdırılması məsələsinə baxılmış, bu məsələnin həlli üçün informasiya kriteriyası tərtib edilmişdir. Optimallaşdırma məsələsinin həlli tədqiq edilən sahədə olan obyektlərin sayı ilə sahədə ölçmələrə sərf edilən zaman müddəti arasında optimal əlaqəni aşkar etməyə imkan vermişdir. Multi-PUA sisteminin optimal rejimdə işi zamanı əldə edilən verilənlərin emalı üçün ən müvafiq olan emal metodunun aşkarlanması qaydası müəyyənləşdirilmişdir.

**Dissertasiya işinin üçüncü fəslü** multispektral və hiperspektral zondlama verilənlərinin çevrilməsinin və onlardan səmərəli

istifadənin metod və alqoritmlərinin işlənməsinə həsr edilmişdir. Fəslin əvvəlində ehtimal paylanma qanunu əsasında atmosfer aerosolunun optik qalınlığının fotometrik ölçmələrinin informativliyinin artırılması üzrə təklif edilmiş metod və müvafiq alqoritm şərh edilmişdir.

Ölçmələrin informasiya nəzəriyyəsinə əsasən aerosol ölçmələri aparılan zaman bir ölçmə zamanı əldə edilən informasiya miqdarının aşağıdakı kimi hesablanması təklif edilmişdir:

$$i_1 = - \int_{-\infty}^{\infty} W(x) \text{Log}(W|x|) dx. \quad (14)$$

Baxılan halda  $W(x)$  - aerosolun optik qalınlığının paylanması ehtimal sıxlığıdır. Ümumi halda  $W(x)$  həm bir coğrafi nöqtədə zamana görə aparılan ölçmələr nəticəsində, həm də müxtəlif coğrafi nöqtələrdə aparılmış qısamüddətli ölçmələr nəticəsində müəyyənləşdirilə bilər.

Marşrut üzrə aerosol ölçmələrinin informativliyinin təmin edilməsi üçün yeni metodun işlənməsi məqsədilə ilk yaxınlaşma olaraq belə fərz edilmişdir ki, atmosfer aerosolunun ehtimal paylanma qanunu dual xarakter daşıyır, yəni o, ya bərabər paylanma qanununa, ya da normal qanuna tabedir. Bu cür yanaşma qəbul edilərsə, az informativ zonadan yüksək informativ zonaya və əksinə keçidin təmin edilməsi mənasında aerosol ölçmələri marşrutunun tərtib edilməsi qaydasını müəyyənləşdirmək mümkündür. Göstərilmişdir ki, aerosolun optik qalınlığının normal paylanma qanununa tabe olduğu zonadan bərabər paylanma qanununa tabe olduğu zonaya keçidini təmin etmək və bu zaman informativliyin artmasına nail olmaq üçün elə bir  $C$  nöqtəsi tapılmalıdır ki, bu nöqtədə

$$\log(w_p|x_{c_2}|) > \log(w_H|x_{c_1}|). \quad (15)$$

bərabərsizliyi ödənilmiş olsun. Yüksək informativ aerosol ölçmələrinin təşkili üzrə təklif edilən metod əsasında müvafiq ölçmə metodikası tərtib edilmişdir.

Üçüncü fəsildə daha sonra bitkilərin yarpaq indeksinin təyininə spektral ölçmələrin xəttişdirilməsinin informativ modeli işlənmişdir. *LAI* indeksinin *NDVI* və *WDVI* indekslərindən reqressiya asılılığı funksiyalarının qeyri-xəttiliyini azaltmaq üçün *NDVI* və *WDVI* indekslərinin birgə istifadə edilmə imkanı təhlil edilmişdir. Göstərilmişdir ki,  $LAI = f_1(NDVI)$  və  $LAI = f_2(WDVI)$  funksiyalarının qrafiki cəmlənməsi metodu bu funksiyalardan birində arqumentlə funksiyanın yerlərinin dəyişdirilməsi şərti ilə yerinə yetirildikdə, alınan cəm funksional asılılıqda qeyri-xəttiliyin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. Ayrı-ayrılıqda *NDVI* və *WDVI* ilə müqayisədə *LAI* ilə daha yüksək dərəcədə xətti asılılığa malik olan birgə  $f(NDVI, WDVI)$  indeksi sintez edilmişdir. Üçüncü fəsildə, həmçinin, müxtəlif məkan ayırdetməli kosmik təsvir verilənlərinin statistik göstəricilər əsasında üst-üstə salınması üzrə təklif edilmiş üsul və müvafiq alqoritm şərh edilmişdir. Müxtəlif həndəsi ayırdetmə qabiliyyətinə malik olan bort təsvir yaradan sistemlərin formalaşdırdığı iki təsvirin üç mümkün filtrasiya metodunu nəzərə almaqla optimal üst-üstə salınması məsələsi formalaşdırılmışdır. Təsvirlərin əsas statistik göstəricilərinin skalyar bürünməsinin qiyməti əsasında, həmin bürünmənin ekstremal qiymətini təmin edən hesabi optimal ayırdetmə qabiliyyətinin elə seçilməsinə əsaslanan metod təklif edilmişdir ki, bu seçim nəticəsində ayırdetmənin hesabi və ilkin qiymətləri arasında minimal fərq təmin edilsin. Bu halda ilkin təsvir müvafiq filtrasiya metodu ilə emal edilməlidir. Təklif edilmiş metodun alternativ reallaşdırılma alqoritmi işlənmişdir. Üçüncü fəslin sonunda hiperspektral ölçmə verilənlərinin küydən təmizlənməsində və emalında törəmə spektral xarakteristikalara əsaslanan inteqral-informasiya çevrilmə metodu təklif edilmişdir.

Fərz edilmişdir ki, hiperspektral verilənlərin emalı üçün  $S(\lambda)$  spektral xarakteristikanın birinci tərtib törəməsi istifadə edilir və bu zaman aşağıdakı əməliyyatların yerinə yetirilməsi təklif olunmuşdur:

1. Birinci tərtib törəmənin  $S'(\lambda)$  təqdimat funksiyasının aşağıdakı kimi göstərilməsi:

$$\varphi = \varphi(S'(\lambda)). \quad (16)$$

Burada,  $\varphi - S'(\lambda)$  törəməsinin təqdimat funksiyasıdır.

2.  $S(\lambda)$  və  $\varphi(S'(\lambda))$  funksiyalarının cəminin hesablanması:

$$S_m = S(\lambda) + \varphi(S'(\lambda_x)). \quad (17)$$

3. Aşağıdakı inteqral informasiya funksionalının tərtib edilməsi:

$$M_0 = 2 \cdot \int_0^{\lambda_m} \lambda \cdot \log_2(k_1 \cdot [S(\lambda) + \varphi(S'(\lambda))]) d\lambda. \quad (18)$$

Beləliklə, birinci tərtib törəmədən istifadə etməklə hiperspektral verilənlərin təhlili üçün təklif edilən metod-inteqral informasiya çevrilmə metodu belə formulə edilmişdir:

1. İnteqral informasiya funksionalı təklif edilmişdir ki, bu funksional spektral funksiyanın törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral funksiyanın özünün cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olmaqla müəyyən informasiya xarakteristikasını kəmiyyətə hesablamağa imkan verir.

2. Bu funksional eyni zamanda inteqral operator kimi təqdim edilir. Bu operator deyilən təqdimat funksiyasını spektral funksiya çevirməyə (və əksinə) imkan verir ki, bu məqsədlə məlum Eylər-Laqranj tənliyindən istifadə edilir.

**Dissertasiya işinin dördüncü fəsl** spektrometrik ölçmə sistemlərinin informasiya təminatı və kvazisinxron kalibrəmə metodlarına həsr edilmişdir. Fəslin əvvəlində xüsusi kriteriyaları və ümumi şərtləri ödəyən mürəkkəb proseslərin çoxmərhələli optimallaşdırma məsələsi nəzərdən keçirilmiş və həlli yolları göstərilmişdir:

Dördüncü fəsildə daha sonra çoxdalğalı peyk ölçmələrinə buludların təsirinin azaldılmasının informasiya metodu təklif edilmiş, metodun reallaşdırılması algoritmi işlənmişdir.

Dördüncü fəsildə, həmçinin, pilotsuz uçuş aparatlarının enerji təminatı üçün əlavə günəş panellərindən istifadə məsələləri üzrə texniki həllər işlənmişdir. Qeyd edilmişdir ki, hal-hazırda PUA-ların



enerji ilə təmin edilməsi məsələsinin perspektiv həlli Günəş panellərindən istifadə edilməsidir. PUA-larda Günəş enerjisindən daha səmərəli istifadə edilməsi üçün təklif edilmişdir ki, Günəşin diffuz radiasiyasından və Günəşin yerdən əks edilən radiasiyasından əlavə olaraq istifadə edilməsi üçün PUA qanadlarının aşağı səthində əlavə Günəş panelləri yerləşdirilsin. PUA qanadlarının aşağı səthində yerləşdirilən əlavə Günəş panellərinin daha effektiv istifadə edilməsi məsələsi formalaşdırılmış və həll edilmişdir. Dördüncü fəslin sonunda günəş fotometrlərinin kalibrə edilməsi üçün kvazisinxron metodların işlənməsi məsələlərinə baxılmış, Günəş fotometrlərinin etalon qurğunun göstərişləri ilə müqayisəsinə əsaslanan və  $\Delta m$  artımının və  $\Delta\tau(\lambda)$  artımının kompensasiyasını təmin edən Günəşin mövqeyinin izlənməsi rejimində  $\tau(\lambda_1 t_1) \cdot m(t_1)$  və  $\tau(\lambda_1 t_2) \cdot m(t_2)$  göstəricilərinin cari ölçmələrinin aparılması şərti daxilində reallaşdırılan kalibrasiya metodu təklif edilmişdir.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Paralel strukturlu YBÖ komplekslərinin optimal modelinin enerji-informasiya kriteriyası əsasında sintezi yaradılan kompleksin funksional xarakteristikaları arasındakı optimal münasibətləri müəyyənləşdirməyə imkan vermişdir.

2. YBÖ sistemləri üçün yeni təklif edilmiş variasiya optimallaşdırma üsulunun əsas müddəalarına görə, a)  $(0 - t_0)$  zaman intervalının elə bir qiyməti mövcuddur ki, bu müddət ərzində sistemin informasiya kriteriyası əsasında müəyyənləşdirilmiş  $\Psi(t)$  optimal rejim funksiyası, mümkün rejim funksiyaları çoxluğunun digər elementi ilə müqayisədə sistemin informativliyi cəhətdən daha üstündür; b) daha uzunmüddətli olan elə  $(0 - t_1)$  zaman intervalı müəyyənləşdirilə bilər ki, həmin interval ərzində xüsusi seçilmiş  $\Psi_1(t)$ - rejim funksiyası yuxarıda göstərilən optimal  $\Psi(t)$ -yə nəzərən sistemin daha yüksək informativliyini təmin edir və ölçmə sistemlərinin optimal sintezi imkanlarını daha da genişləndirir.

3. Atmosferdə ozonun ümumi (sütun) miqdarının inteqral ölçmə kompleksinin nəzəri əsasları işlənmiş, kompleksin blok-sxemi qurulmuş, ozonometrik inteqral ölçmələrin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmiş, optimal kompleks inteqral ozonometrik ölçmələrin metodikası işlənmişdir. Təklif edilən metodikanın müvafiq ölçmə informasiyasının daha effektiv əldə edilməsinə imkan verdiyi göstərilmişdir.

4. Multispektral ölçmə qurğusunun spektral kanallarının çıxışında mövcud olan signal / küy nisbəti ilə müəyyənləşdirilən ölçmə nəticəsinin həqiqiliyinin yeni ehtimal göstəricisi təklif edilmişdir. Bu göstəricinin spektral ölçmə kanalları üzrə inteqrallanması və tədqiq edilən obyektlərin ideal qara cisim modeli ilə approksimasiyası imkan vermişdir ki, küy signalının orta kvadratik meyli ilə Plank funksiyası arasındakı optimal qarşılıqlı əlaqə ifadəsi əldə edilmiş olsun. Bu ifadə əsasında küy signalının orta kvadratik meylinin dalğa uzunluğundan və mütləq temperaturdan optimal asılılıq ifadəsi alınmış, dalğa uzunluğunun müəyyən qiymətində küylərin orta kvadratik meylinin ekstremal qiymət ala bilməsi aşkar

edilmişdir. Aşkar edilmiş bu qanunauyğunluq multispektral siqnalların emalı texnologiyalarının daha da təkmilləşdirilməsinə xidmət edir və küylərin faydalı siqnala təsirinin azaldılması üçün istifadə edilə bilər.

5. Atmosfer aerozolunun optik qalınlığının məkanca paylanması qeyri-homogenliyinin tədqiqi üzrə ölçmələr apararkən bir nöqtədən digər nöqtəyə keçid zamanı aerozolun optik qalınlığının ölçülməsinin informativliyinin artması şərti müəyyənləşdirilmiş, aerozolun optik qalınlığının yüksək informativlikli yerüstü praktiki marşrut ölçmələrinin aparılması üçün metod və müvafiq alqoritm işlənmişdir.

6. Tədqiqat obyektinin funksional spektral funksiyanın törəməsinin təqdimat funksiyası və spektral funksiyanın özünün cəminin loqarifminin dalğa uzunluğuna hasilinin inteqralından ibarət olan inteqral informasiya funksionalı təklif edilmişdir ki, həmin təqdimat funksiyasını spektral funksiyaya (və əksinə) çevirməyə imkan verir və tədqiq edilən obyektlərin siqnatur analizində istifadə oluna bilər.

7. Çoxkriteriyal üsulla optimallaşdırıla bilən proseslərə aid edilən bəzi ümumi şərtlərin ödənilməsi halda bu proseslərin çoxmərhələli optimallaşdırma üsulu təklif edilmiş və göstərilmişdir ki, optimallaşdırmanın birinci mərhələsində qeyd edilmiş  $t_0$  anına aid olmaqla xətti proqramlaşdırma məsələsi həll edilir; ikinci mərhələdə isə, bu proseslərin xüsusi kriteriləri əsasında qeyd edilmiş qarşılıqlı əlaqə olduğu halda, yeni tərtib edilən inteqral kvadratik funksionalın deyilən intervalda ekstremuma çatması məsələsi həll olunur.

8. Buludların bir dalğa uzunluqlu və çox dalğa uzunluqlu peyk ölçmələrinə təsirinin azaldılması üçün informasiya metodu təklif edilmiş, buludların optik qalınlığının və bulud damcıları radiusunun dəyişkənliyi ilə əlaqədar olan qeyri-müəyyənlikdən yaranan informasiya miqdarı göstəricilərinin xətti cəminin çəki əmsallarının optimal seçilməsi məsələsi həll olunmuş, aparılan spektral ölçmələrdə dalğa uzunluğu zonalarının seçilməsi üzrə praktiki tövsiyələr verilmişdir.

## **Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı nəşr edilmiş elmi işlərdə əks etdirilmişdir:**

1. X.G. Асадов, Ш.Н. Зейналова. Метод многокритериально-вариационной оптимизации озонметрических измерений в прибрежных зонах / Высник. Національного технічного університету. XIII Серія:Механіко-технологічні системи та комплекси. Харків, 2016, №7, с. 57-60.

<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/27375>

2. Н.Н. Əsədov, Ş.N. Zeynalova. Ozonometrik ölçmə kompleksinin layihələndirilməsində çoxkriteriyalı variasiya optimallaşdırma metodu / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Bakı, 2017, №1(20), s. 32-36.

3. Ш.Н. Зейналова. Комплекс интегрального измерения общего содержания озона в атмосфере / “Актуальные проблемы экологии и охраны труда”. Сборник статей IX международной научно-практической конференции. Курск, 2017, с. 99-106.

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30091975>

4. X.G. Асадов, Ш.Н. Зейналова. Вопросы построения комплекса интегрального измерения общего содержания озона в атмосфере / Известия Тульского Государственного Университета. Науки о земле. Г. Тула, 2017, №2, с. 18-26.

<https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-postroeniya-kompleksa-integralnogo-izmereniya-obschego-soderzhaniya-ozona-v-atmosfere/viewer>

5. Н.Н. Əsədov, Ş.N. Zeynalova. Atmosferdə ozonun ümumi miqdarının və aerazolun ölçülməsinin zamana görə inteqrə edilmiş üsulları / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Bakı, 2017, №3(20), s. 56-61.

6. А.Ə. Şirin-zadə. Н.Н. Əsədov, Ş.N. Cahizadə. Hiperspektral verilənlərin təhlilində törəmə spektral xarakteristikaların tətbiqi üçün inteqral çevirmə metodu / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri. Bakı, 2017, №4(20), s. 50-53.

7. X.G. Асадов, К.Х. Исмаилов, Ш.Н. Джахидзаде. Метод интегрального преобразования для применения производных

спектральной характеристики в анализе гиперспектральных данных / Измерение, Мониторинг, Управление, Контроль. Москва, 2017, №4(22), с.55-59. <https://doi.org/10.21685/2307-5538-2017-4-8>

8. Ş.N. Zeynalova, V.X. Mahmudova. Atmosferdə ozonun ümumi miqdarının inteqral ölçmə kompleksinin optimal qurulması məsələləri. Azərbaycan Texniki Universiteti / “Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransı”. Bakı, 2017, II hissə, s. 219-223.

9. X.Г. Асадов, Ш.Н. Джахидзаде, М.И. Керимова. Метод дискретно-вариационной оптимизации систем дистанционного зондирования / Информационные технологии, Москва, 2018, Том 24, №3, с.160-164.

[http://novtex.ru/IT/it2018/number\\_03\\_annot.html#4](http://novtex.ru/IT/it2018/number_03_annot.html#4)

10. Ş.N. Cahidzadə. Qarşılıqlı-invers spektral xarakteristikalara malik olan maddələrin göstəricilərinin birgə ölçülmə nəticəsinin həqiqiliyinin artırılması metodu / Azərbaycan Texniki Universiteti. “Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransı”. Bakı, 2018, I hissə, s. 36-38.

11. X.Г. Асадов, Ш.Н. Джахидзаде, Р.Н. Абдулов. Метод многоступенчатой оптимизации сложных систем, характеризуемых множеством многокритериально оптимизируемых процессов / Автоматизация Современные Технологии, Том 72, Москва, 2018, №11, с. 489-491.

<https://elibrary.ru/item.asp?id=36349900>

12. Ш.Н. Джахидзаде. Метод повышения достоверности совокупных измерений показателей веществ, характеризующихся взаимно-инверсными спектральными характеристиками / Актуальные проблемы экологии и охраны труда. Сборник статей «X международной научно-практической конференции», Курск, 2018, с. 135-141.

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35623755>

13. H.H. Əsədov, Ş.N. Cahidzadə. Məsafədən zondlama sistemlərinin informasiya göstəricilərinin variasiya optimallaşdırma metodu / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Bakı, 2018, №3(21), s. 44-49.

14. H.H. Əsədov, Ş.N. Cahidzadə. Atmosfer aerozolunun yəüstü günəş-fotometrik ölçmələrinin informativliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Bakı, 2019, №1(22), s. 32-37.

15. H.H. Əsədov, Ş.N. Cahidzadə. Çoxdalğalı peyk ölçmələrinin aparılmasında buludların təsirinin azaldılması üçün informasiya metodu / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Bakı, 2019, №3(22), s. 15-20.

16. X.Г. Асадов, Ш.Н. Джахидзаде. Комплексные многодиапазонные совокупные спектральные измерения объектов окружающей среды: оптимизация и синтез процедур измерений / Радио. Промышленность, Москва, 2019, Том 29, № 4, с. 18-24. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41490155>

17. X.Г. Асадов, Ш.Н. Джахидзаде, К.С. Зубарева, А.Н. Барков. Оптимизация комплексных многодиапазонных совокупных спектральных измерений объектов окружающей среды / Актуальные проблемы экологии и охраны труда. Сборник статей «IX международной научно-практической конференции», Курск, 2019, с. 31-37. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41135635>

18. Ш.Н. Джахидзаде, С.С. Скулкова. Метод компенсации эффекта насыщения, нормализованного дифференциального вегетационного индекса в дистанционном зондировании / Актуальные проблемы экологии и охраны труда. Сборник статей «IX международной научно-практической конференции», Курск, 2019, с. 106-112. <https://doi.org/10.21684/2411-7927-2019-5-1-20-28>

19. Ш.Н. Джахидзаде. Метод повышения информативности солнечно-фотометрических измерений / Информация. Космос

Научно-технический журнал. 2019, №1, с.111-117.  
<http://www.infokosmo.ru/ru/journal/874/>

20. H.H. Əsədov, Ş.N. Cahidzadə, V.X. Mahmudova. Günəş fotometrlərinin kalibrasiyası üçün kvazisinxron metodların işlənilməsi / Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri. Bakı, 2020, №2(23), s. 62-67.

21. Ш.Н. Джахидзаде, Г.В.Алиева, А.Е.Семенова, Ф.В.Цуркан. Метод экстремальных мультикритериальных оценок для слияния изображений различных бортовых изображающих систем дистанционного зондирования / Актуальные проблемы экологии и охраны труда, Сборник статей XI международной научно-практической конференции, Курск 2022, с. 81-87.  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=49502055>

Dissertasiyanın müdafiəsi « 15 » mart 2024-cü il tarixində saat 14<sup>00</sup>- da Elm və Təhsil Nazirliyinin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.20 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 1141, Azərbaycan Respublikası, Bakı şəhəri, Bəxtiyar Vahabzadə küçəsi, 68.

Dissertasiya ilə Elm və Təhsil Nazirliyinin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və aftoreferatın elektron versiyaları Elm və Təhsil Nazirliyinin İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Aftoreferat « 15 » fevral 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.



Çapa imzalanıb: 09.02.2024  
Kağızın formatı: (210x148)  
Həcmi: 40465 işarə  
Tiraj 100