

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

TƏBİİ OBYEKTŁƏRİN TƏDQIQINDƏ MAYE-KRİSTAL SÜZGƏCLİ ÇOXSPEKTRAL ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

İxtisas: 3337.01 – İnformasiya-ölçmə və idarəetmə sistemləri (sahələr üzrə)

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Günel Vaqif qızı Əliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

SUMQAYIT – 2021

Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutunun "Məsafədən zondlamanın optik-elektron cihazları" şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor
Fəxrəddin Güləli oğlu Ağayev

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov
texnika elmləri doktoru, professor
Rəhim Qurban oğlu Məmmədov
texnika elmləri doktoru, professor
Hikmət Həmid oğlu Əsədov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD2.25 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

texnika elmləri doktoru,
professor

Aqil Həmid oğlu Hüseynov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika elmləri üzrə fəlsəfə
doktoru, dosent

Turqay Kilim oğlu Hüseynov

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru,
professor

Əli Həsən oğlu Nağıyev

İŞİN ÜMUMİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Hal - hazırda ətraf mühitə nəzarət üçün hiperspektral və multispektral ölçmə metodlarından geniş istifadə olunur. Təbii ehtiyatların monitorinq zamanı spektral və məkan parametrləri əsas göstəricilər olmaqla, müvafiq ölçmə metodlarının optimal qaydada birgə istifadə edilməsi məsələsini qarşıya qoyur. Müvafiq üsulların birgə istifadə edilməsi sayəsində, bir çox geofiziki məsələlər həll edilmiş, xalq təsərrüfatının bir çox sahələrində qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi mümkün olmuşdur. Bu məsələlərin həllində təsvir yaradan qurğuların xüsusi rolu qeyd edilməlidir. Təsvir yaradıb ötürən qurğular nisbətən uzun inkişaf yolu keçmiş, keçən əsrin əvvəllərindəki elektron – şüa borularından tutmuş hazırkı yük əlaqəli, yüksək informativ cihazlarda öz əksini tapmışlar. Bu cihazlar müasir, hiperspektrometrlərin əsasını təşkil edir və müxtəlif quruluşlu spektral ayırdetmə vasitələri ilə birlikdə “ təsvirlər kubu” adlanan hiperspektral informasiya məkanını formalaşdırmağa imkan verir. Təsvirlər kubunda cəmləşmiş spektrlər toplusu ətraf mühit obyektlərinin öyrənilməsi üçün vacib informasiya mənbəyi olmaqla bu obyektlərin müxtəlif siqnaturlar əsasında identifikasiyasını və təsnifatını yerinə yetirməyə imkan verir. Təsvir yaradan qurğularda istifadə edilən çoxelementli fotoçeviricilər ikiölçülü matris quruluşuna malik olmaqla hiperspektral analizin yerinə yetirilməsi üçün monoxromotorla tamamlanmalıdırlar. Optik dalğa uzunluqlarının seçilməsi məsələsi difraksiya qəfəsi, interferensiya süzgəci ilə bərabər maye-kristal əsaslı elektron idarə edilən qurğular vasitəsilə də həll edilə bilər. Maye-kristal süzgəclərin son zamanlar aşkar edilmiş elektron idarə olunma xassəsi keyfiyyətə yeni olan multispektral və hiperspektral qurğuların yaradılmasına imkan verir. Dalğa uzunluğuna görə tənzimlənən maye-kristal süzgəclər ətraf mühitə ekoloji nəzarət məsələlərində geniş istifadə edilə bilərlər və bu cür nəzarətin effektivliyini xeyli yüksəltmək potensialına malikdirlər. Bu cür qurğularda idarə konturunda sərf edilən elektrik enerjisi çox kiçik olmaqla, dalğa uzunluqlarının geniş diapazonda seçilməsini təmin edir və bir nəticə olaraq yüksək keyfiyyətli hiperspektral təsvirlərin formalaşmasına imkanı yaradır.

Maye-kristal süzğəclər öz konstruktiv sadəliyinə görə yüksək etibarlılığı ilə fərqlənirlər. Son zamanlar maye - kristal süzğəclərin istehsal texnologiyası xeyli təkmilləşdirilmiş, bir sıra texnoloji parametrlərin, o cümlədən qoşulub-açılma müddətini əks etdirən tez işləmə göstəricisinin yüksəldilməsi əldə edilmişdir. Maye-kristal süzğəclərin cəld işləməsi göstəricisinin yüksəldilməsi bu əsasda qurulan təsvir formalaşdırıcı qurğuların yüksək dinamiki səhnələrin tədqiqində istifadə edilməsi üçün geniş imkanlar yaratmışdır. Maye-kristal süzğəclər bir sıra digər üstünlüklərə də malikdirlər ki, bunlara optik siqnalın az zəifləməsini, böyük müşahidə bucağına malik olmasını, aperturasının genişliyini misal göstərmək olar. Bütün bunlar maye-kristal süzğəclərin müxtəlif təyinatlı təsvir formalaşdırıcı optik - elektron sistemlərdə tətbiqi potensialının olduqca geniş olduğunu göstərir və bu qurğuların daha da effektiv istifadə imkanlarının tədqiqini aktual bir məsələ kimi qarşıya qoyur. Deyilən məsələnin həllində müxtəlif optimal iş rejimlərinin araşdırılması və praktikada tətbiqi vacib əhəmiyyət kəsb edir. Müxtəlif tipli ətraf mühit obyektlərinin, o cümlədən, su mühitində, bitki aləmində və atmosferdə mövcud olan obyektlərin hərtərəfli tədqiqi üçün nəzərdə tutulmuş multi və hiperspektral qurğularda geniş tətbiq olunma potensialına malik olması müasir maye-kristal süzğəclərin deyilən sistemlərdə istifadə edilməsinin elmi-metodik əsaslarının işlənilməsinə həsr edilmiş dissertasiya mövzusunun yüksək aktuallığını və elmi əhəmiyyətini göstərir.

Maye-kristal süzğəclər elektron idarə edilə bilmə qabiliyyəti, daha geniş aperturası və daha informativ təsvir yaratmaq kimi üstünlükləri ilə analoji təyinatlı qurğulardan üstüdürlər. Maye - kristal süzğəclər rəngli təsvirlərin alternativ formalaşdırma texnologiyası olan RGB tipli qurğularda da müvəffəqiyyətlə tətbiq edilə bilirlər. Bu qurğular əsasında difraksiya təhrifləri kiçik olan təsvirlər almaq mümkündür ki, bu da spektral ayırma qabiliyyətinin kifayət qədər yüksək olması sayəsində əldə oluna bilər. Bu qurğularda giriş aperturasının faktiki ölçüsü 35 mm-ə çatır, görmə bucağı isə kifayət qədər genişdir. Belə ki, girişə verilən optik şüalar normala nəzərən 7^0 -dən böyük bucaqla fotoqəbulədiçiyə ötürülür. Maye-kristal süzğəclərin tətbiq sahəsi olduqca genişdir.

Bu qurğular yüksək texniki istismar göstəricilərinə malik olduqları üçün müxtəlif hərbi və dinc təyinatlı informasiya – ölçmə sistemlərində geniş istifadə edilir. Bu qurğuların yüksək etibarlılığı onların termal, su buxarı, zərərli optik radiasiya və zərbə təsirlərinə qarşı yüksək davamlılığı ilə izah olunur. Müasir hiperspektral sistemlərin konstruksiyasının sadələşdirilməsində maye-kristal süzğəclərin elektron idarə edilə bilmə xüsusiyyəti yeni texnoloji həll kimi geniş imkanlar açır. Bir nəticə olaraq, ətraf mühit obyektlərinin ekoloji monitorinqi, onların identifikasiyası və təsnifatı məsələlərinin daha effektiv tərzdə həll edilməsi mümkünlüyü reallaşır. Bu imkanların daha effektiv və səmərəli istifadə edilməsi yollarının tədqiqi yerinə yetirilmiş dissertasiya tədqiqatlarının əsasını təşkil edir və dissertasiya işində alınmış nəticələr müxtəlif təyinatlı təsvir yaradan optik-elektron qurğuların informativliyinin artırılmasına xidmət edir.

Dəniz, atmosfer və bitki örtüyünün müxtəlif komponentlərinin məsafədən tədqiqi və ümumən, ətraf mühit üzərində monitorinqini reallaşdıran müxtəlif təyinatlı optik-elektron informasiya–ölçmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi məqsədilə dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş və həll edilmiş məsələlər, ölçmə üsul və metodlarının modellərinin yaradılması, optimal üsulların sintezi, dəqiqlik və informativliyin artırılmasına xidmət edən elmi-texniki metodikaların işlənməsi yolu ilə həyata keçirilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri:

Atmosfer, su və bitki mühitinin ekoloji monitorinqi üçün maye-kristal süzğəclərin monoxromator kimi istifadə edildiyi yüksək informativ multispektral informasiya-ölçmə sistemlərinin yaradılmasının elmi-metodiki əsaslarının işlənməsidir.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll olunmuşdur:

- Fotometrin girişində yerləşdirilmiş maye- kristal süzğəclərin həssaslığa təsir edən əsas amillərin analizi və günəş fotometrinin həssaslığının təcrübi xüsusiyyətlərinin dalğa uzunluqlarına görə tədqiqi.

- Radiasiyanın su buxarı və O₂ tərəfindən kontinual udulması baş verən dar zolaqlı 685-705 nm dalğa uzunluğu diapazonunda və aerosolun nəmlənməsi, həmçinin quruması kimi hadisələrin təsir

göstərə biləcəyi 400-700 nm geniş spektral diapazonda üç dalğa uzunluğunda spektral ölçmə dəqiqliyinin artırılması imkanlarının tədqiqi.

- Dəniz suyunun rənginin təyini zamanı təhriflərin yaranmasında küləyin sürətinin qeyri-stabilliyi səbəbindən su səthinin dalğalanması faktorunun rolunun tədqiqi. Dəniz suyunun rəng komponentlərinə küləyin sürətinin qeyri-stabilliyinin təhrifedici təsirini aradan qaldırmağa imkan verən adaptiv ölçmə metodunun işlənilməsi.

- Dəniz hövzəsində bir neçə nöqtədə suyun rənginin ölçülməsinin informasiya baxımından optimallaşdırılması məsələsinin formalaşdırılması və həlli. Müxtəlif dalğa uzunluqlarında aparılan ölçmələrin sayı ilə dalğa uzunluğu arasındakı optimal asılılığın müəyyənəndirilməsi.

- Bitki sahələrində fotometrik ölçmələr aparılan mühitdə havanın rütubətliyinin variasiyaları nəticəsində aerzolun nəmlənməsi və quruması hadisələrinin təsiri ilə bitkilərin sululuq indeksinin müəyyənəndirilməsində yaranan xətanın tədqiqi.

- Rəng siqnallarının korrelyasiya hesablayıcısının optimallaşdırılması üçün tətbiq edilən məqsəd funksionalının formalaşdırılması məqsədilə atmosfer aerzolunun optik qalınlığının ümumi modelinin işlənilməsi, xarici atmosfer faktorları nəzərə alınmaqla optimal rejimin sintezi.

- Bortdan yerinə yetirilən maili skanerləmə əməliyyatında maili sətrin müddətinin maillik bucağından asılı olaraq dəyişməsi rejimini təşkil etməklə, maye-kristal süzgeclərin amplitud-spektral buraxma xarakteristikalarının müvafiq qolundan istifadə etməklə, meşə örtüyü strukturunun maili skanerlənməsi sisteminin optimallaşdırılması imkanının tədqiqi.

-Bort-ölçmə vasitələrindən istifadə etməklə FAO-56 ekoloji modelinin göstəricilərinin kalibrasiya metodikasının təkmilləşdirilməsi, yarpaq indeksi (LAI) və normalaşmış diferensial vegetasiya indeksi (NDVI) arasında empirik əmsalın dəqiq müəyyənəndirilməsi imkanının təhlili.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlərin həllində optik atmosfer ölçmələri, optimal proseslər və

informasiya nəzəriyyələrindən, həmçinin riyazi analizin elementlərindən istifadə edilmişdir. Alınmış nəzəri müddələrin və təkliflərin təsdiq edilməsi məqsədi ilə təcrübi nəticələr nəzərə alınmaqla model hesablamaların aparılmasına geniş yer verilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Fotometrlərdə quraşdırılmış maye-kristal süzğəclərin həssaslığına təsir edən əsas amillərin analizi nəticələrinin sistemli təqdimatı, süzğəclərin həssaslığının dalğa uzunluğunun işıq diapazonunda tipik maksimuma malik olmasının və bu xüsusiyyətin günəş-fotometrik ölçmə rejimi parametrlərinin seçilməsi zamanı nəzərə alınmasının zəruriliyinin əsaslandırılması

2. 685-705 nm dar spektral diapazonda O₂-nin və su buxarının kontinual udulmasının mənfi təsirini aradan qaldırılmaqla, üçdalğalı bort spektral ölçmələrinin dəqiqliyinin artırılmasına dair məsələ və onun həlli. Su buxarının və atmosfer aerosolunun nəmlənməsi və qurumasının mənfi təsirini aradan qaldırmaqla, 400-700 nm geniş spektral diapazonda üçdalğalı bort spektral ölçmələrinin dəqiqliyinin artırılması məsələsinin həlli nəticələri.

3. Dəniz səthinin küləyin sürətinin dəyişkənliyinə görə müxtəlif dərəcədə həyəcanlanmasının dəniz suyunun rənginin ölçmə nəticələrinin xətasına səbəb ola biləcəyi barədə müddəa. Dəniz suyunun rəng komponentlərinin ölçülməsi üçün küləyin sürətinin dəyişkənliyinin təsirini aradan qaldırmağa imkan verən adaptiv ölçmə metodu.

4. Dəniz ərazisinin bir neçə nöqtəsində suyun rənginin ölçmə məlumatlarının informativliyinin optimallaşdırılmasına dair təklif edilmiş məsələ və onun həlli. Optimal rejimdə dalğa uzunluğu və ölçmələrin sayı kimi göstəricilərin əks asılılığa malik olması, yəni qısa dalğalarda çox, uzun dalğalarda isə az miqdarda ölçmələrin aparılması zəruriliyinin aşkarlanması.

5. Bitki sahəsinin fotometrik ölçmələri aparıldığı zaman bitkilərin sululuq indeksinin real qiymətinin ikipolyarlı xətalara malik ola bilməsi və bunun havanın rütubətliyinin variasiyalarına görə aerosolun nəmlənməsi və quruması nəticəsində baş verə bilməsinin nəzəri əsasları.

6. Rəng siqnallarının korrelyasiya tipli hesablayıcısının iş rejimini optimallaşdırmaq üçün istifadə edilən məqsəd funksionalının formalaşdırılması üçün nəzərdə tutulan və atmosfer aerozolunun optik qalınlığını xarakterizə edən ümumiləşdirilmiş riyazi model. Xarici atmosfer amilləri nəzərə alınmaqla korrelyasiya hesablayıcısının sintez edilmiş optimal rejimi.

7. Meşə zolağının strukturunun bortdan maili çəkilişi zamanı skanlayıcının kadrında trapesiya tipli təhriflərin yarana bilməsi və sətir müddətlərinin mailik bucağından asılı olaraq adaptiv idarə rejimində spektral ölçmələrin optimallaşdırıla bilməsi barədə müddəa. Kadr ərzində süzgəcin buraxma zolağının zamana görə kəsilməz dəyişmə rejimi təşkil edildikdə, maye-kristal süzgəclərin amplitud-spektral xarakteristikalarının müvafiq qolundan istifadə etməklə meşə örtüyü strukturunun maili skanlaşdırma sisteminin informasiya kriteriyası əsasında optimallaşdırılması üsulu.

8. Spektral bort-ölçmə vasitələrindən istifadə etməklə FAO-56 ekoloji modelinin göstəricilərinin kalibrasiyasının təkmilləşdirilmiş metodikası. İşlənmiş metodikada NDVI-nin minimal qiymətini təyin etmək zərurəti olmadığından, zəruri hesablamaların ümumi həcmnin azalması, LAI və NDVI indeksləri arasındakı əlaqəni təyin edən empirik əmsalın qiymətinin dəqiq müəyyənləşdirilməsinin mümkünlüyü haqqında təklif.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. Maye-kristal süzgəclərin yerləşdirildiyi fotometrərin həssaslığına təsir göstərən əsas faktorlar analiz edilərək günəş fotometrərinin həssaslığının dalğa uzunluqlarının işçi diapazonunda tipik maksimuma malik olması göstərilmiş və bunun günəş fotometrik ölçmələrin rejim parametrlərinin seçilməsi zamanı nəzərə alınması təklif edilmişdir;

2. Su buxarının və O_2 -nin kontinual udulmasının mənfi təsir göstərdiyi 685-705 nm dar spektral diapazonda üçdalğalı spektral ölçmələrin aparılması məsələsi və atmosfer aerozolunun rütubətliyi və qeyri-rütubətliyi sayəsində mənfi təsirə malik 400-700 nm geniş spektral diapazonda dəqiqliyinin artırılması məsələsi formalaşdırılaraq həll edilmişdir;

3. Küləyin sürətinin dəyişkənliyindən asılı olaraq dəniz səthinin həyəcanlanmasının müxtəlif dərəcəli faktorunun nəzərə alınmaması səbəbindən dəniz suyu rənginin təyində xətalara yaranması müəyyənləşdirilmiş və bu xətalara aradan qaldıra bilən adaptiv metod təklif olunmuşdur;

4. Dəniz suyunun rənginin təyini üçün dəniz ərazisinin bir neçə nöqtəsində ölçmələrin aparılmasının informativ optimallaşdırılması məsələsi formalaşdırılaraq həll edilmiş, optimal rejimdə dalğa uzunluğu və ölçmələrin sayı kimi göstərilicilərin bir-birindən əks asılı olması, yəni qısa dalğalarda daha çox, uzun dalğalarda isə əksinə az sayda ölçmələrin aparılması zəruriliyi müəyyənləşdirilmişdir;

5. Havanın rütubətliyinin dəyişkənliyinə görə aerolun nəmlənməsi və quruması səbəbindən bitki sahələrində fotometrik ölçmələr əsasında bitkilərin sululuq indeksinin hesablanmış real qiymətinin ikipolyarlı xətalara malik olması göstərilmişdir;

6. Rəng siqnallarının korrelyasiya tipli hesablayıcısının iş rejiminin optimallaşdırılmasının məqsəd funksionalının formalaşdırılması üçün atmosfer aerolunun optik qalınlığının ümumiləşdirilmiş modeli təklif edilmişdir. Kolorimetrik baxılan modelinin optimallaşdırılması nəticəsində xarici atmosfer faktorlarının nəzərə alınması ilə korrelyasiya hesablamalarının aparılmasının optimal rejimi sintez edilmişdir;

7. Meşə massivləri strukturlarının bortdan maili çəkiliş zamanı kadrın skanlaşdırılmasında trapesional yanlılığın yaranmasının mümkünlüyünü və nəticədə sətir müddətlərinin meyl bucağından asılı olaraq dəyişməsi şərti daxilində hiperspektral ölçmələrin aparılması zəruri olduqda sistemin işinin informativliyinin azalmasına gətirib çıxara bildiyini nəzərə almaqla maili skanlaşdırma sisteminin informasiya kriteriyası üzrə maye-kristal süzgeclərin amplitud-spektral xarakteristikasının artan əyrisindən istifadə etməklə, kadr ərzində süzgecin buraxma zonasının zamana görə dəyişmə rejiminin təşkilinin optimallaşdırılmasının mümkünlüyü göstərilmişdir;

8. Bort-ölçmə vasitələrindən istifadə etməklə FAO-56 ekoloji modelinin göstəricilərinin kalibrlənməsinin təkmilləşdirilmiş metodikası təklif olunmuş və bu metodikada NDVI-nin minimal

qiymətini təyin etmək zərurəti olmadığından, aparılmalı olan zəruri hesablamaların ümumi həcmnin azaldığı, LAI və NDVI indeksləri arasında əlaqəni müəyyənləşdirən empirik əmsalın dəqiq qiymətinin təyin edilməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

1. Çoxfunksional maye-kristal süzgeçlərin müxtəlif təyinatlı informasiya-ölçmə sistemlərində tətbiqi bu sistemlərin spektral kanalların formalaşdırma qovşaqlarını həm funksional, həm də konstruktiv olaraq sadələşdirməyə imkan verir ki, bu da belə sistemlərin effektivliyini və etibarlılığını artırır;

2. Dəniz mühitinin komponentlərinin, onun suyunun rənginin və çirklənmə dərəcəsinin tədqiqi üzrə təklif edilmiş metod və texniki işləmələr su mühitinin ekoloji monitorinqinin effektivliyini artırmağa, dənizin ekoloji vəziyyətinin sağlamlaşdırılması üzrə tövsiyyə və tədbirlərin işlənilməsinə imkan verir;

3. Bortdan yerinə yetirilən çoxspektral ölçmələr vasitəsilə müxtəlif yerüstü obyektlərin tədqiqi zamanı ayrı-ayrı atmosfer komponentlərinin mənfi təsirinin nəzərə alınması üzrə təklif edilmiş üsul və metodikalar Yer səthinin ekoloji monitorinqinin nəticələrinin doğruluğunu və səhihliyini artırır, ekoloji remediasiya üzrə fəaliyyətin əsas istiqamətlərini düzgün müəyyənləşdirmək üçün imkanlar yaradır;

4. Bitki aləminin sağlamlıq vəziyyətinin kolorimetrik üsullarla, o cümlədən RGB metodu ilə tədqiqinə dair verilmiş tövsiyyə və təkmilləşdirmələr yaşıllıq sahələrinin ekoloji vəziyyətinin düzgün qiymətləndirilməsində, kənd təsərrüfatı bitkiçiliyinin effektivliyinin yüksəldilməsində və ümumilikdə canlı bitki aləminin qorunmasında xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Aprobasiyası və tətbiqi:

Dissertasiya işinin əsas nəticələri Milli Aerokosmik Agentliyinin Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutunun Elmi-Texniki Şurasının iclaslarında, həmçinin aşağıdakı elmi-praktiki konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirələr aparılmışdır:

-IX международная научно-практическая конференция «Аграрная наука Сельскому хозяйству», Барнаул, 2014,

-VII заочная международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и охраны труда» Курск, 2015;

- V международная межвузовская научно-практическая конференция. Великие Луки, 2015;

- X международная научно-практическая конференция «Аграрная наука сельскому хозяйству», Барнаул 2015.

Dissertasiya işinin nəticələri “Üfük” İB-nin “Radioquraşdırma” zavodunun sifarişi ilə Elmi Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmiş təcrübi konstruktor işində tətbiq edilmişdir.

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə müxtəlif nəşrlərdə 20 elmi məqalə və konfrans materialları dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:

Dissertasiya işinin əsas nəticələri Milli Aerokosmik Agentliyinin Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutunun “Məsafədən zondlamanın optik – elektron cihazları” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın həcmi, quruluşu və əsas məzmunu:

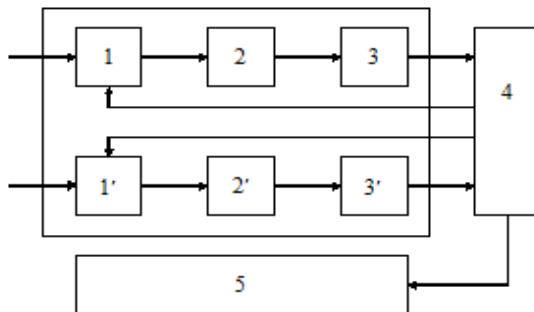
Dissertasiya işi giriş, 4 fəsildən, nəticədən, 123 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir və 31 şəkil, 5 cədvəldən və ümumilikdə isə dissertasiya işi 223895 işarədən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, həll edilən məsələlər, elmi yeniliklər, işin praktiki əhəmiyyəti və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar göstərilmişdir.

Birinci fəsildə maye-kristal süzgəcli çoxspektral məsafədən zondlama sistemlərinin işlənilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmiş, belə bazada yaranan hiperspektral günəş fotometrliyinin həssaslığı tədqiq edilmişdir. Maye-kristal süzgəcli hiperspektral günəş fotometrinin funksional sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.

Göstərilmişdir ki, maye-kristal süzgəcli günəş fotometri dalğa uzunluğunun işçi diapozonunda tipik maksimuma malikdir.



Şəkil 1. Hiperspektral günəş fotometrinin funksional sxemi: 1, 1' – maye-kristal süzəclər, 2, 2' – ilkin gücləndiricilər, 3, 3' – fotoqəbuledicilər, 4 – dayaq-dönmə qurğusu, 5 – idarə olunan hesablama prosessoru

Bu xüsusiyyətlərin Günəş fotometrik ölçmə rejimi parametrlərinin seçilməsi zamanı nəzərə alınmasının zəruriliyi əsaslandırılmışdır.

Qeyd edilmişdir ki, maye-kristal süzəclərin tətbiqi yüksək effektivlikli RGB tipli kolorimetrik bort ölçmə sistemlərini yaratmağa imkan verir. Göstərilmişdir ki, aralıq çevirmə metodundan istifadə etməklə aerosolun nəmlənmə effektivliyini təsirinə aradan qaldırmaq və həmçinin, yer səthində olan obyektin yaxın infraqırmızı oblastda şüalandırdığı radiasiyanın intensivliyini üç dalğa uzunluğunda ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) hesablamaq mümkündür. Həmçinin, 685-715 nm dalğa uzunluğunda mövcud olan su buxarının udma zolağının yaxın infraqırmızı zonada yerinə yetirilən spektral ölçmənin dəqiqliyinə təsirinə aradan qaldırılması məsələsinə baxılmışdır.

Riyazi olaraq göstərilmişdir ki, su buxarlarının və O_2 -nin göstərilən dalğa uzunluğu diapozonunda spektral optik qalınlığı xətti funksiya ilə approksimasiya edilərsə, aralıq çevirmə metodunun müəyyən variasiyalarından istifadə etməklə aerosolun nəmlənməsinin və O_2 -nin təsiri aradan qaldırılıla bilər.

Həmin fəsilə həmçinin qrup halında uçuşu həyata keçirən pilotsuz uçan aparatlar (PUA-lar) vasitəsilə yerinə yetirilən spektral

ölçmə əməliyyatında maksimal informativliyin əldə edilməsi məsələsi tədqiq edilmişdir. Müxtəlif məhdudiyət şərtləri ilə xarakterizə edilən iki optimallaşdırma məsələsi formulə edilmiş və həll edilmişdir. Bu optimallaşdırma məsələlərinin həlli maye-kristal süzgəcin giriş siqnalının qiymətinin trassanı keçmə müddətindən asılılıq funksiyası olan $I_{\lambda}(t)$ -nin optimal ifadəsini tapmağa imkan vermişdir.

Birinci fəslin sonunda opto-elektron süzgəclərlə birgə iş zamanı yük əlaqəli cihazlar bazasında yaradılan fotoqəbuledicilərin kalibrəndirilməsi məsələləri təhlil edilmişdir.

İkinci fəsil dəniz mühitinin hidrofiziki parametrlərinin çoxspektral ölçmə metodlarının təkmilləşdirilməsi məsələlərinə həsr edilmişdir. Fəslin birinci bölməsində sahil sularında xlorofilin konsentrasiyasının hiperspektral üsulla ölçülməsi məsələsinə baxılır.

Qeyd edilmişdir ki, məlum Sea WiFS qurğusunda ölçmələrin dəqiqliyinə 400-600 nm dalğa uzunluğu diapazonunda su mühitinin spektral şəffaflığa malik olması mane olur. Bir nəticə olaraq Sea WiFS qurğusunun 500-600 nm dalğa uzunluğunda ölçmə nəticələrini dəqiq və düzgün olduğunu demək mümkün deyil. Xlorofilin ölçülməsi üçün aditiv-parametrik-ekstremal metodu təklif edilmişdir. Bu metoda görə 412 və 443 nm dalğa uzunluqlarında siqnalın xlorofilin konsentrasiyasından $f_1(x)$ asılılığı

$$f_1(x) = 10^{(-a_1 - b_1 \cdot \ln x)}$$

kimi, 555-565 nm dalğa uzunluğunda $f_2(x)$ isə

$$f_2(x) = 10^{(-a_2 + b_2 \cdot \ln x)}$$

kimi müəyyənləşir.

Göstərilmişdir ki, $k_1 f_1(x) \cdot f_2(x)$ hasili

$$x_{opt} = 2^{-\left(\frac{k_1 a_1 - a_2}{k_1 b_1 + b_2}\right)}$$

olduqda, maksimal qiymət alır (a - dəniz suyunun udulma əmsalı, b - əks səpələnmə əmsalı, k -dalğa uzunluğundan asılı olmayan parametrdir).

Beləliklə, ölçmələrin dəqiqliyini və doğruluğunu yoxlamaq üçün $k_1 f_1(x) \cdot f_2(x)$ hasilinin maksimuma malik olub olmamasını yoxlamaq təklif edilmişdir.

İkinci fəsildə həmçinin dəniz suyunun rənginin RGB kolorimetri vasitəsilə dəqiqliyinin artırılması məsələsinə baxılmışdır. Məlum tədqiqatların nəticəsi göstərmişdir ki, küləyin sürətinin zamana görə dəyişməsi kolorimetrik sistemin çıxışında alınan rəngin dəyişməsinə səbəb olur. Bu təsiri aradan qaldırmaq üçün də R(qırmızı), G(yaşıl), B(göy) rənglərin ayrı-ayrılıqda adaptiv ölçülmə metodu təklif edilir.

Məlum düsturlara əsaslanmaqla göstərilmişdir ki, R,G,B komponentlərindən hər hansı birisinin zamana görə sabitliyi şərti belə yazıla bilər:

$$\frac{L_{sky}(t)_i}{E_d^+(t)_i} [0,026 + 0,0001W(t) + 0,00006W^2(t)] = a$$

Burada $L_{sky}(t)$ - səmanın şüalanması, $E_d(t)$ - günəş radiasiyası, $W(t)$ – küləyin sürəti, $a = \text{const}$ (dəniz səthindən əks olunma əmsəlidir).

R,G,B komponentlərini ölçmək üçün aşağıda göstərilən alqoritm təklif edilmişdir:

1. Küləyin $W(t)$ sürəti ölçülür.

2. R,G,B komponentləri üçün ayrı-ayrılıqda $E_d^+(t)_R$; $E_d^+(t)_G$; $E_d^+(t)_B$ və $L_{sky}(t)_R$; $L_{sky}(t)_G$; $L_{sky}(t)_B$ ölçmələri həyata keçirilir.

3. RGB komponenti üçün a -nın verilmiş qiymətində

$$F(t)_i = -0,83 + \sqrt{0,83^2 + \left[\frac{a \cdot E_d^+(t)_i - 0,026}{L_{sky}(t)_i} - 0,00006 \right]} \quad i = (\overline{R, G, B}) .$$

funksiyasının qiyməti zamana görə fasiləsiz hesablanır.

4. Elə t_i zaman anları təyin edilir ki, həmin anlarda və a -nın müvafiq rəng üçün verilən qiymətlərində $W(t) = F(t)$ bərabərliyi

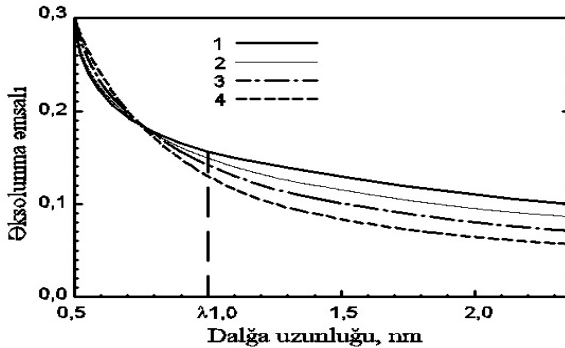
ödənilsin. Əgər bu şərt ödənilmirsə, şərti rəng ölçmə rejiminə keçilir və a -nın qiyməti eyni artım qədər dəyişdirilir ki, R, G və B üçün $W(t) = F(t)$ bərabərliyi şərti ödənilsin. Yəni R, G, B komponentləri elə zaman anında və müvafiq rəngə uyğun olan a -nın elə qiymətində ölçülür ki, $W(t) = F(t)$ bərabərlik şərti R, G, B komponentləri üçün ayrı-ayrılıqda ödənilmiş olsun.

5. Yuxarıda göstərilənləri nəzərə almaqla, R rəng komponenti t_R zaman anında, G rəng komponenti t_G zaman anında, B rəng komponenti isə t_B zaman anında ölçülməlidirlər.

Təklif edilən metod küləyin sürətini ölçən cihazı ölçü kompleksinin ümumi blok-sxeminə əlavə etməyi tələb edir. Dəniz suyunun rənginin adaptiv ölçü kompleksinin ümumi blok-sxemi tərtib edilmişdir.

İkinci fəsildə daha sonra dəniz suyunun rənginin hiperspektral bort ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsinə baxılmışdır. Şəkil 2-də dəniz səthinin atmosfer sərhəddindən əksətmə əmsalının 4 tip aerosol üçün 50% şərti rütubətlik daxilində dalğa uzunluğundan asılılıq qrafikləri verilmişdir.

λ_i dalğa uzunluğunda ölçülərin aparılması zaman əldə oluna biləcək informasiyanın miqdarını müəyyən nöqtələr çoxluğunda qiymətləndirmək üçün yeni metodika təklif edilmişdir.



Şəkil 2. Dörd tip aerosol üçün 50 % nisbi rütubətdə əksətmə əmsalının dalğa uzunluğundan asılılıq ayrılıqları

Optimallaşdırma məsələsinin həlli əsasında belə nəticə alınmışdır ki, optimal rejimdə dalğanın uzunluğu və ölçmələrin miqdar göstəriciləri arasında əks asılılıq mövcuddur, yəni qısa dalğalarda çox, uzun dalğalarda isə daha az miqdarda ölçmələr aparılmalıdır.

İkinci fəslin sonunda monoxromatik ölçü kanallarından istifadə etməklə obyektlərin bort ölçmələrinin optimallaşdırmasının bəzi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

Monoxromatik kameradan istifadə etdikdə təsvir edilən səhnə ilə müşahidəçi arasındakı məsafənin optimal seçim məsələsi, həmçinin hava şəraitdən asılı olaraq monoxromatik kameranın spektral xarakteristikasının optimal korreksiya məsələləri formalaşdırılmış və həll edilmişdir.

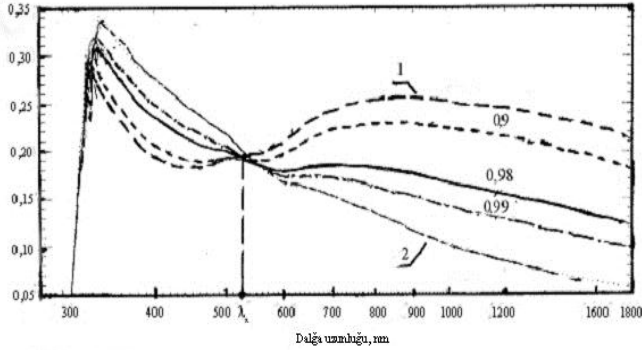
Üçüncü fəsildə multispektral və hiperspektral bort ölçmə sistemlərində atmosferdəki aerosolun rolunun və təsirinin optimal qiymətləndirilməsinə həsr edilmişdir. Məsələnin həlli üçün atmosferin yuxarı sərhəddində əksetmə əmsalı olan $R_{TOA} = f(R)$ funksiyası nəzərdən keçirilmişdir. Optimallaşdırma məsələsinin riyazi həlli göstərmişdir ki, atmosfer aerosolun τ_{aer} optik qalınlığı və həmçinin $k_1 = \frac{\tau_{aer}}{f'_R}$ əmsalı məlum olduqda, R_{TOA} - əksetmə əmsalının

ölçülmə informativliyini maksimuma çatdıran ölçmələrin N sayı $N = k \cdot \frac{\tau_{aer}}{k_1}$ kimi təyin edilir.

Üçüncü fəsildə daha sonra bitkilərin normallaşdırılmış diferensial sululuq indeksinin (NDVI) təyində ölçmələrin dəqiqliyinə aerosolun təsiri tədqiq edilmişdir.

Aparılmış təhlil göstərmişdir ki, bitki sahəsinin bort spektral ölçmələri bitkilərin sululuq indeksinin real qiyməti aerosolun nəmlənməsi və ya quruması səbəbindən havanın rütubətindən asılı olur. Nəzərə alınmalıdır ki, atmosfer aerosolunun nəmlənməsinin təsiri nəticəsində sululuq indeksi həm müsbət, həm də mənfi qiymət ala bilər. Aparılmış təhlil nəticəsində atmosfer aerosolunun təsirinin kompensasiyası üzrə tədbirlərin görülməsinin vacibliyi barədə nəticə əldə edilmişdir.

Həmin fəsilə sahil zonaları üzərində xırda dispers aerosolun tərkib miqdarının atmosferin yuxarı sərhəddindən əks olunmuş radiasiyanın ölçülməsi yolu ilə müəyyənləşdirilməsi metodunun işlənilməsi məsələsinə baxılmışdır.



Şəkil 3. Atmosferin yuxarı sərhəddindən əks edilmiş radiasiyanın aerosolun fraksiya tərkibindən və dalğa uzunluğundan asılılıq ayrılarının model variantı: 1-iri dispers fraksiya, 2-xırda dispers fraksiya (ayrılar üzərində xırda dispers fraksiyanın tərkibinin çəki əmsalları göstərilmişdir).

Göstərilmişdir ki, şəkil 3-də verilmiş spektral ayrılardan optimal hesab ediləni $f'(\lambda) = \frac{C}{(\lambda_{max})^2} - \frac{f_0}{\lambda}$ ifadəsi ilə müəyyənləşir.

Daha sonra optimallaşdırma məsələsinin həlli nəticəsində alınmış düsturdan istifadə edərək müvafiq əyriyə uyğun olan xırda dispers aerosolun tərkib miqdarı müəyyənləşdirilə bilər. $f(\lambda)$ funksiyası λ -dan asılı olaraq artdıqda, əks olunan radiasiyanın ölçmə nəticələrinin informativliyinin maksimum olduğu göstərilmişdir.

Üçüncü fəslin sonunda texnoloji nəzarəti yerinə yetirən kolorimetrik ölçmə qurğusunun siqnalının optimal emalı üçün atmosfer aerosolunun ümumiləşdirilmiş modelinin işlənilməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Nəmlənmiş aerosolun təsiri şəraitində rəng kanal siqnallarının qarşılıqlı korrelyasiyasının küysüz hesablama qurğusunun sintezi üçün aerosolun optik qalınlığının yeni modeli təklif edilmişdir.

Tədqiqatların əsas məsələsi rəngli kanalların siqnallarının aerözolla küylənməmiş korrelyasiya qiymətlərinin sintezi olduğundan aerosolun optik qalınlığının kombinə olunmuş modeli təklif edilmişdir.

Məsafədən ölçmələr aparən kolorimetrik sistemin rəng kanalları arasında korrelyasiyanın optimal hesablayıcısının sintezi məsələsi formalaşmış və aerosolun təklif edilən modeli əsasında həlli yolları göstərilmişdir.

Dördüncü fəsildə bitkilərin inkişaf göstəricilərinin müəyyənəşdirilməsi üçün bort çoxspektral ölçmə metodlarının tətbiqinə həsr edilmişdir. Fəslin əvvəlində bitkilərin quru çəkisinin hiperspektral üsulla müəyyənəşdirilməsi üçün təklif edilən parametrik metod şərh edilmişdir.

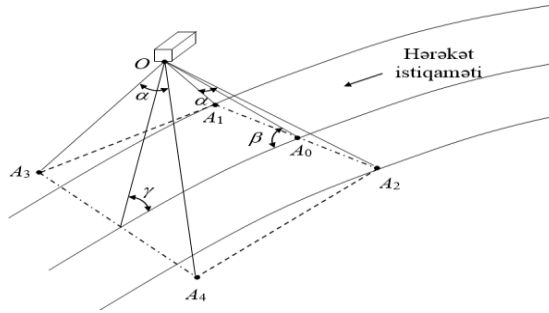
Göstərilmişdir ki, $C_1 \cdot R_{1450} = WI$; $C_1 = const.$ şərti daxilində $C_1 \cdot R_{1450} = WI$ hasili maksimal qiymət alır. Burada WI – su indeksi, R_{1456} - dalğa uzunluğunun 1456 nm qiymətində əksətmə əmsəlidir.

Bitkinin P_d quru çəkisini hesablamaq üçün $P_d = \frac{A_1}{PWC + 1}$ düsturundan istifadə edilmişdir. Burada A_1 - nəm bitkinin qurudulmamışdan əvvəlki çəkisi, PWC isə bitkinin su tərkibidir. Əvvəlcə PWC -nin ölçülməsinin mövcud metodlarına qısaca baxılmış, daha sonra ekstremal xarakterə malik olan və PWC -nin təyini metodunun seçimini konkretləşdirməyə imkan verən vegetasiyanın sululuq dərəcəsinin yeni parametrik indeksi təyin edilmişdir.

Dördüncü fəsildə daha sonra meşə örtüyünün strukturunun müəyyənəşdirilməsi üçün spektrometrik maili bort ölçmə üsulu şərh edilmişdir.

Məlumdur ki, görmə bucağı dəyişdirilən zaman bitki sahələrinin əksətdirmə xarakteristikaları da dəyişir. Buna görə də yüksək informativliyin təmin edilməsi üçün bortdakı spektrometrik tədqiq edilən meşə massivinin müxtəlif bucaq altında skanlaşdırılmasını təmin etməlidir.

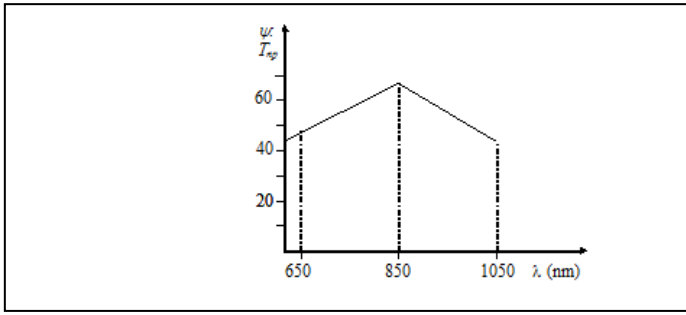
Məlumdur ki, maili məsafədən zondlama zamanı zondlamanın düzbucaqlı kadrının trapesiya şəkilli təhrifləri meydana çıxır. Şəkil 4-dən görüldüyü kimi, $\beta = 90^\circ$ bucağından $\gamma \approx 45^\circ$ bucağına keçid zamanı OA_1A_2 üçbucağının OA_1 və OA_2 tərəfləri OA_3 və OA_4 qiymətinə qədər uzanır. Bu cür həndəsi təhriflər kadr müddəti ərzində zaman keçdikdə siqnal/küy nisbətini azalmasına (OA_1 məsafəsindən OA_3 məsafəsinə keçid nəticəsində) və səth üzərində bir pikselin emalına sərf edilən zaman intervalının sabitliyi şərti daxilində skanerin sətir müddətinin uzanmasına səbəb olur.



Şəkil 4. Çoxbucaqlı (maili) bort ölçmələrinin sxematik təsviri

Göstərilmişdir ki, maili məsafədən zondlamanın planlaşdırıldığı zaman hiperspektrometrlərdə skanedicisinin uzanmış sətirlərə müvafiq olan yüksək skan sürətində, çıxış siqnalının aşağı energetik səviyyəsini nəzərə almaq lazımdır. Siqnal/küy nisbətini məhdudlaşdırılması belə eksperimentlərin informativliyini azalmasına gətirib çıxarır. Bu vəziyyətdən buraxma kanalının çevirmə müddəti 150 ms-ni aşmayan elektron - tənzimlənən maye-kristal optik süzgəclərdən istifadə etməklə çıxmaq olar.

Maye-kristal süzgəclərin approksimasiya edilmiş buraxma amplitud-spektral xarakteristikası şəkil 5-də göstərilmişdir. Həmin qrafikdən görüldüyü kimi, 650-850 nm diapazonda buraxma əmsalı xətti artdığı halda, 850-1050 nm diapazonda xətti azalır.



Şəkil 5. Maye-kristal süzgəcin spektral buraxma əmsalının xətti-diskret approksimasiyası

Tədqiqat məsələsi belə formalaşdırılmışdır: maili bort ölçmələrində deyilən təhriflər nəzərə alınmaqla maksimal miqdarda informasiya əldə etmək məqsədilə {650-850 nm; 850-1050 nm} çoxluğundan optimal spektral diapazonu müəyyən etmək tələb olunur.

Maili bort ölçmələri zamanı yer sahəsinin trapesiya formasında alınmasını nəzərə alaraq, kadrın bütün sətirlərində informasiyanın ümumi sayı aşağıdakı qaydada hesablanıla bilər:

$$M_1 = \int_{T_{min}}^{T_{max}} T \log_2 \psi(\lambda) dT.$$

Burada T - skanedicinin sətir uzunluğu, T_{min}, T_{max} - T -nin minimal və maksimal qiymətləri, $\psi = f(x)$ signal/küy münasibətidir. Optimallaşdırma məsələsini formalaşdırmaq üçün dalğa uzunluğu ilə sətirin uzunluğu arasındakı funksional əlaqənin dəyişikliyinə təyin edən $\lambda = \lambda(T)$ funksiyası nəzərdən keçirilmişdir.

Göstərilmişdir ki, müəyyən məhdudlaşdırıcı şərt daxilində ψ'_λ -nin müsbət qiymətlərində axtarılan optimal $\lambda(T)$ funksiyası T -nin xətti artan funksiyasıdır. Optimal $\lambda(T)$ funksiyası ψ'_λ - mənfi qiymətlərində T -nin xətti azalan funksiyasına çevrilir.

Uyğun olaraq işçi alt diapazon kimi ψ'_λ -nin müsbət qiymət aldığı 650-850 nm diapazon intervalı seçilərsə, λ dalğa

uzunluğunun T zaman müddətində xətti artması şərti ödənildikdə, sistemin optimal iş rejimi təmin olunur. Bort ölçmələrinin belə rejimi müxtəlif dalğa uzunluqlarında meşə massivinin müxtəlif homogen sahələrinin tədqiqini təmin edir ki, nəticədə meşə sahəsinin vegetasiya indekslərinin hesablanmasında maksimal informasiya əldə etmək üçün imkan yaranır.

Bu fəsilə daha sonra FAO-56 ekoloji modelinin göstəricilərinin bort ölçmələri vasitələri ilə kalibrasiya metodikasının təkmilləşdirilməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Məlumdur ki, bitkilərin K_{cb} - ətraf mühitin dinamik dəyişikliklərinə reaksiyası (evapotranspirasiya) əmsalı kimi hesablanır.

$$K_{cb} = 1.07 \left[1 - \left(\frac{NDVI_{\max} - NDVI}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right) \right]^{0.84/a_1}$$

Eyni zamanda $NDVI$ və LAI bitki indeksləri arasında mövcud olan $NDVI = NDVI_{\max} - (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \cdot \exp(\alpha_1 \cdot LAI)$ asılılığından istifadə etməklə göstərilmişdir ki, $NDVI_{\max} - NDVI_{\min}$ fərqi hesablamaq üçün təklif edilən qrafoanalitik metoddan istifadə etmək olar. Bu halda K_{cb} əmsalı aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$K_{cb} = 1.07 \left\{ 1 - \left[\exp \frac{\overline{NDVI}}{\exp(OC)} \right]^{0.84/a_1} \right\}.$$

Burada $\overline{NDVI} = NDVI_{\max} - NDVI$ kimi təyin olunur. a_1 -empirik əmsalın qiymətidir və

$$a_1 = \arctg \left[\frac{\overline{NDVI}_1 - \overline{NDVI}_2}{LAI_1 - LAI_2} \right]$$

kimi təyin edilir.

Beləliklə, K_{cb} əmsalını hesablamaq üçün təklif edilən qrafoanalitik üsul istifadə edilərsə, $NDVI$ -nin minimal qiymətini müəyyənləşdirmək lazım gəlmir, bu da tələb edilən hesablamaların sayını azaldır.

Fəslin sonunda qarışıq obyektlərin subpiksel miqyasında multispektral ölçmə məsələlərinə baxılmışdır.

Subpiksel tərkibli obyektlərin bort ölçmələri zamanı signal/küy nisbətinin hesablanması üçün xətti proqramlaşdırma üsuluna əsaslanan yeni metodika təklif edilmişdir.

NƏTİCƏ

1. Daxilində maye-kristal süzgəc quraşdırılmış günəş fotometrinin həssaslığının dalğa uzunluqlarının işçi diapazonunda tipik maksimuma malik olması aşkar edilmiş, bunun da günəş-fotometrik ölçmələrdə rejim parametrlərinin seçimi zamanı nəzərə alınmasının zəruriliyi göstərilmişdir.

2. Su buxarlarının və O_2 -nin kontinual udulmasını, atmosfer aerzolunun nəmlənməsinin və qurumasının mənfi təsirlərini nəzərə almaqla üçdalğalı məsafədən ölçmələrin 685-705 nm dar spektral diapazonda, həmçinin 400-700 nm geniş spektral diapazonda dəqiqliyinin artırılması məsələləri formalaşdırılmış və həll edilmişdir.

3. Küləyin sürətinin dəyişməsi ilə dəniz səthinin müxtəlif dərəcədə həyəcanlanması faktorunun nəzərə alınmaması səbəbindən suyun rənginin təyinində yaranan təhriflərin aradan qaldırılmasına imkan verən rəng komponentlərinin adaptiv ölçmə metodu təklif edilmişdir.

4. Dəniz ərazisinin bir neçə nöqtəsində suyun rənginin ölçülməsinin informasiya baxımından optimallaşdırılması məsələsi həll edilmiş, nəticədə optimal rejimdə dalğa uzunluğu və ölçmələrin sayı kimi göstəricilərin bir-birinə əks münasibətdə olması, yəni qısa dalğalarda daha çox sayda ölçmələrin aparılmasının zəruriliyi göstərilmişdir.

5. Bitki sahəsinin fotometrik üsulla spektral ölçmələri əsasında aerzolun nəmlənmə və quruma effektləri səbəbindən sululuq indeksinin real ölçülmüş qiymətinin iki polyarlı xəyata malik olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

6. Rəng siqnallarının korrelyasiya hesablayıcısının iş rejiminin optimallaşdırılması zamanı məqsəd funksionalının formalaşdırılması üçün yararlı olan atmosfer aerosolunun optik qalınlığının ümumiləşdirilmiş modeli işlənib hazırlanmış, atmosfer faktorları nəzərə alınmaqla korrelyasiya hesablamalarının optimal rejimi sintez edilmişdir.

7. Kadının formalaşması müddətində süzgülərin spektral buraxma zolağının fasiləsiz dəyişmə rejimi şəraitində maye-kristal süzgülərin amplitud-spektral xarakteristikasının artan qolundan istifadə etməklə, meşə örtüyünün strukturunu maili trayektoriya üzrə tədqiq edən spektrometrik sistemin informasiya kriteriyasına görə optimallaşdırılmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

8. Bort spektral ölçmə vasitələrindən istifadə etməklə FAO-56 ekoloji modeli göstəricilərinin kalibrənməsinin təkmilləşdirilmiş metodikası işlənib hazırlanmış, təklif edilən metodikada *NDVI* -nin minimal qiymətini təyin etməyə ehtiyac olmadığından, hesablamaların həcmnin azaldığı, eyni zamanda *LAI* və *NDVI* indekslərinin qarşılıqlı əlaqəsini müəyyən edən empirik əmsalın dəqiq qiymətini təyin etməyin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap edilmiş işlərin siyahısı

1. Агаев, Ф.Г., Алиева, Г.В. Проблемы спектрорадиометрического наклонного дистанционного зондирования // Фотоника, -Москва: -2013. № 5/41, -с. 60-63.
2. Агаев, Ф.Г., Алиева, Г.В. Исследование влияния аэрозоля на точность определения нормализованного дифференциального водного индекса растений // Вестник Алтайского Государственного Аграрного Университета, -Барнаул:- 2013. № 9, (107) - с. 27-30.
3. Агаев, Ф.Г., Алиева, Г.В., Абасзаде Ф.Г. Повышение точности дистанционного определения нормализованного дифференциального водного индекса растений с учетом влияния атмосферного аэрозоля // Специальная техника, - Москва: -2013. № 5, -с. 53-56.

4. Алиева, Г.В. Усовершенствованная методика калибровки показателей модели FAO-56 с использованием средств дистанционного зондирования //Альтернативная энергетика и экология, -Москва: - 2013. № 3, -с.81-83.
5. Агаев, Ф.Г. Дистанционное определение нормализованного дифференциального водного индекса растений с учетом влияния атмосферного аэрозоля / Ф.Г. Агаев, Н.Г. Джавадов, Г.В. Алиева, Э.С. Аббасова, М.М. Байрамова // Сборник статей IX международной научно-практической конференции «Аграрная наука сельскому хозяйству», -Барнаул: -2014. книга 2, -с. 398-400.
6. Алиева, Г.В. Дистанционное определение нормализованного дифференциального водного индекса растений с учетом влияния атмосферного аэрозоля // Материалы 4-ой международной межвузовской научно-практической конференции, - Великие Луки: -2014. -с. 81-85.
7. Агаев, Ф.Г. Обобщенная модель атмосферного аэрозоля для оптимальной обработки сигналов дистанционного калориметра технологического контроля / Ф.Г. Агаев, Г.В. Алиева, Э.А. Ибрагимов, Р.Н. Абдулов // Безопасность в техносфере, -Москва:- 2014. том 3, № 3, -с. 9-13.
8. Алиева, Г.В. Способ определения нормализованного дифференциального водного индекса растений // Материалы 4-ой международной межвузовской научно-практической конференции, - Великие Луки: -2014, -с. 105-109.
9. Агаев, Ф.Г. О возможности использования широко-функциональных жидкокристаллических фильтров в мультиспектральном дистанционном зондировании / Ф.Г. Агаев, Г.В. Алиева, С.Р. Джафарова, С.В. Аралис // Сборник статей X международной научно-практической конференции «Аграрная наука сельскому хозяйству», Барнаул: - 2015. книга 2, -с. 334-336.
10. Алиева, Г.В. Исследование чувствительности гиперспектральных солнечных фотометров со встроенными жидкокристаллическими фильтрами // Специальная техника, - Москва: - 2015. № 3, -с. 53-56.

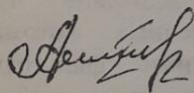
11. Алиева, Г.В. Метод повышения точности измерения цвета морской воды с помощью RGB колориметров // Материалы 5-ой международной межвузовской научно-практической конференции, - Великие Луки: -2015. -с. 81-85.
12. Алиева, Г.В. Метод повышения точности определения цвета морской воды с помощью RGB колориметров // Датчики и системы, -Москва: -2015. № 3, -с 19-22.
13. Алиева, Г.В., Джавадов, Н.Г., Абдуллаева, Л.Дж. Оптимизация гиперспектральных дистанционных измерений цвета морской воды // Сборник статей VII заочной международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», -Курск: -2015. -с.15-19.
14. Алиева, Г.В., Махмудова, В.Х., Алиева, В.Н. Параметрический метод гиперспектрального определения сухого веса растения // Сборник статей VII заочной международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», -Курск:-2015. -с. 31-36.
15. Агаев, Ф.Г. Исследование чувствительности гиперспектральных солнечных фотометров со встроенными жидкокристаллическими фильтрами / Ф.Г. Агаев, К. Х. Исмаилов, Г. В. Алиева [и др.]// Известия Юго-Западного государственного университета, - Курск: -2016. №1, -с. 49-54.
16. Əliyeva, G.V. Maye kristal süzgəclı hiperspekttral fotometrlərin həssaslığının tədqiqi // -Bakı: Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri, - 2018, № 2, -s. 16-20.
17. Аскерова, С.А., Алиева Г.В. Исследование информативности дистанционного зондирования взвешенных частиц в морских водах и использовании спектрорадиометров со средним пространственным разрешением // Петербургский журнал электроники, -С.Петербург: -2018, № 3, -с. 59-63.
18. Ağayev, F.G., Əliyeva G.V. Pilotsuz uçuş aparatlarının qrup uçuşlarında maye-kristal süzgəclı hiperspektrometlər vasitəsilə aparılan ölçmələrin optimallaşdırılması //- Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası Elmi Məcmuələr, - 2019, № 2, -s. 1-6.

19. Саттаров Н.А., Алиева Г.В., Особенности мультиспектральной и гиперспектральной съемки задач аэрокосмического мониторинга// -Баки: Azərbaycan Milli Aərokosmik Agentliyinin xəbərləgi, - 2019, № 2(22), -s. 14-20.
20. Казымова Ф. Т., Алиева Г.В, Вопросы применения спектральных индексных показателей для оценки и оптимизации содержание азота на сельскохозяйственных учасках// -Брянск: Вестник Брянской ГСХА, -2020, № 6 (82), - с.38-44.

Həmmüəlliflərlə birgə dərc olunmuş elmi məqalələrdə müəllifin şəxsi xidməti:

[4,6,8,10,11,12,16] – müəllifin sərbəst hazırladığı işlər.

[1,2,3,5,7,9,13,14,15,17,18,19,20] - tədqiq, təhlil və modelləşdirmə, nəticələrin emalı.



Dissertasiyanın müdafiəsi 18 may 2021-ci il tarixində saat 11⁰⁰-da Sumqayıt Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD2.25 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Sumqayıt, Azərbaycan, 43-cü məhəllə, AZ-5008

Dissertasiya ilə Sumqayıt Dövlət Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Sumqayıt Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 15 aprel 2021-ci il

tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 12.04.2021

Kağızın formatı: 60*84^{1/16}

Həcm: 36889

Tiraj: 100