

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## ATMOSFERİN GPS - ÖLÇMƏLƏR DƏQİQLİYİNƏ OLAN TƏSİRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARI

İxtisas: 3324.07 – Məsafədən aerokosmik tədqiqatlar

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Ramiz Əhməd oğlu Eminov**

Texnika elmləri doktoru elmi dərəcəsinə almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**Bakı - 2022**

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin  
“Faydalı qazıntı yataqlarının geologiyası və işlənməsi”  
kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: **texniki elmlər doktoru, professor**  
**Natiq Hacı oğlu Cavadov**

Rəsmi opponentlər: **f.-r.e.d., AMEA-nın müxbir üzvü**  
**Oqtay Əbil oğlu Səmədov**  
**f.-r.e.d., AMEA-nın müxbir üzvü**  
**Rauf Hacı oğlu Qardaşov**  
**texniki elmlər doktoru, professor**  
**Bəxtiyar Maqatıl oğlu Əzizov**  
**texniki elmlər doktoru, professor**  
**Əli İsa oğlu Məmmədov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya  
Komissiyasının Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının  
nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.01 Dissertasiya şurasının  
bazasında yaradılmış BED 2.01/1 Birdəfəli Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının  
sədri: **f.-r.e.d., akademik**  
**Arif Mir Cəlal oğlu Paşayev**

Dissertasiya şurasının  
elmi katibi: **c.e.d., dosent**  
**Surxay Həsən oğlu Səfərov**

Elmi seminarın  
sədri: **t.e.d., dosent**  
**Xəqani İmran oğlu Abdullayev**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** GPS sistemlərində aparılan fəza və vaxt ölçmələri baza əməliyyatlar hesab olunur. Bu ölçmələr bazasında obyektlərin mövqetəyinedilməsi və bəzi fiziki-texniki məsələlərin həlli edilir. Bir sıra meteoroloji parametrlərin ölçülməsində GPS sistemlərinin imkanlarını qeyd etmək lazımdır. Bu GPS-siqnallarının müxtəlif meteoparametrlərdən irəli gələn vaxt gecikməsinin asılılığı ilə izah olunur. Bu hal mikrodalğaların yayılmasına təsir edən bir sıra meteoroloji amillərin ölçülməsində GPS-siqnallar gecikmələrinin qiymətləndirilməsindən istifadə etməyə imkan verir.

ГЛОНАСС/GPS sistemlərinin qəbulediciləri vasitəsilə üç naviqasiya peyklərinə qədər məsafələri ölçməklə, obyektlərin yerlərini təyin etmək mümkündür. RTK şəbəkə sistemlərində istifadə olunan xətlər modelləri GPS mövqetəyinetmənin cəm xətasını xeyli azaltmağa imkan verir. Səyyar qəbuledicinin yaxınlığında yerləşən və baza stansiyasının modeli olan (VRS) Virtual Baza Stansiyasından istifadəni müasir GPS ölçmələr metodlarından birisi kimi hesab etmək olar. VRS-in tətbiqi həm çoxyolluluqdan, həm də ionosfer və troposfer gecikmələrinin təsirindən yaranan xətləri xeyli azaltmağa imkan verir. Mikrodalğalar atmosferdə yayılarkən su buxarlarının, yağışın, iridisversli aeroxolların, atmosfer cəbhələrin və başqa amillərin təsirinə məruz qalır. Bu amillər mikrodalğalı siqnalların gecikməsinə və onların amplitudasının sönməsinə səbəb olur.

GPS ölçmələrini yüksək dəqiqliklə aparmaq üçün su buxarlarının və hidrometeorların düzgün qiymətləndirilməsi təmin olunmalıdır. GPS sistemləri ilk gündən naviqasiya və mövqetəyinetmə məqsədilə yaransa da, bir qədər sonra onlar həm müxtəlif atmosfer göstəricilərinin, həm də həcminə görə çox dəyişən olan su buxarlarının məsafədən zondlaşdırılması üçün universal texniki vasitələrə çevrilmişdir.

GPS qəbuledicilərin girişində səs mənbəyinə səbəb təbii amillərdən biri kimi bitkilər hesab olunur.

Mikrodalğalı siqnalların bitkilərlə qaytarılması xassələrinin dəqiq öyrənilməsi, GPS sistemlərinin dəqiqlik göstəricilərinin sonrakı yaxşılaşdırılmasına imkan verəcək.

GPS sistemlərinin tətbiqi sahələrindən biri də ərazilərin

xəritəçəkilməsidir. Neft-qaz boru kəmərlərinin və magistral yolların layihələndirilməsi və tikintisində, antropogen fəaliyyətin ətraf mühitə olan təsirinin qiymətləndirilməsində və eləcə də infrastruktur obyektlərin menecmenti üzrə işlərinin aparılmasında ərazinin dəqiq xəritəçəkilməsi vacibdir.

Ərazinin xəritəçəkilməsi məsələsi hətda, «Lidar» adlanan, digər məsafədən zondlaşdırma vasitəsilə də həll oluna bilər. Topoqrafik xəritəçəkmə məqsədilə təyyarə lidarlarının geniş tətbiq olunması, lazer adlanan itifokuslu kogerent işıq mənbələrinin xüsusi xassələri ilə izah olunur.

Müasir dövrdə geodinamikanın, yəni seysmotektonik, texnogen, ekzogen və endogen proseslərin öyrənilməsində aerokosmik tədqiqat metodları ən tələb olunandır.

Yuxarıda qeyd olunanların hamısı aparılmış dissertasiya tədqiqatlarının aktuallığını bir daha təsdiqləyir.

**Problemin vəziyyəti.** Hal-hazırda mövqəyinetməni santimetrli dəqiqliklə yerinə yetirmək üçün RTK (real vaxtda kinematik mövqəyinetmə) rejimini tətbiq edirlər. Şəbəkəli RTK GPS sistemlərində mövqəyinetmə xətalrı bu qruplara bölünür:

1. Dispersiv yaxud tezlik-asılıqlı xəta
2. Qeyri dispersiv yaxud tezlik-qeyriasilıqlı xəta.

Dispersiv xətalara ionosfer gecikməsilə bağlı xətalrı aid edirlər. Qeyri dispersiv xətalara troposfer gecikməsinin xətalrı aid edirlər.

RTK rejimində korreksiya siqnalı radiokanallar vasitəsilə baza stansiyasından səyyar qəbulediciyə ötürülür. Səyyar qəbuledici baza stansiyasından uzaqlaşdıqca, onunla aparılan ölçmələrin qeyri dəqiqliyi artır. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alsaq, onda demək olar ki, səyyar qəbuledicinin baza stansiyalarına nisbətən optimal mövqeyinin tapılması aktual məsələdir.

Tərəfimizdən işlənilmiş və bir sıra işlərimizdə dərc olunmuş informasiya mövqəyinetmə metod həm homogen, həm də qeyri homogen sahələrə aid olunub və eyni zamanda onun həlli məsələsinin ümumi halda həllinin riyazi alqoritmi verilib. Son on ildə RTK GPS metodu ərazinin xəritəçəkilməsində, yolların, kanalların və magistral boru kəmərlərinin layihələndirilməsində, nəqliyyat vasitələrinin izlənilməsində, ərazinin rəqəmli modelinin yaradılmasında və bir çox başqa işlərdə geniş tətbiq olunub. Hal

hazırda RTK GPS sisteminin dəqiqliyi  $\pm 2$  sm qiymətinə çatdırılıb.

Qeyd etmək lazımdır ki, GPS-siqnallarının keçikməsinə təsir edən atmosfer amillərinə hətta tükvari buludları da aid etmək olar. Bu tipli atmosfer amilinin nəzərə alınması üçün, xüsusi fotometrik tədqiqat metodlarının işlənilməsi zəruridir.

Su buxarlarının ümumi miqdarının GPS vasitəsilə təyini üçün yer səthindəki təzyiğin və troposferdə orta hərərətin qiymətləri məlum olmalıdır. Yer səthindəki təzyiğin məlum qiyməti ümumi gecikməni hidrostatik və rütubət komponentlərinə bölməyə imkan verir. Bu zaman atmosferin orta hərərəti haqqında da məlumatların olması vacibdir.

Lidar xəritəçəkməsinin ilkin inkişaf mərhələsində bu əməliyyat 15 sm xəta ilə aparılırdı. Son illərdə təyyarə-lidar ölçmələr dəqiqliyinin hündürlük boyu  $\pm 4$  sm, üfüqi istiqamət boyu isə  $\pm 1,5$  sm qiymətlərinə çatdırılmasına dair məlumatlar yayılmışdır və qeyd olunmuşdur ki, daşıyıcının öz mövqeyinin təyin edilməsi xətası daha çox təsir edir.

Yuxarıdakıları nəzərə alaraq, qeyd etmək olar ki, dissertasiya işi RTK GPS mövqetəyinetmə sistemlərinin optimallaşdırılmasına, onların xətalalarının azaldılmasına dair tədbirlərin görülməsinə, müəyyən fiziki-texniki parametrlərin GPS sistemlərlə ölçülməsinə, təyyarə-lidar sistem vasitələrinin dəqiqliyinin artırılmasına, GPS ölçmələrinin dəqiqliyinə təsir edən atmosfer amillərinin fotometrik sistemlərlə ölçülməsinə və onlardan irəli gələn bir çox praktiki və nəzəri məsələlərin həllinə həsr edilmişdir.

**Tədqiqat obyektləri və predmeti kimi:** GPS-ölçmələrin dəqiqliyinə təsir edən atmosfer amilləri; onların təsir dərəcələrini azalda bilən metodlar; bu amillərin öyrənilməsində tətbiq olunan geodezi aerokosmik sistemlər hesab olunur.

**Tədqiqatların məqsədləri:** atmosferin GPS-ölçmələrə etdiyi təsirin öyrənilməsinin nəzəri əsaslarının sonrakı dərinləşdirilməsi; onun öyrənilməsinin dəqiqliyini artıran mövcud aerokosmik sistemlərin və metodların təkmilləşdirilməsi və yenilərinin işlənilməsi; meteoamillərin ölçmə nəticələrinə etdiyi təsirin keyfiyyətə və kəmiyyətə qiymətləndirilməsidir.

## **Tədqiqatların əsas məsələləri**

1. RTK GPS sistemlərdə baza stansiyalar seçiminin yeni metodlarının işlənilməsi və onların realizasiyası üçün riyazi modellərin yaradılması.

2. Müxtəlif atmosfer amillərin GPS-siqnalların troposfer gecikməsinə etdiyi təsirlərinin təyini metodlarının işlənilməsi və onların təsir dərəcələrini hesablayan düsturların çıxarılması.

3. Atmosferin fiziki parametrlərinin təyini üçün aerokosmik vasitələrin birgə istifadə mümkünlüyünün öyrənilməsi və onların ölçmələrinin optimallaşdırılması metodikasının işlənilməsi.

4. Atmosferdəki su buxarlarının cəm miqdarının ölçülməsi üçün yeni metodların işlənilməsi və nisbi rütubətin ərazinin coğrafi en dairəsindən asılılığının optimal funksiyasının hesablanması tənliyinin alınması.

5. Fotometrik meteoroloji ölçmələr metodlarının tədqiqi, onların enerji-spektral optimallaşdırılmasının yeni prinsipinin işlənilməsi və riyazi əsaslandırılması, müxtəlif tipli buludların eyniləşdirilməsi sisteminin qurulması variantlarının sintezi.

6. Geodeziya obyektlərinin mövqetəyinedilməsinin optimallaşdırılma məsələsinin həlli və peyk trianqulyasiyasının şəbəkə stansiyasının optimal seçimi üçün metodların işlənilməsi.

7. GPS sistemlərin və lidar qurğuların tətbiqi ilə ərazi xəritəçəkilməsinin həddi dəqiqliyinin artırılması metodunun işlənilməsi və onun riyazi əsaslandırılması.

8. Atmosferin etdiyi təsiri kompensasiya etməyə imkan verən təyyarə-lidar landşaft yüksəklik ölçmə metodlarının işlənilməsi və "Lidar-GPS" sisteminin həddi xətasının qiymətləndirilməsi üçün düsturların alınması.

## **Tədqiqat metodları**

Tədqiqat metodları atmosfer fizikasının fundamental hallarına, inteqral hesablamalar nəzəriyyəsinə, optimallaşdırma nəzəriyyəsinə, variasion hesablamalar nəzəriyyəsinə, ölçmə texnikası əsasına, fotometriya nəzəriyyəsinə və sistemlər nəzəriyyəsinə arxalanaraq, troposfer gecikmələrin mövcud modellərinin təhlilinə və təkmilləşdirilməsinə əsaslanır.

## **Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar**

1. Şəbəkəli RTK GPS sistemlərdə baza stansiyaların seçimi üçün işlənmiş entropiyalı, integral və informasiya metodları və qeyri-dispersiv mühitlərdə signal/küy nisbət asılılığının işlənmiş riyazi modeli.

2. Atmosfer cəbhələrin, yağışın, aerosolun GPS siqnallarının troposfer keçikməsinə etdikləri təsirin işlənmiş qiymətləndirmə və dərəcələrinin təyini metodikası, qarşıda qoyulmuş məsələlər həllinin riyazi modelləri.

3. Atmosferdə cəm su buxarlarının ölçülməsi üçün işlənmiş və riyazi cəhətdən əsaslandırılmış ikidiapazonlu metod. Tam elektron tərkibin və atmosfer qazların GPS-lə ionosferli ölçmələrinin optimallaşdırılması məsələləri.

4. Batlı metodunun və ehtimal olunan optik kütlələr metodunun xətilərini nəzərə alan günəş-fotometrik ölçmələr üçün işlənmiş modifikasiyalı metod.

5. Çoxkanallı ölçmə sistemlərinin spektral-selli xüsusiyyətlərindən istifadəni əsaslandırın məsələ. Vulkanik küllər buludlarının fotometrik eyniləşdirmə sisteminin qurulmasında mümkün olan variantların sintez məsələsi.

6. Təklif olunmuş enerji-rütubət meyyarına görə geodeziya obyektlərinin mövqetəyinedilməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli və reallaşdırılması üçün işlənmiş metodika. Qeyri homogen sahələrdə informasiya mövqetəyinetmənin işlənmiş nəzəriyyəsi.

7. Konkret bitki növləri üçün qaytarma səthinin dielektrik sabitinin işlənmiş təyini metodikası. Magistral boru kəmərlər trassasının lidarla xəritəçəkməsinin həddi imkanlarının artırılması üçün işlənmiş metod.

8. Təyyarə-lidarla landşaft yüksəklik ölçmələrin işlənmiş ikidalğalı metodu və sahil sular səviyyələrinin ölçülməsi metodu. "Lidar-GPS" sisteminin həddi xətilərini qiymətləndirilməsi düsturları.

## **İşin elmi yeniliyi**

1. ŞəbəkəGPS sistemlərdə baza stansiyalar seçimindəki qeyri-müəyyənliyin aradan götürülməsi məsələsinin həlli, entropiyalı, inteqral və informasiya seçim metodlarının işlənilməsi, onların riyazi modellərinin verilməsi.

2. Atmosfer cəbhələrin, yağışın və atmosfer aerosolunun GPS siqnallarının troposfer gecikməsinə olan təsirlər dərəcələrinin təyini metodikasının işlənilməsi və onların hesablanması düsturlarının çıxarılması.

3. Birgə GPS-fotometrik ölçmələrdə günəş fotometrinin yeni qurulma strukturunun təklifi və tam elektron tərkibin ionosferli GPS- ölçmələrinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli.

4. Atmosferdə cəm su buxarlarının ölçülməsi üçün aerosolun təsirini neytrallaşdıran ikidiapazonlu metodunun və onun riyazi əsasının işlənilməsi.

5. Rütubətin coğrafi en dairəsindən asılılığının optimal funksiyasını hesablamaq üçün transsendent tənliyin alınması. Atmosfer qazların və vulkanik küllər buludlarının ölçülməsinin enerji-spektral optimallaşdırılması prinsipinin işlənilməsi.

6. Təklif olunan rütubət-enerji meyarına görə geodeziya obyektlərinin mövqetəyinedilməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli. Qeyri homogen sahələr üçün informasiya mövqetəyinetmə nəzəriyyəsinin işlənilməsi.

7. Konkret növ bitkilər üçün qaytarma səthinin dielektrik sabitinin təyini metodunun təklif olunması. Magistral boru kəmərlər trassalarının lidarla xəritəçəkilməsinin həddi imkanlarının artırılması metodunun işlənilməsi.

8. Landşaft yüksəkliklərinin ölçülməsi üçün, atmosferin təsirini kompensasiya edən, ikidalğalı təyyarə-lidar metodunun işlənilməsi. «Lidar-GPS» sisteminin həddi xətasının qiymətləndirilməsi düsturunun alınması. Sahil suları səviyyəsinin ölçülməsi metodunun işlənilməsi.

## **Tədqiqatların nəzəri və praktiki əhəmiyyəti**

1. İşlənmiş entropiyalı, inteqral və informasiya metodlar və onların realizasiya alqoritmləri RTK GPS sistemlərdə baza stansiyaların optimal seçilməsini təşkil etməklə yanaşı, onların səmərəliliyini də artırmağa imkan verəcək.



2. Atmosfer amillərin GPS siqnallarının gecikməsinə etdikləri təsirin tədqiqi nəticələri bu cür təsirlərin optimal nəzərə alınmasına və bununla da GPS sistemlərinin iş səmərəliliyinin artırılmasına imkan verəcək..

3. GPS-fotometrik ölçmələrin təklif olunan yeni qurulma strukturu və ionosfer ölçmələrin həll olunmuş optimizasiya məsələsi atmosfer amillərin təsir dərəcələrinin təyini dəqiqliyinin artırılmasına imkan verəcək.

4. İşlənmiş və riyazi cəhətdən əsaslandırılmış atmosferdəki cəm su buxarlarının ikidiapazonlu ölçmə metodu atmosfer aerzolunun təsirini neytrallaşdıracaq və onların təsir dərəcəsini daha dəqiq təyin etməyə imkan verəcək.

5. Rütubətin coğrafi en dairəsindən asılılığını göstərən optimal funksiyanın hesablanması üçün alınmış transsendent tənlik və atmosfer qazların və vulkanik kül buludlarının yeni enerji-spektral optimizasiya prinsipi GPS-ölçmələrin dəqiqliyini artırmağa imkan verəcək.

6. Təklif olunmuş rütubət-enerji meyyarına görə geodeziya obyektlərinin optimallaşdırılmasının həll olunmuş məsələsi və qeyri - homogen sahələrdə informasiya mövqetəyinetmənin işlənmiş nəzəriyyəsi GPS-ölçmələrin dəqiqliyini və səmərəliliyini artıracaq.

7. Qaytaran səthin dielektrik sabitinin təklif olunmuş təyini metodu və magistral boru kəmərlərinin lidarla xəritəçəkməsinin həddi imkanlarının artırılması metodu texniki ölçmələrin həcmi azaldacaq və onların dəqiqliyini artıracaq.

8. Təyyarə-lidarla yüksəklik landşaft ölçmələrinin işlənmiş ikidalğalı metod və sahil sularının səviyyəsinin ölçülməsi metodu atmosfer təsirini kompensasiya etməyə və ölçmələr dəqiqliyini artırmağa imkan verəcək.

**Tədqiqat işlərinin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin əsas nəzəri və praktiki nəticələri aşağıda məruzə, müzakirə və nəşr olunub:

- Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin professor-müəllim heyyyətinin və aspirantlarının elmi konfransının materiallarında, Bakı, 2007;

- «Научно – технический прогресс и современная авиация». Труды Международной Конференции, Баку, Национальная

Академия Авиации, 2009;

- IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Курск, 2012;

- «XXI əsr: Geodeziya və Kartoqrafiya elmində innovasiyalar».

IY elmi-praktiki konfrans, BDU, Bakı, 2012, noyabr;

- Heydər Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi konfransı, BDU, Bakı, 7-8 may, 2013;

- «XXI əsrdə ekologiyanın və torpaqşünaslıq elmlərinin aktual problemləri» Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, BDU, 2013;

- VII Международная Научно-практическая Конференция «Актуальные проблемы экологии и охраны труда». Курск, 2015.

- X Международная Научно-практическая Конференция «Аграрная Наука-сельскому хозяйству». Барнаул, 2015 и др.

**Tədqiqatlar nəticələrinin realizasiyası.** Dissertasiya işinin əsas nəzəri və praktiki nəticələri «Azəri GIS» MMC-də, «SƏNAYEAVTOMATİKA» İB-də tətbiq olunub, «Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin», «Bakı Dövlət Universitetinin», «Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin» tədris prosesində qəbul ediləcək və Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin «Geodeziya və Kartoqrafiya Agentliyinin» təsərrüfat hesablı işlərində istifadə olunacaq.

**Dissertasiya işi** Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin «Faydalı qazıntı yataqlarının geologiyası və işlənməsi» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Nəşrlər.** Dissertasiyanın materialları 57 işdə dərc olunmuşdur, onlardan 46-ı jurnallar məqalələridir, 11-i Beynəlxalq və Respublika əhəmiyyətli elmi konfrans materiallarıdır.

**İşin həcmi.** Dissertasiya işi 259 səhvdən, girişdən, 7 fəsildən, 32 paragrafdan, 56 şəkildən, 6 cədvəldən, nəticələrdən, yekundan, 246 adda ədəbiyyat siyahısından, abbreviaturadan və əlavələrdən ibarətdir. Mündəricat və girişdə işarələrin sayı – 25 660, I fəsildə - 62 352, II fəsildə - 64 413, III fəsildə - 31 619, IV fəsildə - 43 757, V fəsildə - 34 563, VI fəsildə - 34 338, VII fəsildə -32 599, əsas nəticələr və ədəbiyyat siyahısında - 55 596, ümumilikdə boşluqlarla birgə-387389 işarə. Avtoreferat-75877 işarədən ibarətdir.

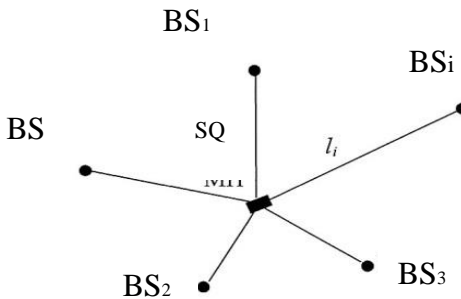
## İŞİN MƏZMUNU

**Giriş.** Girişdə həll olunan problemlər şərh olunur, dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, tədqiqat obyektləri, onun məqsədi, məsələlərin qoyuluşu, elmi yenilikləri və alınmış nəticələrin praktiki əhəmiyyəti qeyd olunur, müdafiəyə çıxarılan əsas hallar və işlərin aprobeasiyası haqqında məlumatlar verilir və dissertasiya mövzusunun əhatə edən dərc olunmuş işlərin və işarələrin sayı göstərilir.

**Birinci fəsil**də yüksəkinformativli RTK GPS mövqetəyinetmə sistemlərinin qurulması məsələləri nəzərdən keçirilir.

Səyyar qəbuledici baza stansiyaların yerləşməsi zonasından keçən halda, şəbəkəli RTK GPS sistemlər işinin səmərəliliyini təmin etmək üçün, münasib baza stansiyasının seçilməsi məsələsi önəmlidir.

Bizim tərəfimizdən sahənin ayrı-ayrı domenlərinin bölünməsinin entropiyalı meyyarı təklif olunur və baza stansiyasının seçim qaydası göstərilir. Şək.1-d  $SQ$  səyyar qəbuledicinin bir neçə  $BS_i, i = \overline{1, n}$  baza stansiyaların təsir zonasında olması halı nəzərdən keçirilib.<sup>1</sup>



**Şəkil 1. Baza stansiyaların olması sahəsində SQ yerləşməsinin variantı**

Göstərilən məsələnin təklif olunan həlli yolu bu cürdür. Bir çox  $BS_i$  baza stansiyalarından elə üç stansiyalar seçilir ki, onların korrektə edən siqnallarının qiyməti təqribən bərabər olsun. Bu

<sup>1</sup> Эминов, Р.А. Энтропийный метод выбора базовой станции в сетевых RTK GPS-системах // – Москва: Геодезия и картография, – 2014, № 4, – с. 9 -12.

stansiyaları  $BS_j$ ,  $j = \overline{1,3}$  kimi işarə edək. Əgər  $BS_j$  stansiyasının yaxınlığındakı, apararı GPS siqnal fazasının gecikməsi haqqında məlumat verən ekvivalent faydalı siqnalın səsini  $\psi_j$  ilə işarə etsək, onda  $BS_j$  və  $SQ$  mövqelərini birləşdirən  $l_j$  trassa üzərindəki bu nisbət dəyişəcək və bu cür təyin olunacaq

$$\psi_j = \psi_0 + \psi'_{je} \cdot l_j, \quad (1)$$

burada

$$\psi_0 = \psi_j, \quad l_j = 0 \text{ olanda}$$

$$\psi'_{je} = \frac{d\psi_j}{dl}.$$

İfadə (1)-in inteqral entropiyası bu cür təyin olunacaq

$$E_1 = \int_0^{l_m} l \cdot g_2 [\psi_0 + \psi'(l) \cdot l] dl. \quad (2)$$

(2)-ci ifadəni nəzərə alaraq və məhdudlaşdırıcı şərt qoyaraq, şərtsiz variasion optimallaşdırmanın riyazi ifadəsini alırıq:

$$F = \int_0^{l_m} [E_1(\psi_0, \psi'(l), l) + \lambda \cdot E_2(\psi_0, \psi'(l), l)] dl = \int_0^{l_m} l \cdot g_2 [\psi_0 + \psi'(l) \cdot l] dl + \lambda [\psi_0 + \psi'(l) \cdot l] dl \quad (3)$$

Bundan əlavə elə bir optimal funksiya təyin olunub ki, onu tətbiq etdikdə  $F$  qiyməti maksimal həddə çatılsın:

$$\psi'(l) = \frac{1}{l} \left( \frac{C}{l_m} - \psi_0 \right). \quad (4)$$

Şəbəkəli RTK GPS sistemlərində alınmış məsələ həlli əsasında entropiyalı meyyara görə səyyar qəbuledici vasitəsilə baza stansiyası seçiminin algoritmi təklif olunmuşdur.

Şəbəkəli RTK GPS sistemlərində baza stansiyaların seçimi üçün dəyərli dəqiqliyin yeni inteqral meyyarı təklif olunub.<sup>2</sup>

Baza stansiyaların seçimində təklif olunan meyyarın maksimal qiymətini təmin etmək üçün məsələnin simmetrik həlli alınmışdır.

Meyyarın dəqiq göstəricilərinin verilmiş başlanğıc assimetrik qiymətlərində onun maksimal qiymətini təmin etmək üçün şərtlər alınmışdır.

<sup>2</sup> Эминов, Р.А., Джамалов, А.Т. Интегральный метод выбора базовых станций в сетевых RTK GPS-системах // – Санктпетербург, Петербургский журнал электроники, – 2013. № 1(74), – с. 87- 90.

RTK GPS sistemlərində qeyri dispersiv mühitlər üçün informasiya meyyara görə baza stansiyasının seçim rejiminin optimallaşdırılması edilmişdir.

Nəzər yetirdiyimiz siqnal gecikmələrinin təsadüfi təbiətli olmasını nəzərə alsaq, optimallığın informasiya meyyarının formalaşmasını daha səmərəli hesab etmək olar. Əgər  $BC$  stansiyasının yaxınlığındakı aparən GPS siqnal fazasının gecikməsi haqqında məlumat verən ekvivalent faydalı siqnalın səsini  $\psi_0$  kimi işarə etsək, onda  $BS_i$  və  $SQ$  mövqelərini birləşdirən  $l$  trassası və  $h$  yüksəkliyi üzərindəki bu nisbət dəyişəcək və bu cür təyin olunacaq

$$\psi = \psi_0 + \psi'_l \cdot l + \psi'_h \cdot h, \quad (5)$$

burada

$$\psi'_l = \frac{d\psi}{dl}; \quad \psi'_h = \frac{d\psi}{dh}.$$

**Meyyar.** Göstərilən halda elə  $BS$  baza stanstyası seçilməlidir ki, o, funksiyaların seçilmiş məhdudiyətlərində ümumi informasiya miqdarının hesablanmış maksimal qiymətinə ən çox pay informasiyasını ötürmüş olsun.

Əgər hesab etsək ki,  $(l_i, h_i)$  bir cüt qiymətlərlə xarakterizə olunan  $l_i$  trassası üzərində  $N_i$  sayda ölçmələr edilir, onda yalnız üç trassalar boyu aparılmış ölçmələrə görə fasiləsiz formada təyin olunan informasiyanın aşağıdakı cəm miqdarını almaq olar.<sup>3</sup>

$$M_{\Sigma} = \int_0^{N_m} N \cdot l \circ g_2 [\psi_0 + \varphi_l(N) \cdot l + \varphi_h(N) \cdot h] dN \quad (6)$$

Optimal  $\varphi_l(N)$  və  $\varphi_h(N)$  qiymətlər üçün aşağıdakı ifadələr alınır:

$$\varphi_l(N)_{opt} = \frac{2N}{l \cdot N_m} \left( \frac{C_1}{N_m} + \psi_0 + \varphi_h(N) \cdot h \right) - \frac{\psi_0}{l} - \frac{\varphi_h(N) \cdot h}{l}, \quad (7)$$

$$\varphi_h(N)_{opt} = \frac{2N}{h \cdot N_m} \left( \frac{C_2}{N_m} + \psi_0 + \varphi_l(N) \cdot l \right) - \frac{\psi_0}{h} - \frac{\varphi_l(N) \cdot l}{h} \quad (8)$$

---

<sup>3</sup> Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Информационный метод выбора базовой станции в сетевых RTK GPS системах // Heydər Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransı, – Bakı, – 7-8 may, – 2013, – s. 268-272.

(7) və (8)-ci ifadələrin əsasında baza stansiyalar seçiminin alqoritmi təklif olunmuşdur.

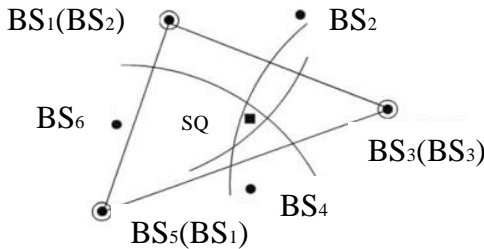
Beləliklə, qeyri dispersiv mühitlərdə baza stansiyaların və səyyar qəbuledicinin iş rejimlərinin yeni informasiyon optimallaşdırma nəzəriyyəsi maksimal cəm informasiyaya ən çox pay ötürən optimal baza stansiyasını seçməyə imkan verir.

Geodezi GPS şəbəkələrinin kinematik sxemlərində virtual baza Stansiyaların qurulması üçün maksimal informativ zona metodu təklif olunmuşdur.

Şəbəkəli RTK sistemlərdə mövqetəyinetmə xətasının ən kritik komponenti kimi dayaq stansiyalar şəbəkəsi ilə səyyar qəbuledici arasındakı qalıq differensial ionosfer xətası hesab olunur.

Virtual baza stansiyaların VRS mövqetəyinetməsinin, yüksək - informativli zona metodu adlanan, informasiyon-interpolyasion metodu təklif olunmuşdur.

Təklif olunan metod üçün baza nisbətlər alınmışdır. Fərz edək ki, altı baza stansiyası və koordinatları qeyri dəqiq olan bir səyyar qəbuledici var (şək. 2).<sup>4</sup>



**Şəkil 2. Təklif olunan yüksəkinformativ zona metodunun qrafiki izahı.**

**Qəbul olunmuş qeydlər:** *SQ* – səyyar qəbuledici; *BS1- BS6* – dayaq şəbəkənin baza stansiyaları; (*BS1*)-(*BS 3*) – istifadə olunan üçbucaqlar şəbəkəsinin baza stansiyaları

İnformasiyalar fasiləsiz yazılında, onların VRS-də qəbul olunmuş miqdarını bu cür qiymətləndirmək olar

<sup>4</sup> Эминов, Р.А., Асадов, Х.Г. Метод максимально информативной зоны для построения виртуальной базовой станции в кинематических схем геодезических GPS сетей // – Москва: Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, –2013. № 2 (84), – с.71-77.

$$F_1 = \int_0^{T_{max}} M_1 dT = \int_0^{T_{max}} T l o g_2 [\psi(l)+1] dT, \quad (9)$$

burada  $T$  –  $BS$ -dən  $VRS$ -ə informasiyanın maksimal qiymətlə ötürülməsi müddətidir və o,  $T_{max}$  -ma bərabərdir;  $\psi$  - ötürülmüş informasiyanın siqnal/səs nisbətidir;  $l$  –  $BS$ -lə  $VRS$  arasında məsafədir. Optimallaşdırma məsələsinin aşağıdakı həlli alınmışdır

$$l = \varphi(T) = \frac{\psi_0 + 1}{|\psi'|} - \frac{2T [\psi_0 + 1 - C_1 |\psi'|]}{T_{max} |\psi'|} \quad (10)$$

**İkinci fəsil**də meteorparametrlərin və iqlimin GPS sistemlərinin ölçmə dəqiqliyinə etdiyi təsirlərinin tədqiqi məsələləri nəzərdən keçirilir. Onun birinci bölməsində atmosfer cəbhələrin GPS siqnalların gecikməsinə etdiyi təsirin qiymətləndirilməsi aparılır. Müəyyən olunmuşdur ki, isti cəbhənin keçməsi halında «quru gecikmənin» azalması, «rütubət gecikmənin» isə kəskin artması baş verir. Bu zaman soyuq cəbhənin keçməsi rütubət gecikməsinin kəskin azalmasına, quru gecikmənin isə sabitliyinə səbəb olur.

GPS mövqetəyinetmə sistemlərində troposfer gecikməsinin  $A=2,35 m$  qiymətindən böyük olması ehtimalını təyin edən düstur alınmışdır.

Yağışların GPS işlərinin keyfiyyətinə etdiyi təsirin təyini məsələləri nəzərdən keçirilmişdir. GPS istemlərinin siqnal/səs, siqnalın gecikməsi və fazalı gecikmə kimi xarakteristikalarına yağışın etdiyi cəm təsirin qiymətləndirilməsi üçün kompleks yanaşma təklif olunur.

GPS sistemlərində yağışlarla bağlı bütün neqativ amillərin kompleks təhlili yağış təsirin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı kompleks göstəricisini almağa imkan verdi <sup>5</sup>

$$K_g = \frac{X \cdot Y}{Z},$$

Burada  $X$  – yağış qabağı hava rütubətinin kəskin artması ilə bağlı

Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. Комплексная оценка влияния дождя на эффективность функционирования GPS систем позиционирования // – Москва: Специальная техника, – 2013. № 2, – с. 32-35.

GPS-siqnalların *rütubət gecikməsidir*,  $Y$  – siqnalların yağış hissəciklərindən qaytarılması ilə bağlı GPS-siqnalların *faza gecikməsidir*;  $Z$  – GPS qəbuledicisinin ətrafındakı nəm torpaqların səthilə qaytarılmış və azalma effektinə məruz qalmış *siqnal/küy nisbətidir*.

Sonrakı bölmələrdə GPS naviqasiya sistemlərinin troposfer gecikməsinə yağışın etdiyi təsirin cihazlar vasitəsilə optimal qiymətləndirilməsi məsələləri nəzərdən keçirilib.

Distrometrik yağış ölçmələrinin optimallaşdırılması məsələləri həll olunub. Bu məqsədlə distrometrik yağış ölçmələrinin aşağıdakı əsas informativ parametrləri təyin olunub:

1. Yağış damcılarının ölçülərinə görə, onların görünmə tezliyinin paylanma diaqramı.

2. Ölçücünün çıxışında siqnal/küy nisbəti.

Distrometrik yağış ölçmələrinin optimal rejimində həmin parametrlərin qarşılıqlı əlaqələri nəzərdən keçirilib və onların məqsədli inteqral informasiya funksionalı alınır.

$$\int_0^{D_{max}} \{N(D) \cdot \log_2 [\psi(D)+1]\}^2 dD \quad (11)$$

Şərtsiz variasion optimallaşdırmanın bu funksionalı formalaşır:

$$F_0 = \int_0^{D_{max}} F_1[N(D), \psi(D)] dD = \int_0^{D_{max}} \{N^2(D) \cdot \log_2^2 [\psi(D)+1] + \lambda \cdot N(D)\} dD, \quad (12)$$

burada  $\lambda$  - Laqranj sabitidir.

Nəticədə məsələnin aşağıdakı həlli alınır <sup>6</sup>

$$N(D) \cdot \log_2 [\psi(D)+1] = \frac{C}{C_1} = C_2. \quad (13)$$

Növbəti bölmələrdə ГЛОНАСС/GPS naviqasiya sistemlərində siqnalların troposfer gecikmələrinin hesablanması məsələləri tədqiq olunur. Qeyd olunur ki, rütubət gecikməsini qiymətləndirən zaman çökmüş suların ümumi miqdarının və su buxarlarının cəm

<sup>6</sup> Эминов, Р.А. Вопросы оценки влияния дождя на тропосферную задержку сигналов GPS навигационных систем / Рамиз Эминов, Камал Исмаилов, Натиг Джавадов [и др.] // X Международная Научно-практическая конференция "Аграрная Наука-сельскому хозяйству", – Барнаул: – 2015, – сборник статей, – книга 2, – с. 381 - 382.



miqdarının rolları maksimuma qədər artır və eyni zamanda atmosfer aerzolunun nəmlənməsi kimi fiziki hal tamamilə nəzərə alınmır.

Bunu aradan götürmək üçün atmosfer aerzolunun nəmlənməsi effektinin rütubət gecikməsinin qiymətinə olan təsirinin nəzərə alınması üçün düstur çıxarılmışdır

$$l_w = \left( PW_0 - \frac{\Delta\tau_a}{k} \right) \cdot 10^{-8} \cdot \rho R_v \left[ \left( \frac{k_3}{T_m} \right) + k'_2 \right]. \quad (14)$$

Siqnal gecikməsinin eksperimental yolla təyini üçün metodika işlənilib, təklif olunmuşdur. GPS siqnallarının cəm gecikməsinin zamanla dəyişməsinin proqnozu mümkünlüyü təhlil olunmuşdur.

Müəyyən olunub ki, qısa baza məsafəli differensial GPS sistemlərdə də troposfer qeyri sabitliyi mövqetəyinetmənin gözəçarpan qədər xətalalarına gətirib çıxara bilər.

Tədqiqatlar nəticəsində rütubətli havanın refraktivliyi üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır.

$$N = \frac{k_1 P_d(t)}{T} \cdot Z_d^{-1} + k_2 \frac{e(t)}{T} \cdot Z_w^{-1} + k_3 \frac{e(t)}{T^2} \cdot Z_w^{-1}, \quad (15)$$

burada  $Z_d^{-1}$  – quru hava sıxılmasının inversli əmsəlidir.

Göstərilmişdir ki, normalaşdırılmış cəm refraktivlik bu şəkildə ifadə oluna bilər <sup>7</sup>

$$N_{nor} = \beta_1 F_1 [e(t)] + \beta_2 F_2 [e(t)]. \quad (16)$$

İkinci fəsilin axırında GPS-siqnalların zenit troposfer gecikməsinin korrelyasion xassələrinin tədqiqi nəticələri və onun hesablanması yeni metodikası öz əksini tapır.

Su buxarının inteqral göstəricilərinin verilmiş qiymətlərinə görə zenit rütubət gecikməsinin yeni hesablanması metodikası işlənilib.

GPS mövqetəyinetmə sistemlər siqnallarının orta en dairəli zonalarda troposfer gecikmələr tərkiblərinin qismən qarşılıqlı kompensasiyası mümkünlüyü tədqiq olunmuşdur.

---

<sup>7</sup> Эминов, Р.А., Гафаров, Н.Г. О возможности предсказания временного изменения суммарной задержки сигналов GPS систем позиционирования // – Москва: Специальная техника, – 2012. № 4, – с. 34 - 37.

Məlumdur ki, GPS peyklər siqnalları atmosferdən keçdikdə gecikməyə məruz qalır. Atmosfer gecikməsinin ən böyük tərkibi kimi, metrle təyin olunan  $\tau_{3.2}$  zenit hidrostatik gecikmə hesab olunur.

Qiymətə ikinci tərkib kimi su buxarlarının gecikməsi, yəni qeyri hidrostatik  $\tau_{3.H}$  zenit gecikməsi hesab olunur. Cəm troposfer gecikməsinin ən kiçik tərkibi kimi, atmosferin qeyri qaz tərkibləri ilə əlaqədar olan, hidrometeorlar və başqa komponentlər hesab olunur. Gecikmələrin fərdi cəmi  $\tau_{\Sigma}$  üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır <sup>8</sup>

$$\tau_{\Sigma} = \int_0^{z_{max}} \left\{ m_1 \cdot e^{-a_1 T} \cdot \rho_{air} + m_2 \cdot \left[ m_3 - \frac{m_4}{T} \right] \cdot m_5 \right\} dz. \quad (17)$$

Hərərətin tapılması üçün elə bir tənlik alınmışdır ki, nəzəri cəhətdən onun aşağıdakı qiymətində həmin kompensasiya baş verə bilsin

$$\frac{d\tau_{\Sigma}}{dT} = -a_1 m_1 e^{-a_1 T} \rho_{air} + \frac{m_2 m_4 m_5}{T^2} = 0. \quad (18)$$

(18)-ci transsendent tənliyin həlli nəzəri cəhətdən hərərətin elə bir qiymətini verə bilər ki, bu halda gecikmələr tərkibinin hərərət artımının tam kompensasiyası mümkün olsun.

**Üçüncü fəsildə** Atmosferin fiziki parametrlərinin GPS sistemləri və fotometr vasitəsilə ölçülməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir. Atmosferin orta hərərətinin ölçülməsində GPS sistemlərinin və günəş fotometrlerinin birgə istifadəsinin mümkünlüyü və səmərəliliyi müəyyənlanmışdır.

Günəş fotometri vasitəsilə yağış sularının ümumi miqdarının ölçülməsi xətasının əsas mənbələrindən biri kimi, optik siqnalları həm 300-910 nm, həm də 960-1100 nm diapazonlarında buraxan interferensiyon optik süzgəclərin qeyri mükəmməliyi hesab olunur.

Yalnız bu səbəbdən yaranan ölçmə xətası bir neçə faizə qədər çata bilər. Çökən suların ümumi miqdarının ölçülməsi xətasının

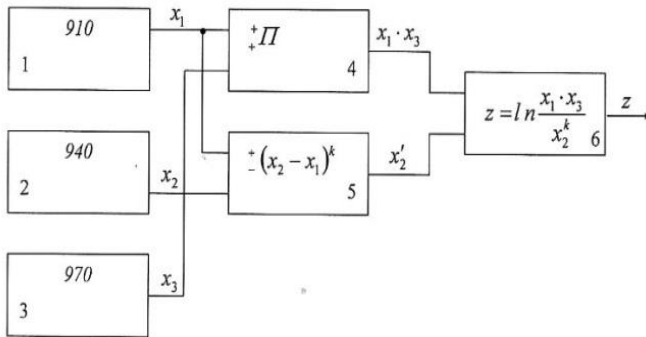
---

<sup>8</sup> Mamedov, G.Sh. Effect of height and geographic latitude of location of GPS station on ratio of total amount of water vapors wet delay of GPS signals / Qarib Mamedov, Ramiz Eminov, Elchin Maharramov [et al.] // Positioning, – USA, – 2013. No 4, – p. 8 - 10.

yarınması səbəblərindən biri kimi də atmosfer aerzolunun təsiri hesab oluna bilər.

Aerzol amili iridisversli dəniz aerzolları üstünlük təşkil edən yerlərdə, yəni sahiyanı zonalarda, daha çox təsir edir.

Tədqiqatlarımız göstərir ki, günəş fotometrlerin üçdalğalı strukturu göstərilmiş amillər təsirinin kompensasiyasını daha yaxşı təmin edir. Şək.3-də günəş fotometrinin təklif olunan üçdalğalı strukturunun blok-sxemi göstərilmişdir.<sup>9</sup>



**Şəkil 3. Kompensasiya edən günəş fotometrinin struktur sxemi.**  
**Rəqəmlərlə aşağıdakılar qeyd olunub: 1,2,3-910 nm, 940 nm, 970 nm**  
**dalğa uzunluqlarının optik elektron kanallarıdır; 4 – vurucudur;**  
**5-çixıcı və artıran qurğudur; 6-loqarifmləyən qurğudur.**

Təklif olunan strukturda fon təsirinin aradan götürülməsi üçün çixıcı 5-də 910 nm və 940 nm kanallarının sinfazlı fonunun çixılması baş verir. Bu cür çixılmanın nəticəsində, dalğaların geniş diapazonunda interferensiyon filtrin buraxması ilə bağlı, xəta tərkibini aradan götürmək mümkün olur.

GPS sistemlər vasitəsilə ionosferdəki tam elektron tərkibi ölçülməsinin optimallaşdırılması məsələsi həll olunmuşdur.

İonosfer elektronlarının təsirinə məruz qalmış GPS siqnallarının gecikməsi,  $GPS_{L_1}$  və  $GPS_{L_2}$  kimi qeyd olunmuş

<sup>9</sup> Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. О возможности совместного использования GPS технологий и солнечного фотометрирования для измерений средней температуры атмосферы // Москва: Геодезия и картография, – 2013. № 2, – с.7-10.

ikitezlikli ölçmələrin aparılması yolu ilə xarakterizə olunub, nəzərə alınabilir.

Atmosfer hərərətinin GPS-ölçmələrlə proqnozlaşdırılmasının optimizasiya məsələsi həll olunub.

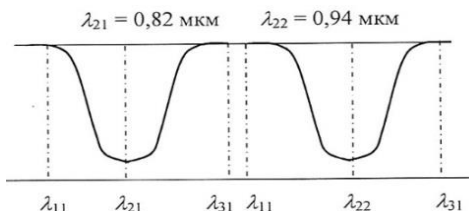
**Dördüncü fəsil** atmosferdəki su buxarlarının GPS və fotometrik ölçmələrinə həsr edilmişdir.

Atmosferdəki su buxarlarının ümumi miqdarının ölçülməsinin yeni metodu işlənilib, təklif olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, atmosferdəki cəm su buxarlarının optik qalınlığının ölçülmüş qiyməti də 0,5-ə bərabər olsaydı, onda ona uyğun olan aerozol xətası 8,8% olacaqdır, bu isə su buxarlarının ölçmə dəqiqliyi 5-10% olan halda yolverilməzdir.

Bunu nəzərə aldıqda, demək olar ki, atmosferdəki cəm su buxarlarının məsafədən ölçülməsi sahəsində, atmosfer aerozolları ölçmə nəticələrinə etdiyi təsirlərin maksimal kompensasiyasını təmin edən ikidiapazonlu metodların işlənilməsi məsələsi aktualdır.

Atmosferdəki su buxarlarının cəm miqdarının ölçülməsinin yeni altıdalğalı ikidiapazonlu metodu təklif olunmuşdur. Bu metod atmosfer aerozolunun təsirini nəzəri olaraq tam aradan götürür.

Şək. 4-də seçilmiş dalğa uzunluqlarının sxematik təsviri göstərilmişdir.



**Şəkil 4. Təqdim olunan variantda seçilmiş dalğa uzunluqlarının sxematik təsviri.**

Su buxarlarının cəm miqdarının hesablanması üçün aşağıdakı transsendent tənlik alınmışdır:<sup>10</sup>

$$b_1 (mWV)^{a(\lambda_{11})} + b_2 (mWV)^{a(\lambda_{12})} = C. \quad (19)$$

<sup>10</sup> Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И., Пашаев, Н.М. Новый метод определения общего количества паров воды в атмосфере с помощью GPS систем // – Москва: Альтернативная энергетика и экология, – 2013. № 1, – 2-часть, – с. 145 - 147.

(19)-cu tənliyin məlum  $b_1$ ,  $m$ ,  $d(\lambda_{11})$ ,  $b_2$ ,  $d(\lambda_{22})$  və  $C$  qiymətlərinə görə həlli cəm su buxarlarının miqdarını hesablamağa imkan verir.

Atmosferdə su buxarlarının ümumi miqdarını yoxlamaq üçün metodika işlənmişdir.

Güman edilən optik kütlələr metodu və atmosferdəki su buxarlarının cəm miqdarının model təsvirlərinin realizasiyasında və tətbiqində, mövcud metodikaların və kalibrovka olunmuş günəş fotometrlərin istifadəsini mümkün edən, münasib qrafoanalitik prosedur təklif olunmuşdur.

Atmosferdəki su buxarlarının cəm miqdarının fotometrik ölçücüsünün kalibrovkası məsələsi tədqiq olunmuş və su buxarları modellərinin razılaşdırılması metodikası işlənmişdir.

Dəyişən coğrafi en dairəsi trassasında havanın nisbi rütubətinin GPS sistemi vasitəsilə ölçülməsi mümkünlüyü tədqiq olunmuşdur. Aşağıdakı transsendent tənlik alınmışdır.<sup>11</sup>

$$C_3 H(\varphi) = \sigma(\varphi) \exp \left\{ \varphi \left[ \frac{H'_\varphi \cdot \sigma_0 + q H_0}{\sigma(\varphi) \cdot H(\varphi)} \right] \right\}. \quad (20)$$

Ölçmələr aparılan zaman hərərin sabitliyini nəzərə almaqla əldə edilmiş informasiyanın miqdarını bu cür qiymətləndirdik

$$M = \varphi \cdot \ln \left[ \frac{C_3 (H_0 + H'_\varphi \cdot \varphi)}{\sigma_0 - q \cdot \varphi} \right]. \quad (21)$$

Baxılması üçün aşağıdakı şəkilli integral funksional təklif olunmuşdur

$$F = \int_0^{\varphi_{max}} M d\varphi = \int_0^{\varphi_{max}} \varphi \ln \cdot f(\varphi) d\varphi. \quad (22)$$

Qəbul olunmuş məhdudiyətləri nəzərə alaraq şərtsiz variasion optimallaşdırmanın tam funksionalı tərtib olunmuşdur.<sup>11</sup>

$$F_1 = \int_0^{\varphi_{max}} M_1 d\varphi = \int_0^{\varphi_{max}} \varphi \ln f(\varphi) d\varphi + \lambda \int_0^{\varphi_{max}} f(\varphi) d\varphi. \quad (23)$$

<sup>11</sup> Эминов, Р.А., Исамйлов, Н.Я. О возможности измерения относительной влажности воздуха с помощью GPS - системы на трассе изменяющейся географической широты // – Москва: "Т-Comm-Telecommunications and Transpor" magazine, – 2013. № 2, – с. 34 - 35.

burada  $\lambda$  – Laqranj vurğusudur.

Optimallaşdırma məsələsinin həlli şəkli bucürdür

$$f(\varphi) = \frac{2C_4 \cdot \varphi}{\varphi_m^2}. \quad (24)$$

Beləliklə göstərilmişdir ki, ölçmə nəticələrinin maksimal informativliyi  $f(\varphi)$  və  $\varphi_m$  parametrləri arasında qarşılıqlı xətti əlaqə təmin edildikdə, əldə olunur.

Dördüncü fəsilin sonrakı bölməsində su buxarlarının atmosferdəki cəm miqdarının birdalğalı və ikidalğalı ölçmə metodlarının həddi dəqiqliyinə tükvari buludların etdiyi təsirlər tədqiq olunur.

Göstərilmişdir ki, günəş-fotometrik ölçmələrində tükvari buludlara rast gəldikdə, su buxarlarının cəm miqdarının signal/küf nisbətinin maksimal qiyməti 24-ü aşmır və bu da 4-5%-zə bərabər olan ölçmə xətasının minimal qiymətinə uyğundur.

**Beşinci fəsil** atmosfer və meteoroloji göstəricilərin fotometrik ölçmələrinə həsr edilib.

Fəsilin əvvəlində parametrik korreksiya üçdalğalı fotometrin həssaslıq məsələləri tədqiq olunur.

Göstərilmişdir ki, hesablanmış şərtlər altında ölçülən qiymətə (tədqiq olunan qazın ümumi miqdarına) görə aralıq çevrilmələr parametrinin həssaslığı maksimuma çatır və bu da müxtəlif parametrik ölçmələrin aparılmasına imkan verir.

Atmosfer qazların məsafədən ölçülməsi üçün enerji-spektral optimallaşdırma prinsipi təklif olunmuşdur.

Atmosfer ölçmələrin enerji-spektral səmərəlilik əmsalı təklif olunub və onun təyininin aşağıdakı düsturu çıxarılıb:<sup>12</sup>

$$T_{ES}(\bar{\lambda}) = \frac{\int_{\Delta\lambda} E_0(\lambda) \cdot S(\lambda) \exp[-m\tau_w(\lambda)] d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} E_0^2(\lambda) \cdot S^2(\lambda) d\lambda}. \quad (25)$$

Həmin göstəricinin əsasında atmosfer ölçmələrinin enerji -spektral optimallaşdırma prinsipi təklif olunmuşdur.

---

<sup>12</sup>Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Принцип энергоспектральной оптимизации дистанционных измерений атмосферных газов // – Москва: Датчики и системы, – 2012. № 12 (163), – с. 38 - 40.

**Prinsip.** Spektral atmosfer ölçmələrini apardıqda aşağıdakı şərti təmin etmək üçün

$$\int_{\Delta \lambda} E_0^2(\lambda) \cdot S^2(\lambda) d\lambda = C, \quad (26)$$

$C = const$ , ölçən sistemin (26)-ci meyyara görə optimallaşdıran və  $T_{ES}(\bar{\lambda})$  parametrini maksimal qiymətə gətirən  $S(\lambda)$  optimal funksiyasının axtarışı məqsədlə, aşağıdakı şərtsiz variasion məsələsinin həlli kifayətdir

$$\Phi = \int_{\Delta \lambda} F(\lambda) d\lambda = \int_{\Delta \lambda} E_0(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \exp[-m\tau_w(\lambda)] d\lambda + \gamma \int_{\Delta \lambda} E_0^2(\lambda) S^2(\lambda) d\lambda, \quad (27)$$

burada  $\gamma$  – Laqranj vurğusudur.

Su buxarlarının ölçülməsi halında atmosfer ölçmələrinin yuxarıda göstərilmiş optimallaşdırma prinsipinin tətbiqinə baxılmışdır.

Atmosfer qazlar ölçmələrinin enerji-spektral optimallaşdırma prinsipi təklif olunmuş və onun riyazi əsası verilmişdir.

Buludlar tiplərinin eyniləşdirilməsi üçün günəş fotometrlərinin tətbiqi mümkünlüyünə baxılmışdır və onların kritiki qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

Göstərilmişdir ki, buludların fotometrik eyniləşdirmə metodunda istifadə olunan Anqstrem göstəricisi qiymətinin dəyişməsi nəticəsində atmosferdəki aerosol şəraiti dəyişdiyindən, spektral əlamətlər maksimal təhlükə nöqtəsinə çatır.

Buludların eyniləşdirilməsi məqsədlə fotometrik ölçmələrin aparılmasına dair təklif verilmişdir.

Beşinci fəsilin sonunda vulkanik aerosolların aşkarı və ölçülməsində tətbiq olunan yerüstü və yerüstü-kosmik sistemlərin sintezi məsələlərinə baxılmışdır. Vulkanik kül buludlarının eyniləşdirmə sisteminin mümkün variantlarda qurulmasının cədvəl sintezi edilmişdir. Eyniləşdirmə sisteminin sintez edilmiş qurulma variantlarının qısa xarakteristikası verilmişdir (şəkl. 5).

Vulkanik kül buludlarının mümkün olan ikikomponentli yerüstü, yerüstü-kosmik və kosmik eyniləşdirmə sistemlərinin

---

<sup>13</sup> Эминов, Р.А. О возможности использования солнечных фотометров для идентификации типов облаков // – Москва: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, – 2012. № 4, – с. 95 - 101.

sintezi üçün aşağıdakı təsnifat əlamətləri təklif olunub (şək. 5):

Buludun qaytarması hesabına 3,8 - 4,1 mikm dalğa uzunluqlarında radiasiyanın yerüstü səviyyəsinin zəiflənməsi		9-11 mikm dalğa uzunluğunda radiasiyanın zəiflənməsi			
		Gündüz iş vaxtlarında		Gecə iş vaxtlarında	
		Yerüstü vasitələr	Kosmik vasitələr	Yerüstü vasitələr	Kosmik vasitələr
Gecə iş vaxtlarında	Kosmik vasitələr	$\pm B_1$	$\mp C_1$	$\mp C_3$	$\pm B_1$
	Yerüstü vasitələr	$\pm B_2$	$\mp C_2$	$\mp C_4$	$\pm B_2$
Gündüz iş vaxtlarında	Kosmik vasitələr	$\pm A_1$	$\pm B_3$	$\pm B_5$	$\pm A_3$
	Yerüstü vasitələr	$\pm A_2$	$\pm B_4$	$\pm B_6$	$\pm A_4$

**Şəkil 5. Vulkanik küllər buludlarının məsafədən aşkar olunması sisteminin cədvəl sintezi.**

1. Dalğalar uzunluqlarının diapazon seçiminə görə təsnifat əlaməti.
2. Sistem komponentinin vaxtlı iş rejiminin seçiminə görə təsnifat əlaməti.
3. Komponentin texniki bazasının seçiminə görə təsnifat əlaməti.

Vulkanik küllər buludlarının aşkarı və eyniləşdirilməsinin ikikomponentli sisteminin sintezi, yuxarıdakı təsnifat əlamətlərindən istifadə etməklə, ikiölçülü cədvəl sintezinin metodu ilə edilir.

Aparılmış sintez nəticəsində nəzərdən keçirdiyimiz sistemin

<sup>14</sup> Эминов, Р.А. Вопросы синтеза наземных и наземно-космических систем обнаружения и измерения вулканического аэрозоля // – Москва: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, – 2012. № 4, – с. 90 - 95.



dörd realizə variantları alınmışdır:

1.  $A_1$  kimi qeyd olunmuş mövqe yerüstü-kosmik sistemin qurulmasını nəzərdə tutduğundan, orada yerüstü hissə vulkanik kül buludunun yerüstü fotometrik zondlaşdırmasını gündüz vaxtları günəşin infraqırmızı radiasiyasına görə 3,8-4,1 *mkm* dalğa uzunluğunda edir;

- sistemin kosmik hissəsi isə vulkanik külün zondlaşdırılmasını buludlardan qaytarılmış infraqırmızı radiasiyanın qeydə alınması yolu ilə 3,8-4,1 *mkm* dalğa uzunluqları zolağında edir.

2.  $A_2$  kimi qeyd olunmuş mövqe yerüstü sistemin qurulmasını nəzərdə tutur ki, orada vulkanik kül buludunun fotometrik zondlaşdırılması gündüz vaxtları 3,8-4,1 *mkm* və 9-11 *mkm* dalğa uzunluqlarında edilir.

3.  $A_3$  kimi qeyd olunan mövqe kosmik sistemin qurulmasını nəzərdə tutur ki, orada günəş radiasiyasından və termal Yer radiasiyasından istifadə etməklə, gündüz gövdə ölçmələri 3,8-4,1 *mkm* və gecə gövdə fotometrik ölçmələri 9-11 *mkm* dalğa uzunluqlarında aparılır.

4.  $A_4$  kimi qeyd olunmuş mövqe yerüstü-kosmik sistemin qurulmasını nəzərdə tutur ki, orada gövdə hissə vulkanik buludu gecə vaxtları 9-11 *mkm* dalğa uzunluqlarında, Yerin termal radiasiyasından istifadə etməklə, yerüstü hissə isə gündüz vaxtları, günəşin radiasiyasından istifadə etməklə 3,8-4,1 *mkm* dalğa uzunluqlarında vulkanik buludun zondlaşdırılmasını edir.

Buradan görünür ki, vulkanik aerosol buludların eyniləşdirmə sisteminin ən sadə və səmərəli qurulma variantı  $A_2$  mövqeyidir, yəni tam yerüstü aşkarlama və eyniləşdirmə sistemidir.

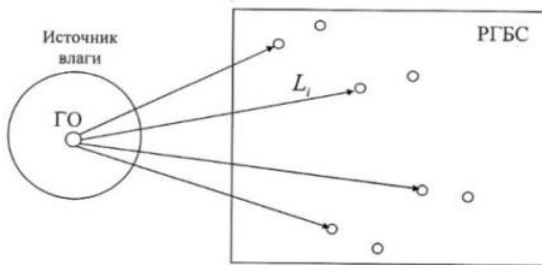
**Altıncı fəsil** GPS sistemlər və lidar vasitəsilə mövqetəyinetmə və yerüstü işlərin aparılması məsələlərinə həsr edilmişdir.

Geodeziya obyektlərinin rütubət-enerji meyyarına görə optimal mövqetəyinetmə məsələsi tədqiq olunmuşdur.

Tədqiqat məsələsi bu cür qoyulmuşdur (şəkl.6).

Qarşıda naqilsiz paylanmış geodeziya şəbəkəsinin elementlərinə görə tək geodeziya obyektinin mövqetəyinedilməsinin aparılması məsələsi durmuşdur.

Geodeziya obyektlərinin optimal mövqetəyinedilməsinə təsir edən aşağıdakı amillər ayrılmışdır:



**Şəkil 6. Məsələ qoyuluşunun həndəsi interpretasiyası.**  
**Qəbul olunmuş qeydlər: ГО – geodeziya obyektı;**  
**РГБС – naqilsiz paylanmış geodeziya əlaqəsi**

1. *Rütubətlik amili.* GPS mövqetəyinetmədə rütubətin təsiri «rütubət gecikməsi» kimi nəzərə alınır.
2. *Məhdudiyyətlik amili.* Geodeziya obyektindən geofizika şəbəkəsinin stansiyalarına qədər cəm məsafələrin amilidir.
3. *Seçim amili.* Təklif olunan həllin optimallıq meyyarının seçim amilidir.

Optimallaşdırmanın rütubət-enerji meyyarının həndəsi mahiyyəti aşağıdakılardır <sup>15</sup>

$$F_1 = \varphi_1 \cdot [\psi_0 - |\psi'| L_1(\varphi_1)]^2 + \varphi_2 \cdot [\psi_0 - |\psi'| L_2(\varphi_2)]^2 + \varphi_3 \cdot [\psi_0 - |\psi'| L_3(\varphi_3)]^2. \quad (28)$$

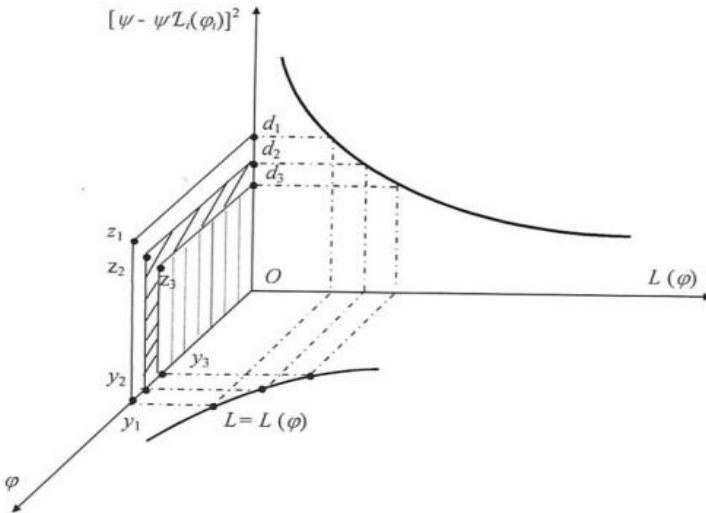
$L=L(\varphi)$  funksiyasının şək.7-də göstərilmiş formada aparılan optimallaşdırmasının mənası, elə bir  $L=L(\varphi)$  funksiyası seçilməlidir ki, orada  $z_1 d_1 O y_1$ ;  $z_2 d_2 O y_2$  və  $z_3 d_3 O y_3$  düzbucaqlılar sahələrinin cəmi minimal olsun, yəni

$$\sum_{i=1}^3 S_{z_i d_i O y_i} \rightarrow \min.$$

(28)-ci ifadənin qrafiki interpretasiyası şək.7-də göstərilib. Beləliklə, geodeziya obyektlərinin təklif olunan optimal mövqetəyinetmə metodikasını aşağıdakını nəzərdə tutur:

<sup>15</sup> Эминов, Р.А., Мирза, В.Н. Оптимальное позиционирование геодезических объектов по влажностно - энергетическому критерию // – Москва: Специальная техника, – 2012. № 5, – с. 60 - 63.

1. Geodeziya obyektindən geodeziya şəbəkəsinin stansiyalarına qədər ən ehtimallı istiqamətlər müəyyən olunur.
2. Həmin istiqamətlər boyu rütubətlik göstəriciləri təyin olunur.
3. 2-ci bəndə görə alınmış nəticələrdən istifadə edərək, geodeziya şəbəkəsindən məsafələr təyin olunur.



**Şəkil 7. (28)-ci ifadənin qrafiki interpretasiyası**

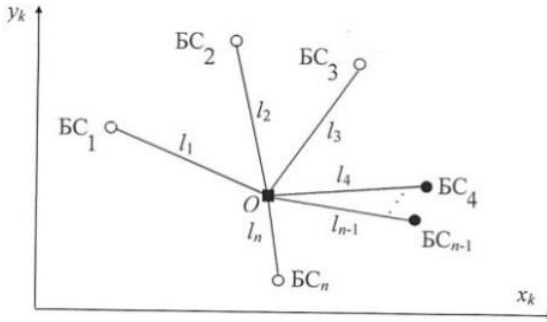
4. Əgər hesablanmış məsafələrdə seçilmiş istiqamətlər boyu Geodeziya stansiyaları olmasa, onda istiqaməti dəyişib, 2-ci bəndin yerinə yetirilməsinə keçmək lazımdır.

İnformasion mövqətəyinetmə nəzəriyyəsi təklif olunub və onun qrafiki təsviri şəx. 8-də göstərilib.<sup>16</sup>

Mövqətəyinetmənin informasion meyyarı aşağıdakılarını nəzərdə tutur:  $(x, y)$  sahəsində elə bir nöqtəni tapmaq lazımdır ki, onun üzərində mövqətəyinedici obyekt yerləşdirilərək, həmin obyekt baza stansiyalarından informasiyaların maksimal miqdarını ala bilsin və bu zaman baza stansiyalar siqnallarının  $T$  qəbul edilməsi müddəti ilə sistemin bəzi dəyişən parametrləri arasında funksional əlaqə olsun.

<sup>16</sup> Эминов, Р.А. Общая теория информационного позиционирования на гомогенных и негомогенных полях // – Москва: "Т-Comm - Telecommunications and Transport" maqazine, – 2013. № 2, – с. 58 - 60.

Qəbuledici ilə alınan informasiyanın miqdarı bu cür qiymətləndirilir.



**Şəkil 8. Baza stansiyalar yerləşməsinin ikiölçülü sahəsinin qrafiki təsviri. Qəbul olunmuş qeydlər:  $BC_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  baza stansiyalarıdır;  $O$ -mövqe təyinetmə obyektidir;  $l_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  - obyektlə  $BC_i$  arasındakı məsafədir**

$$M_1 = \int_0^{T_{max}} T \log_2 [\psi_0(T) + \psi' \cdot l(T)] dT, \quad (29)$$

burada  $T$  – baza stansiya signalının qəbulu müddətidir,  $T = 0 - T_{max}$ .

Baxılması üçün aşağıdakı axtarılan funksiya təklif olunmuşdur

$$\psi' = \varphi(T), \quad (30)$$

onun optimal forması (29)-cü funksionalı öz maksimal qiymətinə gətirib çıxaracaq.

Şərtsiz variation optimallaşdırma funksionalı tərtib olunub.

$$F = \int_0^{T_{max}} T \log_2 [\psi_0(T) + \varphi(T) \cdot l(T)] dT + \lambda \int_0^{T_{max}} [\psi_0(T) + \varphi(T) \cdot l(T)] dT \quad (31)$$

Optimallaşdırma məsələsinin həlli bu şəkildədir

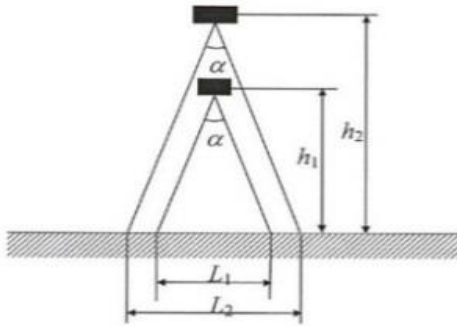
$$\psi' = \varphi(T) = \frac{1}{l(T)} \left[ \frac{2C_1 T}{T_{max}^2} - \psi_0(T) \right] \quad (32)$$

(32)-ci ifadədəki  $\psi'$  funksiyanın (31)-ci funksionaldakı  $T$  müddətindən asılılığı ekstremal qiymətə çatır.

Bitki mühitindən keçərkən, əvvəlcədən zəifləyən qaytarılmış GPS siqnallarından istifadə etməklə, Yer səthinin dielektrik sabitinin məlum təyin etmə metodu kritiki olaraq təhlil edilmişdir.

GPS siqnallarının itki əmsalının hesablanmış qiyməti əsasında torpağın və bitkinin su tərkiblərinin korrelyasiyası xassəsindən istifadə etməklə, hər konkret bitki növü üçün qaytaran səthin dielektrik sabitini təyin etməyə imkan verən sintez olunmuş funksiya metodu təklif edilmişdir.

Boru kəmərləri trassasının tikilməsində planlaşdırılan dəhlizin lidarla xəritəcəkməsinin həddi imkanlarını artıran metod təklif edilmişdir. Yerüstü hədəflərdən istifadə ideyası lazerli sistemlərin potensial dəqiqliyinin artırılması üçün əlavə imkanlar açır. İş burasındadır ki, hər bir optik şüalandırmada olduğu kimi, lazer şüaları atmosfer aerosolun təsiri nəticəsində sönməyə məruz qalır. Əgər qarşıya lazer şüalandırıcısının həddi informasiya imkanlarının öyrənilməsi məqsədi qoyularsa, çox güman ki, daşıyıcının  $h_1$  hündürlüyündən  $h_2$  hündürlüyünə qaldırılması daha geniş ərazinin əhatə edilməsinə gətirib çıxaracaq, yəni  $\alpha = \text{const}$  olduqda, əhatənin eni  $L_1$ -dən  $L_2$ -yə qədər artacaq (şəkl.9).<sup>17</sup>



**Şəkil 9. Ərazinin lidarla xəritəcəkməsi metodunun həddi imkanlarının artırılmasını izah edən şəkil**

<sup>17</sup> Эминов, Р.А., Гафаров, Н.Г., Мирза, В.Н. Метод повышения предельных возможностей лидарного картирования планируемого коридора для построения дорог и магистральных трубопроводов // – Баки: Топрақşünaslıq və aqr kimya jurnalı, – 2013. 21 (1), – с. 163 - 167.

Ərazinin lidarla xəritəçəkməsi metodunun ümumi alqoritmi, qaytaran və qaytarmayan hədəflərdən istifadə edən halda, aşağıdakılarını nəzərdə tutur:

1. Zondlaşdırma yolu boyu ardıcıl olaraq bərabər addımla qaytaran və qaytarmayan hədəflər quraşdırılır.

2. Daşıyıcı qaytarmayan hədəflər üzərindən keçdikdə aerosolun optik qalınlığının lidarla ölçülməsi edilir. Bu zaman aerosolun optik qalınlığı bu düsturla hesablanır:

$$\tau = \frac{4\pi \cdot I \cdot \mu}{\omega_0 \cdot F_0 P(\theta)}. \quad (33)$$

3. Lidarın zondlaşdıran siqnalının aerosolla zəiflənməsini nəzərə almaq üçün korreksiya əmsalı hesablanır.

$$K = e^{-\frac{4\pi I \mu}{\omega_0 F_0 P(\theta)}}. \quad (34)$$

4. Qəbul edən lidarın korreksiyası edilir

$$P(z) = \frac{C \cdot E_0 [\beta_r(z) + \beta_a(z)]}{z^2} \frac{\exp \left\{ -2 \int_0^z [C_r(z') + C_a(z')] dz' \right\}}{\exp \left\{ -\frac{4\pi I \mu}{\omega_0 F_0 P(\theta)} \right\}}. \quad (35)$$

Beləliklə, lidar siqnalının korreksiyası həmin siqnalın  $k$  dəfə artmasına gətirib çıxarır və nəticə olaraq lidar qurğusunun çıxışında siqnal/küy nisbəti bir o qədər qalxır. Bu hal ərazinin lidar metodu ilə xəritəçəkməsinin həddi funksional imkanlarının genişləndirməsinə və iş səmərəliliyinin artmasına imkan verir.

**Yedinci fəsilə** GPS vasitəsilə fiziki-texniki landşaft ölçmələrinin tədqiqi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

Məlumdur ki, orta hərərət və çökmüş su buxarlarının ümumi miqdarı kimi meteoroloji parametrlərin GPS-lə ölçülməsində vacib olan interpolyasiya hesablamalarını aparmaq üçün ərazinin en dairəsinin və yüksəkliyinin nəzərə alınması vacibdir.<sup>18</sup>

Ümumi halda zenit rütubət gecikməsinin qiyməti bu cür təyin

---

<sup>18</sup> Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Влияние высоты и географической широты расположения станций GPS на отношение суммарного водяного пара к влажной тропосферной задержке GPS-сигналов // – Москва: Геодезия и картография, – 2013, № 7, – с. 15-18.

olunur 
$$ZWD = ZTD - ZHD , \quad (36)$$

burada  $ZTD$  – ümumi zenit gecikməsidir;  $ZHD$  – hidrostatik zenit gecikməsidir. Bizim tərəfimizdən  $D$  qiymətini əks etdirən  $WD/ZW$  orta inteqral göstərici təklif olunmuşdur.

Nəzərə alınan əsas  $H$  və  $\varphi$  amilləri üçün  $H=f(\varphi)$  kimi qarşılıqlı əlaqə funksiyası tapılıb, təklif olunmuşdur.

Tərəfimizdən  $PWD/ZWD$  ortalama nisbətini ekstremal qiymətə çatdıran  $H = f(\varphi)$  funksiyasının optimal forması alınıb.

Optimallaşdırma məsələsinin aşağıdakı həlli tapılmışdır

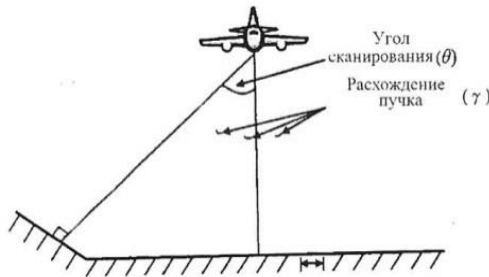
$$f(\varphi) = \frac{C_2 - c \cdot \varphi^2}{b}, \quad (37)$$

burada 
$$C_2 = bC + \frac{C \cdot \varphi_{max}^2}{3}.$$

Yedinci fəsilin sonrakı bölməsində ərazi yüksəkliyinin yüksəkdəqiqli landşaft ölçmələrini aparmaq üçün ikidalğalı təyyarə lidarlarının istifadəsi mümkünlüyü tədqiq olunur.

Şək.10-da təyyarə lidarlarının vasitəsilə yüksəklik ölçmələrinin aparılması prosesi sxematik formada göstərilmişdir.<sup>19</sup>

Korrektə olunmuş ikidalğalı lidar ölçücüsü üçün aşağıdakı invariant nisbət alınmışdır



**Şəkil 10. Lazerli yüksəklik ölçmələrin sxematik təsviri**

<sup>19</sup> Пашаев, Н.М., Эминов, Р.А., Дарьябариджавад, Дж. Г. О возможности использования двухволновых самолетных Лидаров для проведения высокоточных измерений высоты расположения местности // – Bakı: Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, – 2016. Cild 19, № 2(19), – s. 23 - 28.

$$\lambda_2^{-q} \cdot \ln \left[ \frac{P(\lambda_1, L)}{P(\lambda_1, 0)} \right] = \lambda_1^{-q} \cdot \ln \left[ \frac{P(\lambda_2, L)}{P(\lambda_2, 0)} \right] = \text{const} \cdot \quad (38)$$

Dumanın qalınlığı 6 km-dən aşağı olduqda  $q$  parametri bu cür təyin olunur:

$$q = 0,585V^{1/3}. \quad (39)$$

Beləliklə,  $V=1 \text{ km}$  üçün

$$q = 0,585$$

olacaq.

Yeddinci fəsilin növbəti bölməsində GPS qəbuledicilərinin qarşı-qarşıya istiqamətlənmiş bir cüt antenlər vasitəsilə sahil suları səviyyələrinin ölçülməsi dəqiqliyinin artırılması mümkünlüyü tədqiq olunur (şək. 11).



Şəkil 11. Qaytarılmış siqnal metodunun sxematik təsviri.

Qəbul olunmuş qeydlər: 1,2 – GPS antenlər; ПКП- sağ dairəvi polarizasiya; ЛКП – sol dairəvi polarizasiya

Əgər nəzərə alsaq ki, iki antenin faza mərkəzləri  $d$  məsafəsi qədər aralıqda yerləşib, onda su səviyyəsinin  $h$  yüksəkliyi bu cür təyin olunacaq:

$$h = 0,5(\Delta v - d), \quad (40)$$

<sup>20</sup> Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. О возможности повышения точности измерения уровня береговых вод с помощью пары противоположно направленных систем GPS приемников // – Москва: Маркшейдерский Вестник, – 2013. № 1, – с. 29 - 30.



burada  $\Delta v$  - şaquli baza xəttinin uzunluğudur.

Dəniz səviyyəsinin ənənəvi sahil ölçücüləri ilə təyin edilməsinin ciddi qüsuru var, bu da onunla bağlıdır ki, ölçücülər tək su səviyyəsini yox, hətta Yer in öz hərəkətini də ölçür.

Atmosfer təzyiqinin qeyrisabitliyinin dəniz səviyyəsinin GPS ölçmə nəticələrinə etdiyi təsirin aradan götürülməsi üçün aşağıdakı bərabərliyi təmin etmək tələb olunur

$$d = 2 \cdot 0,995 \cdot \Delta P_a. \quad (41)$$

Buradan belə çıxır ki, (41)-ci şərti yerinə yetirmək üçün aşağıdakı əməliyyatları icra edə bilən xüsusi mexanizmi işləmək tələb olunur:

1. Atmosfer təzyiqinin ölçülməsini və  $\Delta P_a$  artımının təyini.
2.  $d$  məsafəsinin səliss dəyişməsinə təmin edən xüsusi icra mexanizmi üçün idarə edən siqnalın formalaşmasını.
3.  $d$  parametris qiymətinin yoxlanılmasını.

Yeddinci fəsilin sonunda, yer səthinin relyef dəyişməsinin monitorinqi üçün tətbiq olunan «Lidar-GPS» sisteminin həddi dəqiqliyi tədqiq olunur.<sup>21</sup>

Ərazi relyefinin dəyişirilməsi dərəcəsini ölçmək üçün «Lidar-GPS» sisteminin mövcud qurulma imkanları təhlil olunmuşdur. «Lidar-GPS» sisteminin həddi xətasının mürəkkəb aşılılığı var və cəm xətanın ayrı-ayrı komponentlərinin üstünlük təşkil etməsindən asılı olaraq o, orta hərəratin müəyyən dəyişmə sahələrində ya azala, ya da arta bilər.

«Lidar-GPS» sisteminin həddi xətasının qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı düstur alınmışdır

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{lid}^2 + ZWD^2 \left( \frac{\sigma_{PW}^2}{PW^2} + \frac{\sigma_3^2}{k_3^2} + \frac{T_m^2 \sigma^2}{k_3^2} + \frac{\sigma_T^2}{T_m^2} \right) \quad (42)$$

burada  $ZWD$  - zenit rütubət gecikməsidir;  $PW$  - çökmüş suyun cəm miqdarıdır;  $T_m$  - orta hərəratdir;  $k_3$ - refraktivlik əmsalıdır;  $\sigma_{lid}$ -lidarın o.k.s.- dir;  $\sigma_{PW}$ ,  $\sigma_T$ ,  $\sigma_3 - PW$ ,  $T_m$ ,  $k_3$  qiymətlərinin təyini xətalardır.

---

<sup>21</sup> Эминов, Р.А., Мирза, В.Н. Исследование предельной точности системы «Лидар - GPS», предназначенной для мониторинга изменений рельефа земной поверхности // – Москва: Маркшейдерский вестник, – 2012. № 4, – с. 37 - 39.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Şəbəkəli RTK GPS sistemlərdə baza stansiyalar seçimindəki qeyri müəyyənliyin aradan götürülməsi məsələsi həll olunmuş və onların seçiminin entropiyalı, inteqral və informasiya metodları işlənmişdir. Qeyri dispersiv mühitlərdə signal/küy nisbətinin riyazi asılılıq modeli təklif olunmuşdur.

2. Atmosfer cəbhələrin, yağışın və aerosolun GPS siqnallarının troposfer gecikməsinə etdikləri təsirlər dərəcələrinin təyini metodikası işlənilmiş və onların hesablaması düsturları çıxarılmışdır.

3. GPS – fotometrik ölçmələrdə günəş fotometrin qurulmasının yeni strukturu təklif olunmuş və atmosferdəki su buxarlarının cəm miqdarının həddi ölçülmə dəqiqliyi təyin olunmuşdur. Tam elektron tərkibin ionosfer ölçmələrinin optimallaşdırılması məsələsi həll olunmuşdur.

4. Atmosfer qazlar ölçülməsinin enerji-spektral optimallaşdırma prinsipi işlənmişdir. Vulkanik kül buludlarının fotometrik eyniləşdirmə sisteminin mümkün olan qurulma variantları sintez olunmuşdur. Məsələlər həllinin və təklif olunan metodlar realizasiyasının nəzəri əsasları və riyazi alqoritmləri verilmişdir.

5. Sahil suları səviyyəsinin ölçülməsi metodu işlənmişdir. Atmosfer aerosolunun təsirini neytrallaşdırmaq üçün atmosferdəki cəm su buxarlarının ikidiapazonlu ölçmə metodu təklif olunmuşdur. Rütubətin coğrafi en dairəsindən asılılığının optimal funksiyasının hesablanması üçün transsendent tənlik alınmışdır.

6. Təklif olunmuş rütubət-enerji kriterisinə görə geodeziya obyektlərinin mövqetəyinedilməsinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmişdir. Qeyri homogen sahələrdə informasiya mövqetəyinetmə nəzəriyyəsi işlənmişdir.

7. Konkret bitki növü üçün qaytaran səthin dielektrik sabitinin təyini metodu təklif olunmuşdur. Magistral boru kəmərləri trassasının lidarla xəritəçəkməsinin həddi imkanlarının artırılması metodu işlənmişdir.

8. Təyyarə-lidar yüksəklik landşaft ölçmələri üçün atmosferin onlara etdiyi təsirini kompensasiya edən ikidalğalı metod işlənmişdir. «Lidar-GPS» sisteminin həddi xətasının qiymətləndirilməsi düsturu alınmışdır.

## DƏRC OLUNMUŞ İŞLƏR

1. Eminov, R.Ə. Abşeron yarımadasında yer səthinin şaquli hərəkətlərinin zəlzələlərlə əlaqəsi // Azərbaycanca Geodeziya və Kartografiyanın müasir vəziyyəti, problemləri və inkişaf perspektivlərinə həsr edilmiş I elmi - praktiki konfrans, – Bakı: – 2001, – s.36-38.
2. Eminov, R.Ə. Müasir geomexaniki proseslər və onların yer səthinə olan təsiri. // – Bakı: “Kooperasiya” elmi – nəzəri jurnalı, – 2005. № 1 (9), – s. 33-35.
3. Eminov, R.Ə. GPS peyk sistemlərinin ölçmə nəticəsinə təsir edən atmosfer amillərinin təhlili // AzMİU-nun professor-müəllim heyətinin və aspirantlarının elmi konfransı, – Bakı: – 2007, – s. 114-116.
4. Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Проблемы геодезии и пути их решения с применением спутниковой навигационной системы GPS // Национальная Академия Авиации, Труды Международной Конференции, – Баку, – 2009, – том 1, – с.53-56.
5. Eminov, R.Ə., İsmayılov, N.Y., Məmmədova, M.V. GPS qəbulediciləri məlumatlarının emalının və analizinin program təminatının şərhli // “XXI: əsr: Geodeziya və Kartografiya elmində innovasiyalar” mövzusunda IV elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 2012, – s. 192-197.
6. Eminov, R.Ə., Məhərrəmov, E.İ., Qaziyeva, P.Ç. Peyk DGPS differensial rejiminin və RİNEX formatının xüsusiyyətləri // “XXI: əsr: Geodeziya və Kartografiya elmində innovasiyalar” mövzusunda IV elmi - praktiki konfrans, – Bakı: – 2012, – s. 180-185.
7. Eminov, R.Ə., Mirzə, Valeh Nizami. GPS vasitəsilə koordinatların təyini üsulları // Bakı: Ekologiya və su təsərrüfatı, – 2012. № 3, – s. 52-54.
8. Агаев, Ф.Г., Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Новый метод измерения общего количества водяных паров в атмосфере // – Москва: Альтернативная энергетика и экология, – 2012. № 05-06, – с. 111-114.
9. Эминов, Р.А., Гафаров, Н.Г. О возможности предсказания временного изменения суммарной задержки сигналов GPS систем позиционирования // – Москва: Специальная техника, – 2012. № 4, – с. 34-37.

10. Эминов, Р.А., Мирза, В.Н. Исследование предельной точности системы «Лидар - GPS», предназначенной для мониторинга изменений рельефа земной поверхности // – Москва: Маркшейдерский вестник, – 2012. № 4, – с. 37-39.
11. Эминов, Р.А., Мирза, В.Н. Оптимальное позиционирование геодезических объектов по влажностно - энергетическому критерию // – Москва: Специальная техника, – 2012. № 5, – с. 60-63.
12. Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Выбор методов измерения общего количества осаждаемой воды для определения влажной задержки сигналов в спутниковых навигационных система // – Москва: Геодезия и картография, – 2012. № 6, – с. 36-38.
13. Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. К вопросу об GPS измерениях общего количества осаждаемой воды // – Москва: Журнал радиоэлектроники, – 2012. № 7, – с. 1-7.
14. Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Принцип энергоспектральной оптимизации дистанционных измерений атмосферных газов // – Москва: Датчики и системы, – 2012. № 12 (163), – с. 38 - 40.
15. Эминов, Р.А. Вопросы синтеза наземных и наземно-космических систем обнаружения и измерения вулканического аэрозоля // – Москва: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, – 2012. № 4, – с. 90-95.
16. Эминов, Р.А. О возможности использования солнечных фотометров для идентификации типов облаков // – Москва: Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, – 2012. № 4, – с. 95-101.
17. Эминов, Р.А. Предельная точность одноволнового и двухволнового методов измерения суммарного количества водяных паров в атмосфере с учётом влияния перистых облаков // – Москва: Метрология, – 2012. № 8, – с. 28-32.
18. Эминов, Р.А. Исследование чувствительности трёхволнового солнечного фотометра с параметрической коррекцией // – Москва: Специальная техника, – 2012. № 2, – с. 57-59.
19. Эминов, Р.А. Некоторые вопросы вычисления

тропосферной задержки сигнала в навигационных системах ГЛОНАСС / GPS // – Москва: Т - Communication, – 2012, №. 4, – с. 40-42.

**20.** Эминов, Р.А. Предельная точность одно и двухволнового методов измерения суммарного количества водяных паров в атмосфере с учетом влияния перистых облаков // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», – Курск: – 2012, – с. 226 - 230.

**21.** Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. О возможности повышения точности измерения уровня береговых вод с помощью пары противоположно направленных систем GPS приемников // – Москва: Маркшейдерский Вестник, – 2013. № 1, – с. 29 - 30.

**22.** Эминов, Р.А., Джамалов, А.Т. Интегральный метод выбора базовых станций в сетевых RTK GPS-система // – Санктпетербург: Петербургский журнал электроники, – 2013. № 1(74), – с. 87- 90.

**23.** Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И., Пашаев, Н.М. Новый метод определения общего количества паров воды в атмосфере с помощью GPS систем // – Москва: Альтернативная энергетика и экология, – 2013. № 1, – 2-часть, – с. 145-147.

**24.** Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Вычисление калибровочных параметров солнечных фотометров с компенсацией погрешностей, связанных с аэрозолем и водяными парами // – Москва: Контроль. Диагностика, – 2013. № 2, – с. 67 - 69.

**25.** Эминов, Р.А., Мирза, В.Н. Метод оптимального позиционирования геодезических объектов // – Москва: Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, – 2013. № 1, – с. 63-67.

**26.** Эминов, Р.А., Асадов, Х.Г. Метод максимально информативной зоны для построения виртуальной базовой станции в кинематических схемах геодезических GPS сетей // – Москва: Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, – 2013. № 2 (84), – с. 71-77.

**27.** Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. Комплексная оценка влияния

дождя на эффективность функционирования GPS систем позиционирования // – Москва: Специальная техника, – 2013. № 2, – с. 32-35.

**28.** Эминов, Р.А., Исмайлов, Н.Я. О возможности измерения относительной влажности воздуха с помощью GPS - системы на трассе изменяющейся географической широты // – Москва: "T-Comm-Telecommunications and Transpor" maqazine, – 2013. № 2, – с. 34-35.

**29.** Эминов, Р.А., Исмайлов, Н.Я. О возможности совместного использования GPS технологий и солнечного фотометрирования для измерений средней температуры атмосферы // Москва: Геодезия картография, – 2013. № 2, – с.7-10.

**30.** Эминов, Р.А. Общая теория информационного позиционирования на гомогенных и негомогенных полях // – Москва: "T-Comm - Telecommunications and Transpor" maqazine, – 2013. № 2, – с. 58 - 60.

**31.** Эминов, Р.А., Файсал, А. Али. Разработка новой методики вычисления зенитной влажной задержки по заданной величине интегрированных показателей водяного пара в атмосфере // – Баку: Журнал «Экология и водное хозяйство», – 2013. № 3 – с.78 - 80.

**32.** Эминов, Р.А., Исмайлов, Н.Я. Оценка влияния атмосферных фронтов на задержку GPS сигналов // Heydər Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika Elmi konfransı, – Bakı, – 7 – 8 may, – 2013, – с. 150 -153.

**33.** Эминов, Р.А., Маггеррамов, Э.И. Информационный метод выбора базовой станции в сетевых RTK GPS системах // Heydər Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransı, – Bakı, – 7-8 may, – 2013, – с. 268-272.

**34.** Mamedov, E.A. Pophyry - epitermal  $CV \pm AU$  mineralization in el samra area, south eastern Sinai / Elchan Mamedov, El Sayed, Ramiz Eminov [et al.] // Egyp International Journal of Advanced Scientific and Technical Research, – 2013. ISSN 2249-9954, issue 3, volume 3, – p. 47-59.

**35.** Mamedov, G.Sh. Effect of height and geographic latitude of location of GPS station on ratio of total amount of water vapors wet

- delay of GPS signals / Qarib Mamedov, Ramiz Eminov, Elchin Maharramov [et al.] // Positioning, – USA, – 2013. No 4, – p. 8-10.
- 36.** Mehdiyev, A.Sh., Eminov R.A., Asadov H.H., Development of virtual Reference Station in Kinematic Schemes of Geodetic GPS Network Using the Method of Maximum Informative Zone // Positioning, – USA, – 2013. № 4, – p. 267-270.  
<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=39551>
- 37.** Эминов, Р.А. Оптимизация режима выбора базовой станции в RTK GPS в недисперсивных средах // – Москва: Специальная техника, – 2013. № 5, – с. 45-48.
- 38.** Эминов, Р.А., Файсал, А.А. Исследования корреляционных свойств и разработка новой методики вычисления зенитной тропосферной задержки GPS сигнала // – Москва: Специальная техника, – 2013. № 6, – с. 25 - 30.
- 39.** Эминов, Р.А., Магеррамов, Э.И. Влияние высоты и географической широты расположения станций GPS на отношение суммарного водяного пара к влажной тропосферной задержке GPS-сигналов // – Москва: Геодезия и картография, – 2013, № 7, – с. 15-18.
- 40.** Эминов, Р.А., Гафаров, Н.Г., Мирза, В.Н. Метод повышения предельных возможностей лидарного картирования планируемого коридора для построения дорог и магистральных трубопроводов // – Bakı: Torpaqsünashlıq və aqrokimya jurnalı, – 2013. 21 (1), – с. 163-167.
- 41.** Эминов, Р.А. Энтропийный метод выбора базовой станции в сетевых RTK GPS-системах // – Москва: Геодезия и картография, – 2014, № 4, – с. 9 -12.
- 42.** Mehdiyev, A.Sh. Questions on Optimization of Measurement of Total Electron Content in Ionosphere with GPS / Arif Mehdiyev, Ramiz Eminov, Hikmat Asadov [et al.] // Positioning, – USA, – 2014. № 5, – p. 66 - 69.  
<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=39551>
- 43.** Эминов, Р.А., Трехэтапный последовательный акустолокационный метод обнаружения места утечки в магистральных трубопроводах / Рамиз Эминов, Низами Гафаров, Камал Исмаилов [и др.] // – Москва: Специальная техника, – 2015. № 1, – с. 44-47.

- 44.** Эминов, Р.А., Гулиев, Ф.Ф., Гафаров, Н.Г., Абдуллаев, Н.А. Исследование точности системы "Лидар-GPS" при изучении рельефа земной поверхности в целях прокладки трубопровода // VII Международная Научно-практическая Конференция "Актуальные проблемы экологии и охраны труда", – Курск: – 15 мая, – 2015, – с. 89 - 93.
- 45.** Эминов, Р.А., Вопросы оценки влияния дождя на тропосферную задержку сигналов GPS навигационных систем / Рамиз Эминов, Камал Исмаилов, Натиг Джавадов [и др.] // X Международная Научно-практическая конференция "Аграрная Наука-сельскому хозяйству", – Барнаул: – 2015, – сборник статей, – книга 2, – с. 381-382.
- 46.** Эминов, Р.А., Гафаров, Н.Г., Баширова, С.М. Метод определения диэлектрической постоянной почвы с помощью отраженных GPS сигналов, ослабленных при прохождении через растительную среду // X Международная Научно-практическая конференция "Аграрная Наука-сельскому хозяйству", – Барнаул: – 2015, – сборник статей, – книга 2, – с. 483-485.
- 47.** Эминов, Р.А., Исмаилов, К.Х., Исмаилов, Н.Я. Вопросы применения GPS при проведении судовых батиметрических измерений // – Москва: Специальная техника, – 2015. № 3, – с. 49 - 52.
- 48.** Mehdiyev, A.Sh. Research of Impact of Geographical Latitude and Residual Ionospheric Noises on Informativeness of Measuring of Zenith Wet Delay of GPS Signals /Arif Mehdiyev, Ramiz Eminov, Nagi Ismayilov [et al.] // Positioning, – USA, – 2015. № 6, – p. 44-48.  
<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=39551>
- 49.** Эминов Р.А., Исмаилов К.Х., Исмаилов Н.Я. Вопросы Повышения информативности измерений градиентных изменений температурных показателей атмосферы с помощью GPS // – Москва: Геодезия и картография, –2015, № 9,–с.50 - 52.
- 50.** Пашаев, Н.М., Эминов, Р.А., Дарьябариджавад, Дж. Г. О возможности использования двухволновых самолетных Лидаров для проведения высокоточных измерений высоты расположения местности // – Баки: Azərbaycan Milli Aerokosmik



Agentliyiinin Xəbərləri, – 2016. Cild 19, № 2(19), – с. 23-28.

**51.** Абдулов, Р.Н. Метод двухволновой калибровки солнечных фотометров при двух оптических воздушных массах / Рауф Абдулов, Рамиз Эминов, Новруз Абдуллаев [и др.] // Контроль. Диагностика, – Москва: – 2017. № 1, – с. 40-43.

**52.** Джавадов, Н.Г., Эминов, Р.А., Исмаилов, Н.Я. Оптимизация прогнозирования температуры атмосферы с помощью GPS радиозатменных измерений // – Москва: Геодезия и картография, – 2017. №1, – с. 53-56.

**53.** Исмаилов, К.Х., Метод вариации весового коэффициента для оптимизации единичной и групповой диагностики изделий и физических сред / Камал Исмаилов, Рамиз Эминов, Рена Гусейнова [и др.] / – Москва: Дефектоскопия, – 2018. № 7, – с. 67-71.

**54.** Huseynli, E.I., Eminov, R.A., Ibrahimova, A.E. Comprehensive method to determine flow areas of perforation damages in subsea pipelines with culverts // – Moskau: Nauka i tehnologii truboprovodnoqo transporta nefti i nefteproduktov. Science & Technologies: Oil and oil products pipeline transpotation, – 2019. Vol. 9, No 6, – pp. 660 - 665.

**55.** Эминов, Р.А., Гусейнли, Э.И. Общая концепция создания универсальных диагностических лазерных сканеров для строительства и эксплуатации магистральных газопроводов // – Москва: Контроль. Диагностика, – 2019. № 8, – с. 54-59.

**56.** Mammadly, R,Sh., Eminov, R,A., Asadov, H.H. Method of forming an additional indicator for assessing the viscosity of degraded oil during an oil spillage on the sea surface // – Moskau: Nauka i tehnologii truboprovodnoqo transporta nefti i nefteproduktov. Science & Technologies: Oil and oil products pipeline transportation, – 2020. Vol. 10, No 4, – pp. 427-431.

**57.** Nasirov, H.M., Suleymanov, T.I., Eminov, R. A. Method for laying underground pipelines taking into account the danger of landslide processes // – Moskau: Nauka i tehnologii truboprovodnoqo transporta nefti i nefteproduktov. Science & Technologies: Oil and oil products pipeline transportation, – 2021. Vol.11, No 1, – pp. 16 - 20.

Dissertasiyanın müdafiəsi 16 dekabr 2022 il tarixində saat 1400 Milli Aviasiya Akademiyasının nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.01 Dissertasiya şurasının bazasında yaradılmış BED 2.01/1 Birdəfəli Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, AZ-1045, Bakı şəh., Mərdəkən pr. 30.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının rəsmi saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 11 noyabr 2022 il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:

Kağızın formatı:

Həcmi:

Tiraj: