

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

GÜNƏŞ FOTOMETRLƏRİNİN DƏQİQLİK VƏ İNFORMATİVLİK GÖSTƏRİCİLƏRİNİN ARTIRILMASI ÜSULUNUN İŞLƏNİLMƏSİ

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

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Ülkər Fizuli qızı Məmmədova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı– 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında və Elmi – Texniki əməkdaşlıq haqda müqavilə əsasında qismən Milli Aerokosmik Agentliyin Elmi – Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor
Hikmət Həmid oğlu Əsədov

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü
texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayilov

texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Rəna Ömər qızı Hüseynova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

texnika elmləri doktoru, professor
Nurəli Adil oğlu Yusifbəyli

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

texnika elmləri namizədi, dosent
Vahid Qara oğlu Fərhadov

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent
Məzahir Məhəmməd oğlu İsayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Günəş fotometrləri atmosferin və işıqlanan səma cisimlərinin tədqiqi üçün geniş istifadə edilirlər. Xarici şüalandırıcı kimi işıqlanan səma cisimləri istifadə edildikdə az konsentrasiyalı qazları və atmosfer aerosolu tədqiq etmək mümkün olur.

Günəş fotometrlərinə nümunə kimi, hal – hazırda geniş istifadə edilən CimelCE 318 tipli qurğunu göstərmək olar. Bu qurğu bütün dünya üzrə səpələnmiş 500 – dən çox avtomatik ölçmə məntəqəsindən ibarət olan beynəlxalq “AERONET” ölçmə şəbəkəsində istifadə edilir. Burada ölçmələr 380, 440, 500, 670, 778, 870, 1020nm dalğa uzunluqlarında aparılır və atmosferdə olan su buxarlarının ümumi miqdarını, aerosolun müxtəlif optik göstəricilərini ölçməyə imkan verir.

Atmosfer aerosolunun xarakterik qeyri – stabilliyi bütün spektral atmosfer ölçmələrində ölçmə xətası yaradır ki, bu da aerosolun fiziki – optiki göstəricilərinin yerüstü və kosmik tədqiqinin aparılmasının aktuallığını göstərir. Bu məqsədlə AERONET Ümumdünya avtomatlaşdırılmış ölçmə şəbəkəsinin və həmçinin digər lokal ölçmə şəbəkələrinin 500 – dən çox yerüstü ölçmə stansiyasında yerləşdirilmiş günəş fotometrləri müəyyən dəqiqə intervalı ilə aerosolun optik qalınlığını və digər göstəricilərini optik hava kütləsinin müxtəlif qiymətlərində ölçürlər.

Ümumən, atmosfer qazlarının optik qalınlığının ölçmə nəticələrinin qeyri – müəyyənliyi aşağıdakı səbəblərə görə yaranır: (a) ölçmə qurğusunun alət xətası; (b) qeyri – dəqiq kalibrasiya nəticəsində yaranan xəta; (c) atmosfer aerosolunun təsiri nəticəsində yaranan xəta.

Alət xətası adətən qurğunun tərkib hissələrinin pasport göstəricilərinə uyğun olmaması, köhnəlməsi və ya sıradan çıxması nəticəsində yaranır. Günəş fotometrlərinin kalibrasiya xətası Lenqli diaqramlarından istifadə edilməsi səbəbindən yaranır. Belə ki, bu kalibrasiya metodu aerosolun optik qalınlığının zamana görə qeyri-stabilliyi səbəbindən spesifik xətaya malikdir.

Günəş fotometrlerinin aerosol xətasının aradan qaldırılması sahəsində geniş tədqiqatlar aparılmış və əhəmiyyətli nəticələr əldə edilmişdir. Bununla belə, bu sahədə bir çox məsələlər həll olunmamış qalır və onlardan bəziləri dissertasiyanın əsas tədqiqat məsələlərinə daxil edilmişlər. Atmosfer aerosolunun günəş fotometri vasitəsilə ölçülmə nəticələri peyk verilənlərinin validasiyasını daha dəqiq yerinə yetirməyə imkan verir. Günəşin optik radiasiyası planetdə baş verən bir çox fiziki – kimyəvi və bioloji proseslər üçün fundamental əhəmiyyətli mənbə rolunu oynayır. Digər tərəfdən Yer in ümumi radiasiya balansını onun iqliminə təsir edir və radiasiya balansının pozulması iqlim dəyişikliyi ilə özünü göstərir. Yerdəki iqlimin dəyişməsinə səbəb olan əsas istixana qazları, su buxarları, karbon dioksid və metan hesab olunur. Buna görə göstərilən atmosfer komponentlərinin tərkibinin dəqiq qiymətləndirilməsi vacib əhəmiyyət kəsb edir. Bu mənada aerosolun su buxarlarının tədqiqində Günəş fotometrlerinin rolu əvəzsizdir. Günəş radiasiyasının atmosfer aerosolu və su buxarları tərəfindən zəifləməsinin qiymətləndirilməsi üçün atmosferin tutqunluğu anlayışı istifadə edilir. Su buxarları həm Yer in emissiya etdiyi uzundalğalı radiasiyanı, həm də atmosferin yuxarı sərhəddindən daxil olan uzundalğalı optik radiasiya selini udur. Bu isə xırda dispers aerosolla çirklənmiş real atmosferdə su buxarlarının udma spektrinin daha diqqətlə öyrənilməsi zərurətini irəli sürür. Bu cür ölçmələr AERONET, GAW – PRF, ESR – SKYNET kimi beynəlxalq şəbəkələrdə yerinə yetirilir. Su buxarlarının Günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsinin əsas xüsusiyyəti 940nm dalğa uzunluğundan istifadə edilməsidir ki, burada su buxarları güclü udma zolağına malikdirlər. Qeyd edilməlidir ki, atmosferin tədqiqi üçün lidar sistemləri də geniş istifadə edilirlər. Yerüstü lidar ölçmələri aparılarkən əldə edilmiş verilənlərin ilkin yoxlanılması və validasiyasının yerinə yetirilməsi üçün lidar – fotometrik sistemlərinin işinin yeni effektivlik kriterlərinin işlənilməsi aktual məsələ hesab edilir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Dissertasiya işinin obyektı atmosferin tədqiqi üçün ən çox universal və geniş yayılmış ölçmə cihazlarından biri sayılan Günəş fotometrləridir. Dissertasiya işinin

predmeti Günəş fotometrlərinin dəqiqlik və informativlik göstəricilərinin artırılması, yeni ölçmə metodikalarının işlənməsi, yeni tətbiq sahələrinin müəyyənləşdirilməsidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin əsas məqsədi günəş fotometrlərinin dəqiqlik və informativlik göstəricilərinin yüksəldilməsi üzrə yeni üsul və metodların işlənməsi və bu əsasda günəş fotometrlərinin funksional tətbiq sahəsinin genişləndirilməsindən ibarətdir.

Tədqiqatın əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Atmosferdə olan kiçik konsentrasiyalı qazların atmosfer aerzolunun təsiri nəzərə alınmaqla sutka ərzində günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsinin optimallaşdırılması və ölçmə rejiminin ən yüksək iş effektivliyi şərtinin müəyyənləşdirilməsi.

2. Atmosfer aerzolunun üçdalğalı günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirinin aradan qaldırılmasını təmin edən metodun işlənməsi.

3. Atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsi üçün atmosfer aerzolunun qeyri – stabil olan hidrofil tərkib hissəsinin təsirinin aradan qaldırılmasını təmin edən üçdalğalı ölçmə metodunun işlənməsi.

4. Atmosferdəki su buxarının günəş-fotometrik ölçmələrinin məlum üç dalğa metodu əsasında, fiksə olunan anlarda ölçmələr aparmaqla, bu anlarda Anqstrem göstəricisi barədə məlumata malik olmaqla, korreksiya əmsallarının hesablanması və tətbiqi yolu ilə atmosferdə olan su buxarlarının miqdarının ölçülməsi üsulunun işlənməsi.

5. Atmosferdə olan su buxarlarının ümumi miqdarının günəş fotometri vasitəsilə 817 nm və 940 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsi xətlərinin qarşılıqlı müqayisəsi və tədqiqi.

6. Tədqiq edilən region üçün xarakter olan statistik verilənlər nəzərə alınmaqla atmosferdə olan su buxarlarının cəm qiyməti göstəricilərinin ölçmə nəticələrinin validasiya metodlarının işlənməsi.

7. Lidardan və günəş fotometrindən ibarət olan məsafədən zondlama kompleksində lazer şüasının gücünün zondlama

məsafəsindən asılılığını göstərən optimal funksiyanın müəyyənləşdirilməsi.

8. Orbital peyklərin yerdən izlənməsi dəqiqliyinin daha da artırılması məqsədilə fotometrik müşahidə aparən mikroteleskopların kalibrasiyası üçün istifadə edilən lazerli kalibrasiya platformalarının iş rejiminin optimallaşdırılması və kalibrasiya nəticələrinin yoxlanılması üsulunun işlənilməsi.

Tədqiqatın metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulan məsələlərin həlli üçün əsasən atmosfer fizikasının, optikanın, ölçmələr nəzəriyyəsinin, məsafədən zondlamanın, sistem analizinin, xətlər nəzəriyyəsinin üsul və müddəələrindən istifadə edilmiş, alınmış nəticələr, riyazi analiz, funksional analiz, variasiya optimallaşdırma metodu, törəmələrin analizinə əsaslanan optimallaşdırma kimi riyazi metodlarla əsaslandırılmışdır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar. Dissertasiya işində aşağıdakı müddəalar müdafiəyə təqdim olunur:

1. Atmosferdə olan kiçik konsentrasiyalı qazların atmosfer aerosolunun mənfi təsiri nəzərə alınmaqla sutka ərzində günəş fotometri vasitəsilə aparılan ölçmələr istifadə edilən dalğa uzunluğu ilə optik hava kütləsi arasında düz mütənəsb funksional asılılıq mövcud olduğu halda optimal və effektiv hesab edilə bilirlər (qeyd: “optik hava kütləsi”-atmosfer fizikasının xüsusi parametridir).

2. Atmosfer aerosolunun üçdalğalı günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirinin tam aradan qaldırılmasına imkan verən yeni ölçmə metodu.

3. Atmosferdəki su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsi üçün atmosfer aerosolunun qeyri – stabil olan hidrofily komponentinin təsirini aradan qaldırmağa imkan verən yeni ölçmə metodu.

4. Günəş-fotometrik ölçmələrinin üç dalğa metodunun yeni modifikasiyası fiksə edilmiş anlarında üçdalğalı ölçmələr aparmaqla, və Anqstrem göstəricisi barədə mövcud statistik məlumatdan istifadə etməklə atmosferdəki su buxarının miqdarını dəqiq təyin etməyə imkan verir.

5. Atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin xətası 940 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsi xətasından daha kiçik ola bilər və atmosferdə olan su buxarlarının tərkib miqdarının 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin nisbi xətası həmin dalğa uzunluğunda atmosfer aerosolunun optik qalınlığının iki mislinə düz mütənəsbdir.

6. Müvafiq statistik verilənlər nəzərə alınmaqla atmosferdə olan su buxarlarının ölçmə nəticələrinin validasiyası üçün yer səthi temperaturunun ölçülməsinə əsaslanan təklif edilmiş model metodları.

7. Lidardan və günəş fotometrindən ibarət olan məsafədən zondlama kompleksinin işinin effektivliyini əks etdirən kriteri və lazer şüasının gücünün zondlama məsafəsindən asılılığını göstərən funksiyanın aşkar edilmiş optimal növünün aşkarlanması üsulu.

8. Orbital peyklərin yerdən izlənməsi üçün istifadə edilən mikroteleskopların kalibrasiyası üçün istifadə edilən lazerli platformalarının müxtəlif hündürlüklərdə yerləşdirilməsi təklifi və şüanın divergensiyasının hündürlükdən asılılıq funksiyasının optimal növü şərti daxilində kalibrasiya siqnalının aldığı ekstremal qiymətin kalibrasiya prosedurunun düzgünlüyünün diaqnostikası əlaməti kimi istifadə edilməsi mümkünlüyü barədə müddəa.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Tədqiqatın əsas elmi yenilikləri aşağıdakılardır:

1. Atmosferdə olan kiçik konsentrasiyalı qazların atmosfer aerosolunun mənfi təsiri nəzərə alınmaqla, sutka ərzində günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsinin optimallaşdırılması nəticəsində günəş fotometrələrinin bu ölçmə rejimində ən yüksək iş effektivliyi ölçmələr aparılan dalğa uzunluğu ilə optik hava kütləsi arasında düz mütənəsb funksional asılılıq mövcud olduqda əldə edilməsi aşkar edilmişdir.

2. Atmosfer aerosolunun üçdalğalı günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirinin tam aradan qaldırılması üçün ilk dəfə olaraq ölçmə siqnalının emalında həndəsi ortalaşdırma prinsipi tətbiq edilmişdir.

3. Atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsi dəqiqliyini artırmaq üçün atmosfer aerozolunun daha çox qeyri – stabil olan hidrofil tərkib hissəsinin qeyri-stabilləşdirici təsirini kompensasiya edən korreksiya əmsallarının tətbiqini nəzərdə tutan yeni üçdalğalı ölçmə metodu təklif edilmişdir.

4. Atmosferdəki su buxarının günəş-fotometrik ölçmələrinin məlum üç dalğa metodu əsasında yeni təkmilləşdirilmiş üç dalğa metodu təklif edilmiş və fiksə edilmiş anlarında üçdalğalı ölçmələr aparmaqla və bu anlarda Anqstrem göstəricisi barədə statistik məlumatla malik olmaqla korreksiya əmsallarının hesablanması yolu ilə atmosferdəki su buxarının cari miqdarını təyin edilməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

5. İnterferensiya filtrləri günəş fotometrlərində tətbiq edilmiş olduğu halda, atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin xətası 940 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsi xətasından daha kiçik ola bilər. Atmosferdə olan su buxarlarının ümumi miqdarının 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin nisbi xətasının həmin dalğa uzunluğunda atmosfer aerozolunun optik qalınlığının iki mislinə düz mütənəsb olduğu müəyyən edilmişdir.

6. Tədqiq edilən region üçün xarakterik olan statistik verilənlər nəzərə alınmaqla atmosferdə olan su buxarlarının cəm qiyməti göstəricisinin ölçmə nəticələrinin validasiyasının yer səthi temperaturunun ölçülməsini nəzərdə tutan eksperimental model metodu təklif edilmişdir.

7. Lidardan və günəş fotometrindən ibarət olan məsafədən zondlama kompleksinin yeni effektivlik kriterisi təklif edilmiş, lazer şüasının gücünün zondlama məsafəsindən asılılığını göstərən funksiyanın optimal yəni, effektivlik kriterisini ekstremuma çatdıran növü aşkar edilmişdir.

8. Orbital peyklərin yerdən izlənməsi üçün istifadə edilən fotometr quruluşlu mikroteleskopların kalibrasiya dəqiqliyini artırmaq üçün üzərində eyni tipli lazerlər quraşdırılmış kalibrasiya platformaları müxtəlif hündürlüklərdə yerləşdirilməsi təklif edilmiş və lazer şüasının divergensiyasının hündürlükdən asılılıq

funksiyasının cəm kalibrasiya siqnalını ekstremal qiymətə çatdıran növü müəyyənləşdirilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Yer üzərində Günəş radiasiyasının nəzəri və eksperimental yolla təyin edilmiş qiymətlərinin identikliyi qiymətləndirmək üçün Günəş radiasiyasının cari qiymətlərinin deyil, qəbul edilmiş model şərtləri daxilində müəyyən zaman intervalı üzrə orta inteqral qiymətlərinin aşkar edilmiş ekstremumlarından istifadə edilməsi; İl ərzindəki günəşli gün və saatların miqdarını praktikada proqnozlaşdırmaq məqsədilə istifadə edilən məlum statistik modellərin tətbiqi üçün korreksiya əmsalları daxil edilməklə, optik hava kütləsinin üç qiymətində, üç dalğa uzunluğunda ölçmələr apararaq atmosfer xarici Günəş radiasiyasının dəqiq müəyyənləşdirilmiş qiymətinin tətbiqi barədə irəli sürülmüş müddəalar şübhəsiz ki, nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malikdirlər.

2. Atmosferin kiçik qazlarının ölçülməsində günəş fotometrliyinin ən yüksək iş effektivliyinin əldə edilməsi üçün ölçmələr aparılan dalğa uzunluğunun optik hava kütləsi ilə düz mütənasib funksional asılılığa malik olmasının zəruriliyi müddəası; Atmosfer aerosolunun üçdalğalı günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirinin tam aradan qaldırılması üçün həndəsi ortalaşdırma prinsipinə əsaslanan təklif edilmiş yeni metod; Ozonometr rejimində işləyən günəş fotometrinin sutkalıq iş rejiminin optimallaşdırılmasının nəticələri günəş fotometrliyinin funksional ölçmə imkanlarının genişləndirilməsi üçün nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

3. Atmosferdə su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsi üçün atmosfer aerosolunun qeyri – stabil olan hidrofilyar komponentinin təsirini aradan qaldırmaq üçün təklif edilmiş yeni üçdalğalı ölçmə metodu; Məlum üçdalğa metodu əsasında su buxarının ölçülməsi üçün təklif edilmiş yeni təkmilləşdirilmiş üç dalğa metodu; temperaturdan asılı optik göstəriciləri olan interferensiya filtrləri günəş fotometrliyində tətbiq edilmiş olduğu halda, atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin xətasının 940 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsi xətasından daha kiçik ola bilməsi barədə müddəa; Tədqiq

edilən region üçün xarakter olan statistik verilənlər nəzərə alınmaqla atmosferdə olan su buxarlarının cəm qiyməti göstəricisinin ölçmə nəticələrinin validasiyasının yer səthi temperaturunun ölçülməsini nəzərdə tutan model metodu ölçmələrin 0.82 mkm və 0.94 mkm dalğa uzunluqlarına aid olmaqla atmosferin aerozol tutqunluq əmsalının (β) müəyyən həddən yuxarı qiymətlərdə su buxarlarının ölçmə nəticələrinin cəm qeyri-stabillikdəki payının 0.94 mkm dalğa uzunluğunda, 0.82 mkm dalğa uzunluğunda olduğundan daha yüksək olması və s. elmi nəticələr su buxarlarının ölçülməsi kimi vacib sahədə sözsüz ki, nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

4. Günəş fotometrlerinin praktikada kalibrasiyası üçün təklif edilmiş ümümləşdirilmiş Lenqli metodunda ölçmələrin aparılması onların seçilməsi üzrə təklif edilmiş seçilməsi metodunun fotometrlerinin Lenqli metodu ilə kalibrasiyası dəqiqliyini artıracağı barədə müddəa günəş fotometrlerinin kalibrasiyasının nəzəriyyəsi və praktikası üçün müəyyən əhəmiyyətə malikdir.

5. Gecə görüntüsünün Linke tutqunluq əmsalının təyin edilməsi üçün məlum analitik modeldən istifadə etmək məqsədilə su buxarlarının çökdürülmüş qiymətini təyin etmək üçün $\lambda_1=0.82$ və $\lambda_2=0.94$ mkm dalğa uzunluqlarında icra edilən ikidalğalı ölçmə metodunda kanalların birgə-sinxron kalibrasiyasının aparılmasının cəm küy signalının azaltmağa imkan verməsi barədə müddəa atmosfer ölçmələrinin müvafiq sahəsində müəyyən elmi və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

6. Lidardan və günəş fotometrindən ibarət olan məsafədən zondlama kompleksinin təklif edilmiş effektivliyi kriterisinə görə lazer şüasının ilkin gücünün zondlama məsafəsindən asılılığını göstərən optimal funksiyanın aşkar edilməsi atmosferin lidar vasitəsilə tədqiqi sahəsində müəyyən nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

7. Orbital peyklərin yerdən izlənməsi məqsədilə istifadə edilən fotometr quruluşlu mikroteleskopların kalibrasiya dəqiqliyini artırmaq üçün lazerlər quraşdırılmış kalibrasiya platformalarının müxtəlif hündürlüklərdə yerləşdirilməsi və cəm kalibrasiya signalının lazer şüasının divergensiyasının hündürlükdən asılılıq funksiyasının müəyyən optimal növü şərti daxilində ekstremal qiymət alması barədə

müddəa peyklərin yerdən müşahidəsi texnikasında müəyyən nəzəri və praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Əsas tədqiqat və praktiki nəticələrimiz Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Cihaz mühəndisliyi" kafedrasının iclas və seminarlarında və aşağıdakı elmi – texniki konfrans və forumlarda müzakirə olunmuşdur.

“Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və perspektivlər. 2019” (MIMCS 2019). ADNSU – da keçirilmiş Birinci Beynəlxalq Elmi – Praktiki Konfransı, iyul 01-02, 2019, Bakı, Azərbaycan;

“Müasir İnformasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: problemlər və perspektivlər, 2019” (MIMCS 2020)”. ADNSU – da keçirilmiş İkinci Beynəlxalq Elmi – Praktiki Konfransı, Dekabr 07-08, 2020, Bakı, Azərbaycan.

“Dördüncü sənaye inqilabının texnoloji perspektivləri: sənaye interneti, kiberfiziki sistemlər və intellektual texnologiyalar”, Azərbaycan Texniki Universitetində keçirilmiş elmi – praktiki Konfrans, 26-27 Noyabr, 2020, Bakı, Azərbaycan;

Сборник Статей XIV Международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы экологии и охраны труда. 31 мая 2022 года. Курск.

Dissertasiya işinin mövzusunə uyğun 20 elmi əsər, o cümlədən 16 məqalə, 4 elmi-konfrans materialı, 5 həmmüəllifsiz məqalə çap edilmişdir.

Bunlardan 4-ü “Web of Science” elmi bazalarında indekslənməmişdir (onlardan biri Avropa platformasına, digər üçü isə RSCI platformasına daxildir).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «Cihaz mühəndisliyi» kafedrasında və Elmi – Texniki əməkdaşlıq haqda müqavilə əsasında qismən Milli Aerokosmik Agentliyin Elmi – Tədqiqat Aerosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi girişdən (16480), I fəsil (24581), II fəsil (25158), III fəsil (35902), IV

fəsildən (56369), nəticə (3572) və istinad olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Ümumi həcmi 52 şəkil, 2 cədvəl və 194 adda mənbədən ibarət olan ədəbiyyat siyahısı da daxil olmaqla 183 səhifə təşkil edir. Dissertasiyanın ümumi həcmi (şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə) 165341 işarədən ibarətdir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

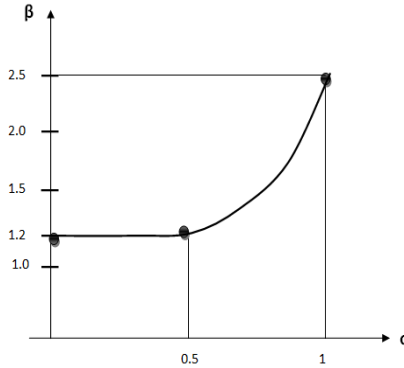
Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri müəyyənləşdirilməklə müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, elmi yenilik, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti şərh olunmuş, aprobeiasiyası və tətbiqi haqqında məlumat verilmişdir.

Birinci fəsil günəş fotometrlərinin giriş siqnalı olan optik günəş radiasiyasının yeni ölçmə və qiymətləndirmə metodlarına həsr edilmişdir.

Fəslin əvvəlində optik radiasiya diapazonunda Günəş fotometrik ölçmələrinin reallaşdırılması məsələlərinə baxılmışdır. Yer üzərində Günəş radiasiyasının nəzəri və eksperimental yolla təyin edilmiş qiymətlərinin analizi göstərir ki, müqayisə edilən bu qiymətlər əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənirlər. Təklif edilmişdir ki, bu məqsədlə Günəş radiasiyasının təsadüfi götürülmüş qiymətləri deyil, qəbul edilmiş model şərtləri daxilində müəyyən zaman intervalı üzrə inteqrallanmış qiymətlərin ekstremumları istifadə edilsin. Birinci fəsildə, daha sonra su buxarlarının udma xəttlərində atmosferin buraxma əmsalının qeyri – stabilliyininin tədqiqi məsələlərinə baxılmışdır. Atmosfer aeroxolunun və su buxarlarının optik qalınlıqlarının zamana görə nisbi qeyri-stabillik əmsallarının bərabərliyi şərti daxilində 0.82 mkm və 0.94 mkm dalğa uzunluqlarına aid olmaqla atmosferin aeroxol tutqunluq əmsalının (β) elə hədd qiyməti aşkar edilmişdir ki, bu hədd keçildikdə su buxarlarının cəm qeyri-stabillikdəki payı 0.94 mkm dalğa uzunluğunda, 0.82 mkm dalğa uzunluğunda olduğundan daha yüksək olur. (β) – nın hədd qiyməti Anqstrem göstəricisi α artdıqca artır və bu zaman su buxarlarının ümumi qeyri-stabillikdəki payı 0.94 mkm dalğa

uzunluğunda 0.82 mkm dalğa uzunluğundakı qiymətə nisbətən daha yüksək olmaqda davam edir.

$\beta=f(\alpha)$ sərhəd şərti asılılıq qrafiki şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. $\beta=f(\alpha)$ sərhəd şərti asılılıq qrafiki

$\beta=f(\alpha)$ funksiyası α artdıqca artır və bu zaman su buxarlarının ümumi qeyri-stabillikdəki payı 0.94 mkm dalğa uzunluğunda 0.82 mkm dalğa uzunluğundakı qiymətə nisbətən daha yüksək olmaqda davam edir. Yekun olaraq belə bir qayda formalaşdırıla bilərki, $\beta=f(\alpha)$ funksiyasının qrafikindən yuxarıda qalan yarımüstəvidə su buxarlarının ölçülməsi 0.82 mkm dalğa uzunluğunda, aşağıdakı yarımüstəvidə isə 0,94 mkm dalğa uzunluğunda aparılmalıdır.

Birinci fəslin sonunda Günəş fotometrlerinin Günəşin optik radiasiyasına dair proqnozların formalaşdırılması üçün istifadə edilməsi məsələlərinə baxılmışdır. İl ərzindəki günəşli gün və saatların miqdarını müəyyənləşdirmək üçün istifadə edilən məlum statistik modellərin tətbiqi məqsədilə atmosfer xarici Günəş radiasiyasının müəyyənləşdirilməsi üçün Lenqli diaqramlarından istifadə edilməsinin çatışmazlıq kimi aerosol xətasının yaranması göstərilmiş və bu çatışmazlığın aradan qaldırılması üçün yeni metod təklif edilmişdir. Bu metoda görə korreksiya əmsalları daxil edilməklə, optik hava kütləsinin üç qiymətində, üç dalğa uzunluğunda ölçmələr aparmaqla atmosfer xarici Günəş radiasiyası müəyyənləşdirilir və bir

nəticə olaraq məlum modelləri əsasında proqnozlar daha dəqiq formalaşdırılır.

İkinci fəsil atmosfer komponentlərinin günəş fotometri vasitəsilə yüksək dəqiqliklə ölçülməsi üçün yeni üsulların işlənilməsinə həsr edilmişdir. İkinci fəslin əvvəlində atmosferdə olan kiçik konsentrasiyalı qazların atmosfer aerosolunun təsiri nəzərə alınmaqla sutka ərzində günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələlərinə baxılmışdır.

Məlum Buger – Ber qanununa görə günəş fotometrinin girişindəki siqnal belə müəyyənləşir.

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-[\tau_{atm}(\lambda) \cdot m]} \quad (1)$$

burada $I(\lambda)$ – Günəş fotometrinin girişində olan optik siqnaldır; $I_0(\lambda)$ – atmosferin yuxarı sərhəddində optik radiasiyanın qiymətidir

Tədqiqat məsələsi belə formulə edilir:

Elə bir $\lambda = \lambda(m)$ funksional asılılığı tapılmalıdır ki, bu zaman $I(\lambda)/I_0(\lambda)$ nisbi göstəricisinin $(1 - m_{max})$ optik hava kütləsinin dəyişmə diapazonunda inteqralının qiyməti maksimuma çatmış olsun.

İlk yaxınlaşmada atmosferin optik qalınlığının $0.3 \div 1.0 \text{ mkm}$ dalğa uzunluğu diapazonundakı qiymətini dalğa uzunluğunun azalan xətti funksiyası ilə aproksimasiya edək, yəni:

$$\tau_{atm}(\lambda) = \tau_{atm-0} - k_1 \cdot \lambda \quad (2)$$

burada $k_1 = \text{const}$.

Daha sonra, aşağıdakı funksiyanı nəzərdən keçirək:

$$\lambda = \lambda(m) \quad (3)$$

(1), (2) və (3) ifadələri əsasında yaza bilərik:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-[\tau_{atm-0} - k_1 \cdot \lambda(m)]m} \quad (4)$$

Optimallaşdırma funksionalını aşağıda göstərildiyi kimi tərtib edək:

$$F_1 = \frac{I(\lambda)}{I_0(\lambda)} = \int_1^{m_{max}} e^{-[\tau_{atm-0} - k_1 \cdot \lambda(m)]m} dm \quad (5)$$

(3) funksiyasına münasibətdə aşağıdakı məhdudiyət şərtini tətbiq edək

$$F_2 = \int_1^{m_{max}} \lambda(m) dm = C \quad (6)$$

burada $C = \text{const.}$

Göstərilmişdir ki,

$$k = \frac{\lambda_{01} - \lambda_{02}}{m_{max}} \quad (7)$$

nəzərə alınmaqla

$$F_{11} > F_{12} \quad (8)$$

bərabərsizliyi həmişə ödənilir, yəni $\lambda = f(m)$ funksiyasının azalın funksiya olduğu halda düzgün həldir. İkinci fəsilə daha sonra üç dalğalı günəş fotometrində aerosol korreksiyası üçün yeni üsul təklif edilir.

Təklif edilən yeni üsulda xüsusi γ parametri daxil edilir ki, şərti daxilində bu parametr belə hesablanır:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{I_0(\lambda_1)^{k_1} \cdot e^{-k_1 \tau_a(\lambda_1)} \cdot I_0(\lambda_3)^{k_2} \cdot e^{-k_2 \tau_a(\lambda_3)}}{I_0(\lambda_2) \cdot e^{-\tau_a(\lambda_2)}} = \\ &= \frac{I_0(\lambda_1)^{k_1} \cdot I_0(\lambda_3)^{(1-k_1)}}{I_0(\lambda_2)} \cdot e^{-k_1 \tau_a(\lambda_1) - (1-k_1) \tau_a(\lambda_3) + \tau_a(\lambda_2)} \end{aligned} \quad (9)$$

Aşkardır ki, (9) ifadəsində aerosolun təsirinin aradan qaldırılması şərti aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$\tau_a(\lambda_2) = k_1 \tau_a(\lambda_1) - k_1 \tau_a(\lambda_3) + \tau_a(\lambda_3) \quad (10)$$

Əgər

$$k_1 = k_2 \quad (11)$$

şərti ödənilirsə, (8) ifadəsi əsasında yazıla bilər:

$$\lambda_2 = \exp \left[\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{a_1}{0.5 + a_2} \right) \right] \quad (12)$$

Beləliklə, α , a_1 , a_2 kəmiyyətlərinin qiymətləri məlum olduqda elə bir λ_2 dalğa uzunluğunu hesablamaq mümkündür ki, bu dalğa uzunluğunda atmosfer aerzolunun günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirini tam kompensasiya etmək mümkün olur.

İkinci fəsildə daha sonra ozonometr rejimində işləyən günəş fotometrinin iş rejiminin optimallaşdırılması məsələlərinə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, ozonometr rejimində işləyən günəş fotometrinin sutkalıq iş rejiminin optimallaşdırılması məsələsi üzrə aparılmış təhlil, atmosferdə olan ozonun proqnoz edilən qiyməti məlum olduğu halda gün ərzində ölçmələrin aparıldığı vaxtı düzgün təyin etməyə və ölçmələrdə ozonun konsentrasiyasına qarşı minimal həssaslıq rejimindən uzaqlaşmağa imkan verir.

İkinci fəslin sonunda Günəş fotometrlərinin kalibrasiya üçün təklif edilmiş ümumiləşdirilmiş Lenqli metodu şərh edilir. Təklif edilən metod aerzolun gün ərzində dəyişmə statistikasına əsaslanır. Ölçmələrin aparılması üçün elə zaman anlarının seçilməsi tələb edilir ki, bu anlarda aerzolun optik qalınlığının kalibrasiya edilməmiş fotometrlə ölçülməsi nəticələri eyni olsun. Baza müddəası kimi, qəbul edilmişdir ki, zamana görə stabil olan $\tau_{\text{aer}}(\lambda)$ kəmiyyəti Lenqli metodu ilə aparılan kalibrasiyanın dəqiqliyinə təsir etmir.

Dissertasiya işinin **üçüncü fəsl**i günəş fotometri vasitəsilə atmosferdə olan su buxarlarının ölçülməsi metodlarının təkmilləşdirilməsinə həsr edilmişdir. Fəslin əvvəlində Günəş fotometri vasitəsilə atmosferdə su buxarlarının ümumi miqdarının çoxdalğalı ölçülmə metodunun dəqiqliyinin artırılması məsələlərinə baxılmışdır.

Su buxarlarının optik qalınlığının məlum riyazi optik qalınlıq modeli aşağıdakı kimi yazılır:

$$\tau_w = a(mW)^b \quad (13)$$

Bu modelin a , b əmsalları dalğa uzunluğundan asılıdırlar, yəni:

$$a=a(\lambda) \quad (14)$$

$$b=b(\lambda) \quad (15)$$

Ölçmələrin üçdalğalı metodikasına əsasən, nəticəvi W_p kəmiyyəti aşağıdakı xətti skalyar bürünmə kimi təyin edilir:

$$W_p = \frac{d_1 W(0.72) + d_2 W(0.82) + d_3 W(0.94)}{3} \quad (16)$$

burada d_i ; $i=\overline{1,3}$ – çəki əmsallarıdır.

Beləliklə, (16) ifadəsinə müvafiq olaraq, $W(0.72)$, $W(0.82)$ və $W(0.94)$ kəmiyyətləri ayrı-ayrılıqda müəyyənləşdirilməlidirlər. Lakin, bu halda aerozolun nəmlənməsinin ölçmə nəticəsinə təsiri qaçılmaz olur, bu da aparılan ölçmə eksperimentini hədsiz çətinləşdirir.

Bu cür mürəkkəbləşmələri aradan qaldırmaq üçün hazırkı bölmədə aralıq parametrlər və korreksiya əmsallarının tətbiq edilməsi metodu istifadə edilir.

$$\tau_R \ll \tau_a, \quad (17)$$

olduğunu qəbul etsək və həmçinin, (13) modelini nəzərə alsaq, (17) ifadəsini belə yazı bilərik:

$$\left(\frac{V}{V_0}\right)_{\lambda_i} = e^{-[m_0(c_1(\lambda_i) + c_3(\lambda_i)W) + a(\lambda_i)(mW)^{b(\lambda_i)}]}$$

burada $i=\overline{1,3}$

Aşağıdakı nisbi parametri daxil edək:

$$\gamma_1 = \frac{\left(\frac{V}{V_0}\right)_{\lambda_1}^{k_1} \left(\frac{V}{V_0}\right)_{\lambda_3}^{k_3}}{\left(\frac{V}{V_0}\right)_{\lambda_2}^{k_2}} \quad (18)$$

burada k_i ; $i=\overline{1,3}$ – korreksiya əmsallarıdır.

k_i əmsallarının seçilməsi aşağıdakı şərt əsasında müəyyənləşdirilir:

$$K_1 C_3(\lambda_1) + K_3 C_3(\lambda_3) = K_2 C_3(\lambda_2) \quad (19)$$

$C_3(\lambda_1)$, $C_3(\lambda_2)$, $C_3(\lambda_3)$ əmsalları əvvəldən təyin edilə bilirlər. $k_2=1$ olduğunu qəbul etsək, yaza bilərik:

$$K_1 \frac{C_3(\lambda_1)}{C_3(\lambda_2)} + \frac{K_3 C_3(\lambda_3)}{C_3(\lambda_2)} = 1 \quad (20)$$

Deməli

$$K_1 = \frac{0.5 C_3(\lambda_2)}{C_3(\lambda_1)}; K_3 = \frac{0.5 C_3(\lambda_2)}{C_3(\lambda_3)} \quad (21)$$

qəbul edilərsə, (19) şərtini yerinə yetirməklə W – nin γ_i – yə təsirini neytrallaşdırma bilərik.

(17)÷(21) ifadələrini nəzərə alınmaqla son nəticədə yazmaq olar ki

$$0.5a(\lambda_1)(mW)^{b(\lambda_1)} - a(\lambda_2)(mW)^{b(\lambda_2)} + 0.5a(\lambda_3)(mW)^{b(\lambda_3)} = \ln(\gamma_1^{-1}) - -0.5m_0 * [C_1(\lambda_1) + C_1(\lambda_3) + C_1(\lambda_2)] \quad (22)$$

Beləliklə, alınmış (22) cəbri tənliyinin həlli imkan verir ki, W – nin qiyməti, $C_3(\lambda_i) \cdot W$ qeyri – stabil faktorunun təsiri olmadan müəyyənləşdirilsin. $C_3(\lambda_i) \cdot W$ komponentinin xaric edilməsi nəticəsində əldə edilən uduşu nisbi qiymətləndirmək üçün aşağıdakı model tədqiqatı aparılmışdır.

Aşkardır ki, $C_3(\lambda_i)$ atmosfer aerozolunun hidrofilyar tərkib hissəsini müəyyənləşdirir. Bu tərkib hissə hidrofob tərkib hissə qədər dəyişkənliyə malikdir.

$C_3(\lambda_i)$ və W kəmiyyətlərini aşağıdakı kimi təqdim edək:

$$C_3(\lambda_i) = m_{c_3}(\lambda_i) + G_{c_3}(\lambda_i) \quad (23)$$

$$W = m_w + G_w \quad (24)$$

burada $m_{C_3}(\lambda_i)$ və m_W – müvafiq olaraq $C_3(\lambda_i)$ və W -nin orta qiymətləri, $\sigma_{C_3}(\lambda_i)$, σ_W – onların orta kvadratik meyilləridir.

Aşağıdakı qiymətləri qəbul edək:

$$m_{c_3}(\lambda_i) = m_w = 0.5 \quad (25)$$

$$G_{c_3}(\lambda_i) = G_w = 0.1 \quad (26)$$

(25) və (26) qiymətləri nəzərə alınarsa, $C_3(\lambda_i)$ və W kəmiyyətlərinin qeyri – stabillik əmsalları aşağıdakı kimi qiymətləndirilə bilər:

$$\beta_1 = \frac{G_{c_3}}{m_{c_3}(\lambda_i)} = \frac{G_w}{m_w} = 0.2 \quad (27)$$

(25) və (26) qiymətləri nəzərə alınarsa, $C_3(\lambda_i) \cdot W$ -nin qiymətini hesablayaq.

Nəticədə alırıq:

$$C_3(\lambda_i)W = m_{c_3}(\lambda_i)m_w + m_{c_3}(\lambda_i)G_w + m_w G_{c_3}(\lambda_i) + G_w G_{c_3}(\lambda_i) \quad (28)$$

Nəzərə alsaq ki,

$$G_w G_{c_3}(\lambda_i) \approx 0, \quad (29)$$

Belə nəticə alırıq:

$$m_{c_3}(\lambda_i)W = 0.25 \quad (30)$$

$$G_{c_3}(\lambda_i)W = 0.1 \quad (31)$$

Beləliklə, xaric edilmiş $C_3(\lambda_i) \cdot W$ komponentinin qeyri– stabillik əmsalı belə hesablanı bilər:

$$\beta_1 = \frac{G_{c_3}(\lambda_i)W}{m_{c_3}(\lambda_i)W} = \frac{0.1}{0.25} = 0.4 \quad (32)$$

Beləliklə, aparılmış tədqiqat göstərmişdir ki, aerosolun xaric edilmiş hidrofilyar tərkib hissəsinin qeyri – stabilliyi, xaric edilməmiş hidrofob tərkib hissəsinin qeyri – stabilliyindən iki dəfə çoxdur. Bu günəş fotometri vasitəsilə su buxarlarının üçdalğalı ölçmə metodunun dəqiqliyinin iki dəfə artırılması üzrə mövcud olan imkanı izah edir.

Üçüncü fəsildə daha sonra Günəş fotometri vasitəsilə atmosferdəki su buxarlarının ümumi miqdarının yeni ölçmə metodu təklif edilir.

Məlum üç dalğalı ölçmə metodunun bizim tərəfdən yaradılmış yeni modifikasiyasında kiçik qaz komponentlərinin ölçülməsi aparılan zamanı əsas məsələ aerosolların ölçmə nəticələrinə təsirinin aradan qaldırılmasıdır.

Korreksiya əmsalları tətbiq edilən məlum üç dalğalı ölçmə metodunun təklif olunan variantında mərkəzi dalğa uzunluğu λ_5 940nm-ə bərabər seçilir.

Bu halda, (25)-ə oxşar olaraq yazıla bilər:

$$\gamma_1 = \frac{T_1(\lambda_4)^{k_3} \cdot T_1(\lambda_6)^{k_4}}{T_1(\lambda_5)} \quad (33)$$

burada $T_1(\lambda_4) - \lambda_5 - \Delta\lambda$ dalğa uzunluğunda atmosferin optik buraxması;

$T_1(\lambda_6) - \lambda_5 + \Delta\lambda$ dalğa uzunluğunda atmosferin optik buraxması;

burada $\lambda_4 = \lambda_5 - \Delta\lambda$; $\lambda_6 = \lambda_5 + \Delta\lambda$.

$\Delta\lambda$ -nın qiyməti eyni tərzdə seçilir ki, 940nm mərkəzi dalğa uzunluğunda su buxarlarının udma zolağı λ_4 və λ_6 dalğa uzunluqlarını tutmasın.

λ_4 , λ_5 , λ_6 dalğa uzunluğunda atmosferin optik buraxması aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$T(\lambda_4) = \exp[-(m_1 \tau_a(\lambda_4))] \quad (34)$$

$$T(\lambda_6) = \exp[-(m_1 \tau_a(\lambda_6))] \quad (35)$$

$$T(\lambda_5) = \exp[-(m_1 \tau_a(\lambda_5) + \tau_w(\lambda_5))] \quad (36)$$

burada $\tau_w(\lambda_5) - \lambda_5$ dalğa uzunluğunda su buxarının optik qalınlığıdır.

(34)÷(36) ifadələrini (33) ifadəsində yerinə qoysaq γ_1 kəmiyyətinə aerozolun təsirinin aradan qaldırılmasının aşağıdakı növbəti şərtini əldə edirik:

$$k_3\tau_a(\lambda_4) + k_4\tau_a(\lambda_6) = \tau_a(\lambda_5) \quad (37)$$

Hesab edək ki, t_1 və t_2 zaman anlarında $\tau_w(\lambda_5, t_1)$ və $\tau_w(\lambda_5, t_2)$ -nin qiymətləri məlumdur, burada $\tau_w(\lambda_5, t_2) > \tau_w(\lambda_5, t_1)$. (37) ifadəsini, həmçinin, (28)÷(32) ifadələrini nəzərə alaraq, t_1 anında γ kəmiyyətinin təyində aerozol təsirinin kompensasiya etmə şərtlərini aşağıdakı kimi ifadə edilə bilərik:

$$k_3\lambda_4^{-\alpha(t_1)} + k_4\lambda_6^{-\alpha(t_1)} = \lambda_5^{-\alpha(t_1)} \quad (38)$$

t_2 anı üçün də analogi olaraq aşağıdakı şərti yaza bilərik:

$$k_3\lambda_4^{-\alpha(t_2)} + k_4\lambda_6^{-\alpha(t_2)} = \lambda_5^{-\alpha(t_2)} \quad (39)$$

$\alpha(t_1)$ və $\alpha(t_2)$ ifadələrinin məlum qiymətində və dalğa uzunluqlarının seçilmiş qiymətlərində k_3 və k_4 korreksiya əmsalları (38), (39) sistem tənliklərin həll edilməsi yolu ilə tapıla bilər.

t_1 və t_2 zaman anı üçün k_3 və k_4 alınmış qiymətlərini (33) ifadəsində yerinə qoysaq alarıq:

$$\gamma_1(t_1) = \frac{1}{\exp[-(\tau_w(\lambda_5, t_1))]} \quad (40)$$

$$\gamma_1(t_2) = \frac{1}{\exp[-(\tau_w(\lambda_5, t_2))]} \quad (41)$$

$\gamma_1(t_1), \gamma_2(t_2) - t_1$ və t_2 anlarında γ_1 kəmiyyətinin qiymətidir.

Sonra atmosferdəki su buxarlarının optik qalınlığının Moskalenko modelini nəzərə almaqla, t_1 və t_2 anları üçün yaza bilərik

$$W_1 = \frac{1}{m} \cdot \frac{b}{\sqrt{\frac{\ln \gamma_1(t_1)}{a}}} \quad (42)$$

$$W_2 = \frac{1}{m} \cdot b \sqrt{\frac{\ln \gamma_1(t_2)}{a}} \quad (43)$$

Beləliklə, t_1 və t_2 zaman anlarında üç dalğalı ölçmələr aparmaq yolu ilə, $\alpha(t_1)$ və $\alpha(t_2)$ qiymətləri barədə məlumat olduqda, tətbiq olunan korreksiya əmsallarının əvvəlcədən hesablanması ilə atmosferdəki W_1 və W_2 su buxarının ümumi miqdarını təyin etmək mümkün olur.

Daha sonra üçüncü fəsildə $810 \div 826\text{nm}$ dalğa uzunluğu intervalında atmosferdə su buxarlarının miqdarının ölçülməsi xətasının tədqiqi məsələlərinə baxılmışdır.

Atmosferdə olan su buxarlarının tərkib miqdarının $900 \div 960$ dalğa uzunluğunda ölçülməsi metodu ciddi çatışmazlığa malikdir. Bu çatışmazlıq ondan ibarətdir ki, Günəş fotometrində istifadə edilən interferensiya filtrlərinin buraxma zolağının temperatur dreyfi səbəbindən bu fotometrin göstərişi xeyli dəyişə bilər.

Məsələn, 940 və 945 dalğa uzunluqlarında fotometrin göstərişi ən azı 20% fərqli olacaqdır. Lakin, şəkil 1-də göstərilmiş əyriyədən görüldüyü kimi, $817 - 825\text{nm}$ dalğa uzunluğu diapazonunda göstərişlərin bu cür fərqlənməsi müşahidə edilmir. Deməli, termostabilizasiya edilmiş interferensiya filtrləri olmadığı halda atmosferdə olan su buxarlarının tərkib miqdarının $817 \div 825\text{nm}$ dalğa uzunluğu intervalında ölçülməsi daha məqsədəuyğun ola bilər.

Göstərilmişdir ki, β və τ_{oz} kəmiyyətlərinin qarşılıqlı dəyişmələrinin nəzərdən keçirilən ssenarilərində atmosferdə su buxarının tərkib miqdarının 817nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin nisbi xətası atmosferdəki ozonun optik qalınlığından asılı deyil və $\lambda=817\text{nm}$ dalğa uzunluğunda atmosfer aërozolunun optik qalınlığının ikiqat qiyməti ilə müəyyənəşir.

Üçüncü fəslin sonunda Günəş fotometri vasitəsilə atmosferdə olan su buxarlarının ümumi miqdarının çökdürülmüş qiymətinin ölçülməsi nəticələrinin model validasiyası metodlarının işlənilməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Məlum Batler metodu əsasında yazmaq olar ki,

$$I WV \approx \frac{P_0}{3T_0} \quad (44)$$

burada $I WV$ – mm-lə ölçülür; P_0 – mkBar-la ölçülür; T_0 – K ilə ölçülür.

Yer səthində su buxarlarının parsial təzyiqini hesablamaq üçün məlum ifadəni

RH və havanın temperaturu arasında güclü korrelyasiya əlaqəsini və Yer in səth temperaturu ilə havanın temperaturu arasındakı güclü mənfi korrelyasiyanı nəzərə alaraq yazıla bilər

$$P_0 = 2.409 \cdot 10^{12} \left(\frac{A - C_2 \cdot T_0}{C_1} \right) \cdot \left(\frac{300}{T_0} \right)^4 \cdot e^{-\frac{22.64 \cdot 300}{T_0}} \quad (45)$$

(44) və (45) ifadələrini nəzərə alaraq, yekunda yazıla bilər:

$$I WP = \frac{2.409 \cdot 10^{12} \left(\frac{A - C_2 \cdot T_0}{C_1} \right) \cdot \left(\frac{300}{T_0} \right)^4 \cdot e^{-\frac{22.64 \cdot 300}{T_0}}}{3T_0} \quad (46)$$

Beləliklə, səthin T_0 temperaturunu ölçməklə, və həmçinin, A , C_1 , C_2 sabitlərinin qiyməti barədə məlumat olduqda, $I WV$ kəmiyyətini təxmini qiymətləndirmək olar və bununla da, alınmış ölçmə nəticəsinin düzgünlüyü və ya səhv olduğu barədə fikir yürütmək olar.

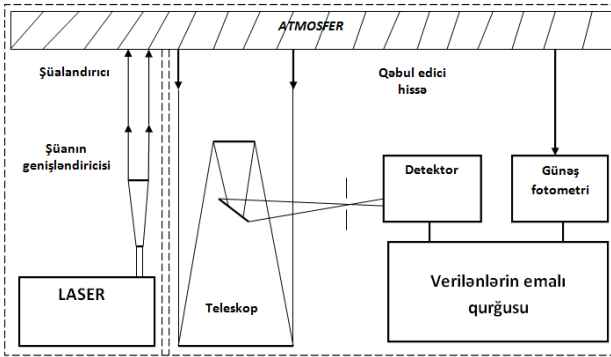
Dördüncü fəsil günəş fotometrləri istifadə edilən ölçmə komplekslərinin ölçmə və kalibrasiya üsullarının təkmilləşdirilməsinə həsr edilmişdir.

Fəslin əvvəlində atmosferin Linke tutqunluq əmsalının günəş – fotometrik ölçmələrin vasitəsilə təyin edilməsi metodu təklif edilir. Günəş – fotometrik ölçmələr aparılması yolu ilə atmosferin Linke tutqunluq əmsalının təyin edilməsi üçün Anqstrem tutqunluq əmsalı ilə Linke tutqunluq əmsalı arasındakı qarşılıqlı əlaqəni göstərən məlum analitik model istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə su buxarlarının çökdürülmüş qiymətini müəyyənləşdirmək üçün $\lambda_1=0.82$ və $\lambda_2=0.94$ mkm dalğa uzunluqlarında ikidalğalı ölçmə metodu təklif edilmişdir ki, ikidalğalı metodda kanalların birgə - sinxron kalibrasiyasının aparılması nəzərdə

tutulur. Göstərilmişdir ki, bu cür kalibrasiya kanalların ayrı – ayrılıqda kalibrasiyası halda atmosferin vəziyyətində baş verə biləcək dəyişiklik nəticəsində yarana bilən xətanı və kanalların cəm küy siqnalını azaltmağa aradan qaldırmağa imkan verir.

Dördüncü fəsildə daha sonra Lidar – Günəş – fotometrik sistemlərin işinin effektivliyinin yüksəldilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Lidarlar kalibrasiya edilərkən, siqnal/küy nisbətinin kiçik qiymətli olması, buludların təsiri, və həmçinin zəiflətmə əmsalının səpələnmə əmsalına nisbətinin ilkin qiymətlərinin potensial qeyri – dəqiqliyi yekun olaraq səhv nəticəyə gətirib – çıxara bilər. Bu səbəbə görə lidarların ölçmə xətasının qiymətləndirilməsi üçün günəş fotometrləri istifadə edilir.

Lidar – fotometrik kompleksin ümumi sxemi şəkil 2-də verilir.



Şəkil 2. Lidar – günəş – fotometrik atmosfer ölçmələri kompleksinin ümumi sxemi

Lidar tənliyinin məlum sadələşdirilməsi və lidarla ölçülmüş aerosulun optik qalınlığının τ_λ göstəricisi ilə əvəz edilməsi əsasında lidar – günəş fotometri kompleksinin tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$P(r) \cdot C(r) = \frac{C^2(r) \phi(\beta_m, \tau_\lambda)}{r^2} \quad (47)$$

burada $C=C(r)$ – lidar sabitinin (bu sabitə lidar şüasının gücü də daxildir) tələb edilən cari məsafədən asılılığını göstərən və yeni təklif edilən funksiyadır.

Lidar – günəş fotometri kompleksinin iş effektivliyini $P(r)$ və $C(r)$ funksiyalarının skalyar hasilinin inteqralından ibarət olan aşağıdakı ineqral göstərici vasitəsilə qiymətləndirmək olar

$$\gamma = \int_0^{r_{\max}} P(r) \cdot C(r) dr \quad (48)$$

(47) və (48) ifadələrindən alırıq

$$\gamma = \frac{\int_0^{r_{\max}} C^2(r) \phi(\beta_m, \tau_\lambda) dr}{r^2} \quad (49)$$

Mobil lazer kompleksinin enerji resursunun məhdud olması şərtini aşağıdakı kimi müəyyənləşdirək:

$$\int_0^{r_{\max}} C(r) dr = C_1; \quad C_1 = const \quad (50)$$

(50) şərtini, fiziki olaraq, mobil lazer kompleksinin enerji resursunun məhdud olması kimi interpretasiya etmək olar.

Optimal $C(r)$ funksiyasını tapmaq üçün variasiya optimallaşdırma məsələsi tərtib edilmiş və bu məsələnin Eylər üsulu ilə həlli aşağıdakı nəticəni vermişdir.

$$C(r)_{opt} = \frac{C_1 \cdot r^2}{2 \left[\int_0^{r_{\max}} \frac{r^2 dr}{2\psi B_m, \tau_\lambda} \right] \cdot \psi(B_m, \tau_\lambda)}$$

Göstərilmişdir ki, (49) həlli daxilində məqsəd funksionalı (50) minimal qiymət alır.

Mahiyətinə görə təklif etdiyimiz kriteri sifıra bərabər orta qiymətləri olan $P(r)$ və $C(r)$ funksiyalarının skalyar hasilinin inteqralı və ya kovariasiyası olduğuna görə lidar – fotometrik sistemin işinin təklif edilən effektivlik kriterisi optimal iş rejimində minimuma çatmalıdır. Bu onunla izah edilir ki, atmosferdən qəbul edilən siqnal maksimal informativliyə malik olduğu halda zondlayıcı siqnaldan xeyli fərqlənəcəkdir, yəni, ilkin zondlayıcı siqnalla qəbul edilən informativ siqnal arasında güclü mənfi korrelyasiya mövcud olacaqdır.

Dördüncü fəsildə daha sonra orbital peyklərin izlənməsi üçün nəzərdə tutulmuş yerüstü fotometr tipli mikroteleskop şəbəkəsinin kalibrasiyası üçün müxtəlif hündürlüklü balon tipli optik radiasiya mənbələrinin tətbiqi məsələlərinə baxılmışdır.

Yerüstü mikroteleskopların kalibrasiyasının məlum balon metodunun əsas çatışmazlığı kalibrasiya nəticələrinin eyni uçuş hündürlüyündə ölçmələr aparılması, və həmçinin, spektral xarakteristikalarına görə uzlaşdırılmamış, müxtəlif tipli işıq mənbələrinin istifadə edilməsi səbəbindən kiçik həqiqiliyə malik olmasından ibarətdir.

Balonların yerləşdirildiyi platformanın konstruksiyasında aşağıdakı dəyişikliklər təklif edilir:

1. Bütün mənbələrin eyni tipli lazer şüalandırıcıları ilə əvəz edilməsi;
2. Kalibrasiya prosedurlarının müxtəlif hündürlüklərdə aparılması.

Yuxarıda göstərilmiş birinci yenilik eyni tipli lazer şüalarındakı divergensiya hesabına müəyyən izotropluğa malik olan şüalanmanı təmin edə bilər.

Orbital lazerin yer səviyyəsində maqnitudu aşağıdakı ifadə ilə müəyyənləşir:

$$m \approx -2.5 \log_{10} \left(\frac{P}{h^2 d^2} \right) - 20.1 \quad (51)$$

Təklif edilən metodda ölçmələrin müxtəlif hündürlüklərdə, $(0 \div h_{max})$ yerləşən lazer şüasına görə aparıldığını nəzərə alsaq, şərti olaraq təhlilin kəsilməz modelinə keçməklə aşağıdakı funksiyanı nəzərdən keçirə bilərik:

$$d = \varphi(h) \quad (52)$$

Güman etmək olar ki, d divergensiya göstəricisi artdıqca platformada olan lazerlərdən gələn lazer şüalarının optik izi ilə əhatə edilmiş mikroteleskopların sayı həmçinin artacaqdır. Yuxarıda deyilənlər nəzərə alınarsa, müxtəlif h hündürlüyündə olan platformalardakı şüalandırıcıların cəm maqnitudunu aşağıdakı kimi hesablaya bilərik.

$$m_{\text{ümm}} = - \int_0^{h_{\text{max}}} 2.5 \cdot k \cdot h \cdot \log_{10} \frac{P}{h^2 \varphi^2(h)} dh + \int_0^{h_{\text{max}}} C \cdot (h) dh \quad (53)$$

$\varphi(h)$ funksiyasının optimal şəklinin axtarılması məsələsinin həlli üçün aşağıdakı məhdudiyət şərtini qəbul edək:

$$\int_0^{h_{\text{max}}} \varphi(h) dh = C_1; \quad (54)$$

burada $C_1 = \text{const}$.

(53) və (54) ifadələrini nəzərə alaraq qeyri – şərti variasiya optimallaşdırma funksionalı tərtib edilmiş və optimallaşdırma məsələsinin həlli aşağıdakı kimi alınmışdır:

$$\varphi(h) = \frac{2 \cdot C_1 \cdot h}{h^2_{\text{max}}} \quad (55)$$

Təklif edilmişdir ki, həmin maksimum mikroteleskopların düzgün kalibrasiyasının yekun əlaməti kimi istifadə edilsin. Alınmış nəticənin doğruluğunu yoxlamaq üçün model tədqiqatı apararaq.

Yoxlamanın metodikası aşağıdakılardan ibarətdir:

1. (48) şərtinə cavab verən funksiyalar cütü müəyyənləşdirilir. Bu funksiyalardan birisini (55) ifadəsinə uyğun seçək. İkinci funksiyanı aşağıdakı şərtdən təyin edirik.

$$\int_0^{h_{\max}} \varphi_2(h) dh = C_1 \quad (56)$$

burada

$$C_1 = \frac{A \cdot h_m}{2} \quad (57)$$

Burada

$$A = \frac{2C_1}{h_m} \quad (57)$$

Göstərmək olar ki, φ_2 funksiyası xətti funksiya kimi seçilərsə:

$$\varphi_2(h) = \frac{2C_1}{h_m} - \frac{A \cdot h}{h_m} \quad (58)$$

bu halda (55) şərti yerinə yetirilir (şəkil 3).

2. (48) məqsəd funksionalında birinci həddin ekstremumu axtarılır, yəni:

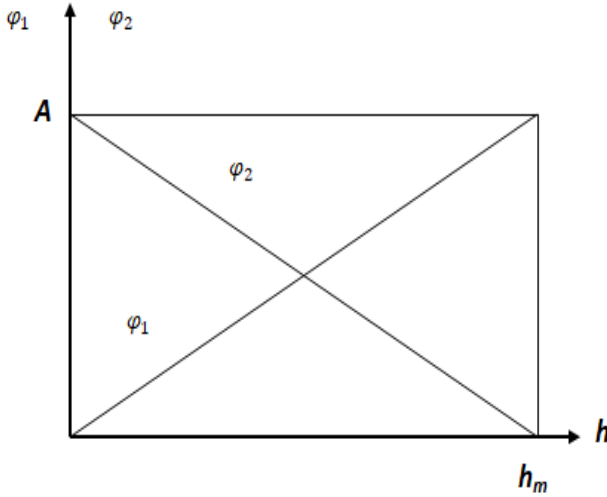
$$F_{\cdot 1} = - \int_0^{h_m} h \cdot \log_{10} \frac{P}{h^2 \varphi^2(h)} dh \quad (59)$$

Bu məqsədlə (54) həllini (59) ifadəsinə daxil edirik:

$$F_{\cdot 1}(\varphi_1) = - \int_0^{h_m} h \cdot \log_{10} \frac{P \cdot h_{\max}^4}{4C_1^2 h^4} dh \quad (60)$$

(58) ifadəsinə (59) – də nəzərə alsaq yaza bilərik:

$$F_{\cdot 1}(\varphi_2) = - \int_0^{h_m} h \cdot \log_{10} \frac{P}{h^2 \left(\frac{2C_1}{h_m} - \frac{A \cdot h}{h_m} \right)^2} dh \quad (61)$$



Şəkil 3. φ_2 funksiyasının seçilməsi

Beləliklə, (60) və (61) ifadələrində inteqrantların qrafiklərini qurub, vizual olaraq onların əhatə etdikləri sahələri qiymətləndirək. Aşağıdakı model qiymətlərini qəbul edək:

$$A = 1; h_m = 1; C_1 = 1; P = 1. \quad (62)$$

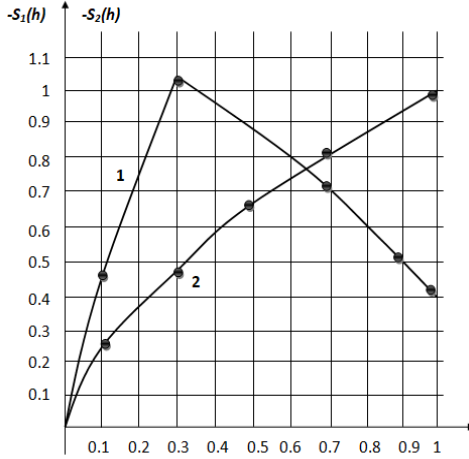
Beləliklə, aşağıdakı funksiyaların qrafikləri qurulmalıdır:

$$S_1(h) = -h \cdot \log_{10} \frac{10}{4h^4} \quad (63)$$

$$S_2(h) = -h \cdot \log_{10} \frac{10}{h^2(2-h)^2} \quad (64)$$

Qrafiklər $h=(0 \div 1)$ intervalında qurulur.

$S_1(h)$ və $S_2(h)$ ifadələrinin qrafikləri şəkil 4-də verilir. Şəkil 4-də göstərilmiş qrafiklərdən görünür ki, 1 əyrisinin əhatə etdiyi sahə, 2 əyrisinin əhatə etdiyi sahədən təxminən 15% böyükdür. Bu isə təklif edilən kalibrasiya metodunda 15 % artığını göstərir.



Şəkil 4. $S_1(h)$ və $S_2(h)$ funksiyalarının qrafikləri. Qəbul edilmiş işarələr: 1- $S_1(h)$ funksiyasının qrafiki; 2 - $S_2(h)$ funksiyasının qrafiki

Dördüncü fəslin sonunda xarici şüalandırıcı və LED tipli şüalandırıcıların fotodetektor rejminə istifadə edilməsi ilə atmosferin yerüstü qatında su buxarının miqdarının fotometrlə ölçülməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Su buxarlarının ümumi sütun miqdarının ölçülməsi üçün optik radiasiyanın dar dalğa uzunluğu zolağına malik olan, filtrlə (940nm) işləyən fotodiod və 825nm dalğa uzunluğunda işıq şüalandırıcı LED tipli diod fotodetektor rejminə istifadə edilmişdir.

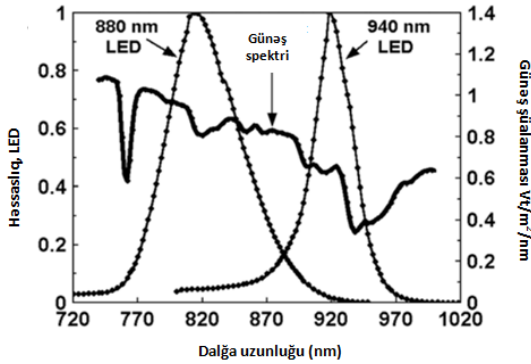
Bu işığa həssas elementlərin siqnallarının spektri şəkil 5-də verilmişdir.

Bizim tərəfimizdən yerüstü atmosfer təbəqəsində su buxarlarının ölçülməsinin yerüstü – hündürlük metodunun texniki reallaşdırılması üçün ikikanallı ölçmə qurğusu quraşdırılmışdır ki, bu qurğunun optik – elektron sxemi şəkil 6-da verilir.

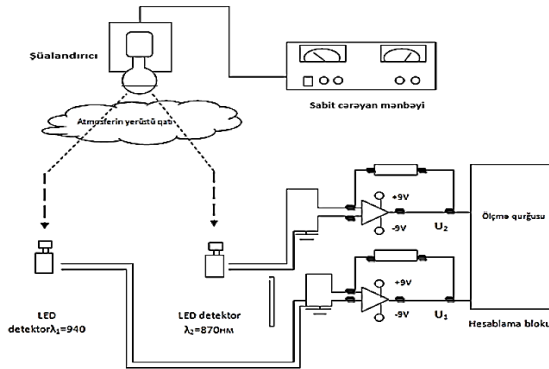
Eksperimental olaraq, $\lambda_1= 940\text{nm}$ və $\lambda_2=870\text{nm}$ dalğa uzunluqlarında işləyən yuxarıda göstərilmiş qurğu tədqiq edilmişdir. Şəkil

7-də $\ln \frac{V_1}{V_2} = f\left(\tau \cdot m - mPW^{\frac{1}{2}}\right)$ asılılığının eksperimental olaraq

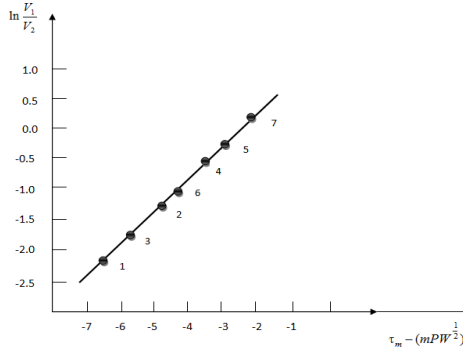
çıxarılmış əyrisi göstərilmişdir. Burada V_1 – 940nm dalğa uzunluqlu kanalın çıxışındakı siqnaldir; V_2 – 870nm dalğa uzunluqlu kanalın çıxışındakı siqnaldir.



Şəkil 5. 815nm və 920nm dalğa uzunluqlarında işləyən ikidiapazonlu fotometrə istifadə edilmiş LED sensorlarının buraxma zolaqları



Şəkil 6. Atmosferin yerüstü qatında olan su buxarlarının tərkib miqdarının ölçülməsi üçün qurğunun qəbul – ötürücü traktının optik – elektron sxemi



Şəkil 7. $\ln \frac{V_1}{V_2} = f\left(\tau \cdot m - mPW^{\frac{1}{2}}\right)$ asılılığının eksperimental olaraq çıxarılmış əyrisi

Aparılmış ölçmələrin tarixləri aşağıdakı kimidir:

1 – 10.04.2020; 2 – 12.04.2020; 3 – 14.04.2020; 4 – 16.04.2020;
5 – 18.04.2020; 6 – 20.04.2020; 7 – 22.04.2020.

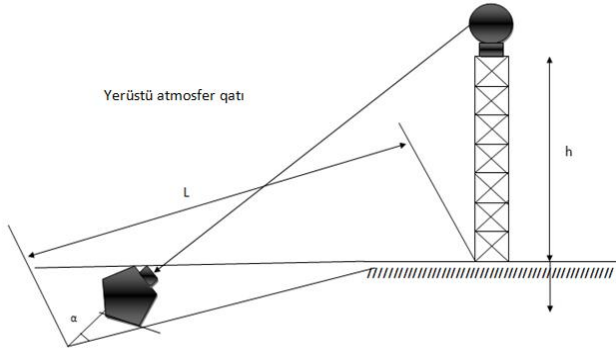
Çökmüş su buxarlarının ümumi miqdarının hesablanması üçün (65) formulası istifadə edilir, bu formula kalibrasiya əmsalına vurulmaqla bir qədər dəyişdirilmişdir

$$PW = \frac{k}{m} \left[17.627 - 30.719 \left(\frac{I_{940}}{I_{815}} \right) \right] \quad (65)$$

burada m – optik hava kütləsi; I_{940} – fotometrin çıxışında olan siqnaallar; k – kalibrasiya əmsalıdır.

Çökdürülmüş su buxarlarının ümumi miqdarının etalon qiyməti kimi, Batler metodu əsasında ölçmə nəticələrinin qiyməti istifadə edilmişdir.

Aparılan ölçmələr göstərmişdir ki, k əmsalının qiyməti 1.03 ÷ 1.08 hədlərində dəyişə bilər ki, bu da müqayisə üçün istifadə edilmiş Batler metodunun özünün xeyli metodik xəyata malik olması ilə qismən izah edilir.



Şəkil 8. Atmosferin yerüstü qatında su buxarlarının tərkib miqdarının ölçülməsi üçün istifadə edilən yerüstü – hündürlük metodunun texnoloji sxemi

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

1. Atmosferdə olan kiçik konsentrasiyalı qazların atmosfer aerosolunun təsiri alınmaqla sutka ərzində günəş fotometri vasitəsilə ən yüksək effektivliklə ölçülməsi şərtləri araşdırılmış və göstərilmişdir ki, bu məqsədə çatmaq üçün ölçmələr optimal rejimdə aparılmalı, yəni ölçmələr aparılan dalğa uzunluğu ilə optik hava kütləsi arasında düz mütənasib funksional asılılıq təmin edilməlidir.

2. Göstərilmişdir ki, həndəsi ortalaşdırma prinsipinə əsaslanan korreksiya üsulu istifadə edilən təklif edilmiş yeni günəş fotometrik ölçmə metodu atmosfer aerosolunun üçdalğalı günəş – fotometrik ölçmə nəticələrinə təsirini tam aradan qaldırılmasına imkan verir və atmosferdəki kiçik konsentrasiyalı qazların və optik radiasiya göstəricilərinin dəqiq ölçülməsi üçün tətbiq edilə bilər.

3. Atmosferdə su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə ölçülməsi üçün yeni üçdalğalı ölçmə metodu təklif edilmişdir ki, burada ölçmə dəqiqliyinin artırılması məqsədilə atmosfer aerosolunun ən çox qeyri – stabil olan hidrofil tərkib hissəsinin qeyri – stabilləşdirici təsiri kompensasiya üsulu ilə aradan qaldırılır.

4. Göstərilmişdir ki, təklif edilmiş yeni təkmilləşdirilmiş üç dalğa metodu əsasında işləyən günəş fotometri vasitəsilə fiksə edilmiş anlarda üçdalğalı ölçmələr aparmaqla, və bu anlara aid olan Anqstrem göstəricisinin qiymətlərindən istifadə etməklə müvafiq korreksiya əmsallarının hesablanması yolu ilə deyilən anlarda atmosferdəki su buxarının miqdarını dəqiq təyin etmək mümkündür. Bu nəticə istixana qazlarından ən əhəmiyyətli olan su buxarlarının tədqiqində yeni imkanlar açır.

5. Göstərilmişdir ki, temperatura qarşı həssas olan interferensiya filtrləri günəş fotometrlərində tətbiq edilmiş olduğu halda, atmosferdə olan su buxarlarının günəş fotometri vasitəsilə 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin dəqiqliyi 940 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsi dəqiqliyindən daha yüksək ola bilər və atmosferdə olan su buxarlarının ümumi miqdarının 817 nm dalğa uzunluğunda ölçülməsinin nisbi xətası həmin dalğa uzunluğunda atmosfer aerosolunun optik qalınlığının iki mislinə düz mütənasibdir.

6. Atmosferdə olan su buxarlarının cəm qiymətinin ilkin ölçmə nəticələrinin validasiyası üçün yer səthindəki havanın temperaturunun ölçülməsini və tədqiq edilən region üçün xarakter olan statistik verilənlərin nəzərə alınmasını nəzərdə tutan eksperimental model metodları təklif edilmişlər ki, bu metodlar ölçmə nəticələrinin ilkin emalında istifadə edilə bilərlər.

7. Lidardan və günəş fotometrindən ibarət olan məsafədən zondlama kompleksinin effektivliyinin artırılması üçün effektivlik kriterisi təklif edilmiş, lazer şüasının gücünün zondlama məsafəsindən asılılığını göstərən funksiyanın deyilən kriterini ekstremuma çatdıran optimal növü aşkar edilmişdir ki, bu da müvafiq kompleks vasitəsilə atmosferin tədqiqinin səmərəliliyini artırmağa bilər.

8. Orbital peyklərin yerdən izlənməsi üçün istifadə edilən fotometr quruluşlu mikroteleskopların kalibrasiya dəqiqliyini artırmaq üçün eyni tipli lazerlər quraşdırılmış kalibrasiya platformalarının müxtəlif hündürlüklərdə yerləşdirilməsi təklif edilmiş və cəm kalibrasiya siqnalının bu funksiyanın müəyyən optimal növü şərti daxilində aldığı ekstremal qiymətin aparılan kalibrasiya prosedurunun düzgünlüyünün diaqnostikası əlaməti kimi istifadə edilməsi mümkünlüyü barədə müddəa fotometr quruluşlu mikroteleskopların peyklərin müşahidəsi sahəsində funksional imkanlarını daha da genişləndirir.

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Məmmədova Ü. F., Mahmudova, V. X. Ozonometr rejimində işləyən günəş fotometrinin iş rejiminin optimallaşdırılması // MIMCS 2019. Modern Information and Control Systems: Problems and Perspectives Azərbaycan Beynəlxalq elmi – praktiki konfrans. –Bakı: –2019, 01-02 iyul. –s. 277/1

2. Асадов Х. Г., Мамедова У. Ф. Новый метод измерения общего количества водяных паров а атмосфере с помощью солнечных фотометра // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. –Москва: –2019. Т.11. №3. –с.81-88.
Doi: 10.24411/2409-5419-2018-10271.

3. Асадов Х. Г., Мамедова У. Ф. Повышение точности многоволнового метода измерения общего содержания водяных паров в атмосфере с помощью солнечного фотометра// Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. –Москва: –2019. Т. 11. №2. –с.4-9.
Doi: 10.24411/2409-5419-2018-10274.

4. Мамедова У. Ф. Исследование нестабильности пропускания атмосферы на линиях поглощения водяных паров. “Аспирант: труды молодых ученых, аспирантов и студентов”, –Чита: –2020. №2. –с.71-74

5. Асадов Х. Г., Мамедова У. Ф. Методы модельной валидации результатов измерения общего количества осажденных водяных паров в атмосфере с помощью солнечного фотометра// Информация. Космос. –С. Петербург: –2020. №4. –с.68-72.

6. Асадов Х. Г., Мамедова У. Ф. Повышение эффективности функционирования лидарно – солнечно – фотометрических систем // Вестник НТУУ КПУ. Серия: Радиотехника, Радиоаппаратостроение. –Киев: –2020. №83. –с.36-40

7. Мамедова У. Ф., Алиева А. Д. Оптимизация суточных солнечно – фотометрических измерений оптической толщины малых газов с учетом влияния атмосферного аэрозоля// Геополитика и

экогеодинамика регионов. –Симферополь: –2020. Т. 6(16). –с.298-304.

8. Мамедова У. Ф. Вопросы измерения влагосодержания в приземном слое атмосферы с использованием внешнего излучателя и фотометра с LED излучателями в режиме фотодетектора// Фотоника. –Москва: –2020. №6. –с.550-558.

9. Məmmədova, Ü. F., Su buxarlarının udma xətlərində atmosferin buraxma əmsalının qeyri-stabilliyinin tədqiqi // MIMCS 2020. Modern Information and Control Systems: Problems and Perspectives Konfrans ADNSU. –Bakı: –2020. 07-08 Dekabr. –s.193/1

10. Məmmədova, Ü. F., Mahmudova, V. X. Ozonometr rejimində işləyən günəş fotometrinin iş rejiminin optimallaşdırılması. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri. –Bakı: –2020. №1. –s.52-56

11. Асадов, Х. Г., Мамедова, У. Ф. Вопросы применения разновысотных баллонных источников оптической радиации для калибровки наземных микротелескопов сети отслеживания орбитальных спутников // Космические аппараты и технологии. –Железногорск: –2020. №1(131). том. 4. –с.48-53.

12. Асадов, Х. Г., Мамедова, У. Ф., Алиева, А. Дж. Метод аэрозольной коррекции в трехволновых солнечных фотометрах // Информация. Космос. –С Петербург: –2020. №1. –с.77-80.

13. Мамедова, У. Ф. О возможности использования солнечных фотометров для формирования солнечно – радиационных метеопрогнозов// Гелиогеофизические исследования, выпуск 28. –Москва: –2020.–с.55-60.

14. Мамедова У. Ф. Исследование погрешности измерения содержания водяных паров в атмосфере на интервале длин волн 810-820нм // Гелиогеофизические исследования. Выпуск. –Москва: –2020. Т. 27. –с.23-29.

15. Мамедова, У. Ф. Метод определения полной солнечной радиации на земной поверхности // Аспирант: труды молодых ученых, аспирантов и студентов. –Чита: –2020. №2. –с.65-70

16. Məmmədova Ü. F. Su buxarlarının udma xətlərində atmosferin buraxma əmsalının qeyri-stabilliyinin tədqiqi//The Caucasus Economic & Social Analysis Journal of Southern Caucasus. –Tbilisi: –2020, August, Volume 44, Issue 05 –s.14-17

17. Мамедова У. Ф., Асадов Х. Г., Годжаева-Гасимова С. Н. Обобщенный метод Ленгли для калибровки солнечных фотометров// Электронный научный журнал «Гелиогеофизические исследования», Содержание 29-го выпуска электронного 2021 год. –Москва: –2021. –с.9-17

18. Асадов Х. Г., Мамедова У. Ф., Эминов Р. А. Метод определения коэффициента мутности атмосферы Линке с помощью солнечно – фотометрических измерений // Научный вестник МГТУ ГА. –Москва: –2021. Т. 29. –с.18-23

19. Асадов, Х. Г., Мамедова, У. Ф., Керимова, С. И. О критерии эффективности функционирования лидарно – солнечно – фотометрических систем для исследования атмосферы// Научно – практическая конференция в Азербайджанском Техническом Университете. –Баку: –2021, 26-27 ноября. –с.204-209

20. Мамедова У. Ф., Абдурахманова И. Г., Протасов В. В., Жуни Р. Х., Семенова А. Е. Оценка нестабильности прозрачности атмосферы на линиях поглощения водяных паров //Актуальные проблемы экологии и охраны труда. –Курск: –2022. –с.143-148 ISBN 978-5-7681-1582-1.

Həmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:

[4, 8, 9, 13, 14, 15,16]-müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.
[1, 2, 3,5, 6, 7, 10, 11, 12,17, 18, 19, 20]-tədqiqat,təhlil və nəticələrin emalı üzrə aparılan işlərin əsas həmmüəllifi olmuşdur.

Dissertasiyanın müdafiəsi 03 may 2024 il tarixində saat 11⁰⁰ Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Hüseyn Cavid prospekti 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 01 aprel 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 29.03.2024
Kağızın formatı: A5
Həcm: 40116
Tiraj: 100