

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**ŞƏHƏR HAVASININ OPTİK MONİTORİNG
MƏSƏLƏLƏRİNƏ RİYAZİ VƏ AEROKOSMİK
METODLARIN TƏTBİQİ**

İxtisas: 3324.07 Məsafədən aerokosmik tədqiqatlar

Elm sahəsi: texnika

İddiaçı: **Zakir Cümşüd oğlu Zabidov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunda “Qeyri-harmonik analiz” şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

AMEA-nın müxbir üzvü, f.-r.e.d., professor
Bilal Telman oğlu Bilalov

Rəsmi opponentlər:

t.e.d., professor
Tofiq İbrahim oğlu Süleymanov

t.e.n.,
İsmayıl Muxtar oğlu Zeynalov

t.ü.f.d.
Amil Tofiq oğlu Ağayev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Milli Aviasiya Akademiyasında yaradılmış BFD 2.01 Birdəfəlik 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:

F.-r.e.d., professor

Lətif Xəlil oğlu Talıblı

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Şəhərlərin sürətlə böyüməsi və şəhərsalma prosesinin güclənməsi atmosfer havasına təsir edən antropogen yüklərin kəskin şəkildə artmasına, şəhər və sənaye mərkəzlərində ekoloji gərginliyin yaranmasına (ətraf mühitin çirklənmə səviyyəsinin təhlükəli həddə qədər yüksəlməsinə) gətirib çıxarır. Şəhərlərdə bu proses mürəkkəb təbii-iqlim və intensiv antropogen amillər kompleksi ilə müəyyən edilir. Çirkləndirici maddələrin havaya atılmasının nəzarət mexanizminin işlənməsi, çirkləndirici maddələrin atmosferdə paylanması qiyətləndirilməsi məqsədi ilə şəhər havasının monitorinqinin təşkili və aparılması müasir dövrün tələbinə çevrilmişdir. Monitorinq nəticəsində çirkləndirici maddələri xarakterizə edən böyük həcmli informasiya toplanır. Bu informasiyanın özünəməxsus alınma, toplanma, ilkin emal və analiz metodları mövcuddur. Monitorinqin təşkili və aparılması uyğun dövlət qurumları tərəfindən təsdiqlənən dövlət standartları ilə tənzimlənir. Optik metodlarla şəhər havasındakı çirkləndirici maddələr haqqında toplanan informasiya operativliyi və informativliyi ilə seçilir.

Müasir dövrdə müxtəlif beynəlxalq və yerli təşkilatlar tərəfindən şəhər havasının optik monitorinqinə aid çoxlu sayda elmi-praktik tədqiqat işləri yerinə yetirilir. Nəzəri tədqiqat işlərinə nümunə olaraq K.Y. Kandratev, V.E. Zuev, M.E. Berlyand, L. S. Qandin, J. Lenoble, L.S. İvlev, Y.M. Timofeev, P. Rayst, Y.V. İzrail, N.İ. Moskalenko, Q.M. Krekov, R.F.Raximov, E.Mak-Kartni, R.A. Kaqan və başqalarının işlərini göstərmək olar. Tətbiqlə bağlı işlərə nümunə olaraq AERONET (Aerosol Robotic Network) və Qlobal Günəş Atlası beynəlxalq lahiyələrini göstərmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, müasir dövrdə regional təbii-iqlim şəraitini nəzərə almaqla şəhər havasının tədqiq olunması zərurəti yaranmışdır. Zərərli maddələrlə havanın çirklənməsi səviyyəsi təkcə ilkin çirkləndiricilərin miqdarından deyil, həm də müəyyən hava şəraitində çirkləndiricilərin ətraf mühitdə yayılmasından asılıdır. Bu

zaman şəhərlərdə əsasən ikinci çirklənmə prosesi baş verir. Nəticədə müəyyən hava şəraitində çirkləndiricilərin konsentrasiyası artır və təhlükəli həddə çatır. Atmosferin çirklənməsinin proqnozu və atmosfərə atılan çirkləndiricilərə nəzarət məsələləri bir-biri ilə yaxından bağlıdır. Adətən şəhər havasının monitoring sisteminə ətraf mühitin monitoring sisteminin əsas tərkib hissəsi kimi baxılır. Şəhərlərin miqyasının böyük sürətlə artması şəhərlərin ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üsullarında məsafədən tədqiq etmə metodlarından istifadəni vacib etdi. Şəhər havası mahiyyətcə mürəkkəb antropogen və təbii iqlim faktorları ilə formalaşan smogdur. Bu obyektə öyrəndikdə onun fəza strukturu və təbii dəyişkənliyi haqqında dolğun və böyük həcmli informasiyanın alınmasına imkan verən məsafədən tədqiq etmə metodlarından istifadə olunur. Şəhər ərazisində havanın fon çirklənmə səviyyəsi səbəb və nəticə etibarlı ilə maddənin “atmosfer - yer səthi” sistemində dövranı, aerosol-qaz birləşmələrinin qarşılıqlı təsir mexanizmləri, regional şəraitlə əlaqəlidir.

Qeyd olunmalıdır ki, şəhər havasının müşahidə şəbəkəsinin yaradılması həmin şəbəkənin rəasional planlaşdırılma və yerləşdirilməsi məsələsinin korrekt həllinə əsaslanır. Müşahidə şəbəkəsinin rəasional planlaşdırılması həmin şəbəkənin bir tərəfdən iqtisadi cəhətdən əlverişli olması ilə, digər tərəfdən öz yüksək informativliyi ilə səciyyələnilir. Müşahidə şəbəkəsinin rəasional planlaşdırılması monitoring səviyyəli tədqiqat işlərin aparılmasına imkan verir. Verilən ərazilərdə müşahidə şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilməsi həlli zəruri olan əsas məsələlərdəndir və müəyyən dərəcədə müşahidə məntəqələrindən alınan informasiyanın hansı məqsədlə istifadə olunmasından asılıdır. Müşahidə şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilməsinin korrekt həll olunmasının bir çox elmi yanaşma üsulları mövcuddur. Bir qrup elmi tədqiqatçılar şəhər ərazisini eyni xarakterli zonalara bölürlər. Bu zaman zonaların seçilməsində subyektivliyə yol verilir. Bu elmi tədqiqat işlərinin arasında O.A.Drozdov və A.A. Şepelovskinin təklif etdiyi metodikanın xüsusi çəkisi vardır. O.A. Drozdov və A.A. Şepelovski müşahidə məntəqələri arasında mümkün maksimal məsafənin təyin

etmə metodikasını əsaslandıraraq işləmişlər. Bununla əlaqədar olaraq şəhər havasının hazırkı ekoloji durumunun operativ və sistemli öyrənilməsi, davamlı monitorinqinin aparılması, müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi və iş rejiminin idarə olunması yaşadığımız dövrün ən aktual problemlərindən birinə çevrilmişdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqat obyektı şəhər havasının çirklənmə prosesinin optik monitorinq sistemidir. Tədqiqat predmeti optik verilənlərin emalının riyazi model və alqoritmləri, riyazi və aerokosmik metodlardır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işi kompleks ekoloji monitorinq sisteminin tərkib hissəsi olan optik monitorinqin təşkili və aparılmasına, optik monitorinq verilənlərinin riyazi metodlarla emalına, şəhər mühitində çirкли hava hövzəsinin yaranma və dəyişmə tendensiyalarının təhlilinə həsr olunub. İşdə məqsəd regional meteoroloji şərait nəzərə alınmaqla şəhər hava hövzəsini xarakterizə edən optik müşahidə materiallarının ilkin emalı, obyektiv və statistik analizinin özəlliklərinin araşdırılmasıdır. Dissertasiya işində riyazi üsulların (üç siqma qaydası, baş komponentlər və veyvlet analiz üsulları) tətbiq sxemlərinin və şəhər havasının müşahidə şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilmə, idarə olunma prinsiplərinin işlənməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində qarşıya qoyulmuş məsələləri həll etmək üçün verilənlərin statistik və obyektiv analiz metodları, siqnalların rəqəmsal emal metodları, informasiya və informasiya sistemləri nəzəriyyəsi, sistemli analizin riyazi modelləşdirməsi, interpolyasiya və optimallaşdırma nəzəriyyələri, riyazi nizamlama metodlarından, veyvlet analiz nəzəriyyəsinin metodlarından istifadə edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

- Optik monitorinq verilənlərinin ilkin emalı alqoritmı (optik verilənlərinin müvafiq ölçmə qurğuları ilə toplanması və ilkin emalı);
- Müşahidə verilənlərinin müxtəlif statistik göstəricilərinin və optik parametrlərin hesablanması alqoritmı;

- Çirkli hava hövzəsinin optik monitorinqini təsvir edən fiziki-riyazi modelin yaradılmasına xidmət edən riyazi hesablamaların aparılması:
 - Üç siqma qaydasının tətbiqi;
 - Müşahidə məlumatlarının baş komponentlər metodu ilə analizi;
 - Zaman sırasında olan optik verilənlərin analizi;
 - Veyvlet analiz metodlarının tətbiqi;
- Şəhər havasının müşahidə şəbəkəsinin rəasional yerləşdirilməsi üçün şəhər ərazisində çirkli hava hövzəsinin müxtəlif istiqamətlərinin informativ verilənlərinin riyazi göstəriciləri;
- Müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi və iş rejiminin idarə olunması üçün riyazi nizamlaşma metodlarının tətbiqi üsulu.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiya işində aşağıdakı elmi yeniliklər alınmışdır:

- ✓ Bakı şəhəri üzərində hava hövzəsinin müxtəlif istiqamətlərdə optik qalınlığın tərəddüdləri arasında zəif korrelyasiya əsılığının olması göstərilmişdir;
- ✓ Bakı şəhəri üzərində havanın optik qalınlığının tərəddüdlərinin vaxt dövrlərinin şəhərin üç istiqamətində (qərb, şimal və cənub-şərq) kəskin fərqlənməsi göstərilmişdir;
- ✓ Müxtəlif müşahidə istiqamətləri arasında şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi metodikası verilmiş və uyğun hesablaşma sxemi işlənmişdir;
- ✓ Bakı şəhər havasının optik monitorinqinin müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi üçün müvafiq hesablaşma sxemi işlənmiş və müşahidə şəbəkəsinin sıxlığının təyin edilməsində üç nöqtəli (bərabərtərəfli üçbucağın mərkəzi) optimal interpolyasiyanın səmərəliliyi göstərilmişdir;
- ✓ Riyazi nizamlaşma metodunun tətbiqi ilə şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunması metodikası verilmiş müşahidə

məntəqəsinin səmərəli iş rejiminin önəmlilik nizamını təyin edən hesablama sxemi işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

Dissertasiya işi əsasən regional meteoroloji şəraitdə aparılan ekoloji monitorinqə həsr olunur. Alınan nəticələr nəzəri olaraq əsaslandırılmış və elmi-praktik əhəmiyyət kəsb edir. Dissertasiyada alınan nəticələrdən Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin müvafiq struktur şöbələrində, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının qurumlarında, həmçinin şəhərsalmanın planlaşdırılmasında istifadə oluna bilər. Dissertasiya işinin nəticələri şəhər üzərindəki hava hövzəsinin optik monitorinqinin təşkil olunması (yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilməsi və iş rejiminin idarə olunması) üçün tətbiq oluna bilər. Dissertasiya işində hava hövzəsinin optik monitorinqini təsvir edən fiziki-riyazi modelin yaradılmasına xidmət edən aşağıdakı qiymətləndirmə və hesablamalar aparılmışdır:

- Hava qatının məsafədən monitorinqinin aparılması kompleks şəkildə atmosferin quruluşu, atmosferdəki aerosol-qaz birləşmələrinin mikrofiziki və optik parametrlərin dinamikasının öyrənilməsi ilə əlaqələndirilmiş, optik qalınlıq hesablanmış, müşahidə verilənlərinin approksimasiyası verilmiş və approksimasiya xətası qiymətləndirilmişdir;
- Müşahidə verilənlərin keyfiyyətli strukturunun yaradılması üçün riyazi üsulların (Baş komponentlər, veyvlet analiz və üç siqma qaydası) tətbiq sxemləri işlənmişdir;
- Veyvlet əmsallarının və entropiya funksiyasının qiymətləri hesablanmış, ölçmə verilənlərinin və veyvlet əmsallarının histogramları qurulmuşdur; Optik ölçmə verilənlərinin reqressiya asılılığının qiymətləndirilməsi aparılmışdır (Bakı şəhəri üçün);
- Müxtəlif müşahidə istiqamətləri arasında şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi metodikası verilmiş və uyğun hesablama sxemi işlənmişdir;
- Bakı şəhər havasının optik monitorinqinin müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi üçün müvafiq

hesablama sxemi işlənmişdir ;

- Riyazi nizamlaşma metodunun tətbiqi ilə şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunması metodikası verilmiş, müşahidə məntəqəsinin səmərəli iş rejiminin önəmlik nizamını təyin edən hesablama sxemi işlənmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyadakı əsas nəticələrin müzakirələri Milli Aerokosmik Agentliyin Birləşmiş Elmi Texniki Şurasında, Ekologiya İnstitutunun elmi seminarlarında, AMEA RMI-nun Qeyri-harmonik analiz şöbəsinin seminarında aparılmışdır. Həmçinin nəticələrin müzakirələri III “Kibernetika və İnformatikanın problemləri” Beynəlxalq konfransında (Bakı ş., sentyabr 6-8, 2010), IV “Kibernetika və İnformatikanın problemləri” Beynəlxalq konfransında (Bakı ş., sentyabr 12-14, 2012). “İkinci Xəzər beynəlxalq su texnologiyaları” konfransında (Bakı ş., 11 aprel, 2014), VIII –ci “Nəzəri riyaziyyat və onun tətbiqləri” Beynəlxalq konfransında (Ufa ş., sentyabr 2015), Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problemləri Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 55 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransında (Bakı ş., may 15-16, 2014), “Elektron tibbin multidissiplinar problemləri” I respublika elmi-praktiki konfransında (Bakı ş., may 24, 2016), “Qeyri-Harmonik analiz və Differensial Operatorlar” Beynəlxalq konfransında (Bakı ş., may 25-27, 2016), “Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni İnformasiya texnologiyaları” III Respublika elmi konfransında (Sumqayıt ş., 15-16 dekabr, 2016), “Tətbiqi elmlərdə riyazi modelləşdirmə” 2-ci Beynəlxalq konfransında (Belqrad ş., 20-24 avqust 2019), Gürcüstan Riyaziyyat Birliyinin X Beynəlxalq konfransında (Batumi ş., 2-6 sentyabr 2019) məruzə edilmişdir.

Dissertasiya işinin nəticələri şəhər üzərindəki hava hövzəsinin optik monitorinqinin təşkil olunması (yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilməsi və iş rejiminin idarə olunması) üçün istifadə oluna bilər.

İddiaçının nəşrləri. Dissertasiya mövzusu üzrə 16 elmi iş, o cümlədən 9 iş respublikada, 7 iş isə xaricdə olmaqla nəşr

edilmişdir. Nəşr edilmiş elmi işlərdən 7-si konfrans materiallarıdır ki, onlardan da 5-i beynəlxalq konfranslar olmuşdur. Nəşr edilmiş işlər dissertasiyada qoyulmuş məsələləri əhatə edir və Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən qoyulan tələblərə cavab verir. Dissertasiyanın əsas məzmunu dərc olunmuş elmi məqalələrdə əks edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun Qeyri-harmonik analiz şöbəsində yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiyada 29 cədvəl, 15 qrafik və 14 şəkil verilmişdir. Dissertasiyanın həcmi struktur bölmələri üzrə təqribən aşağıdakı şəkildə paylanmışdır:

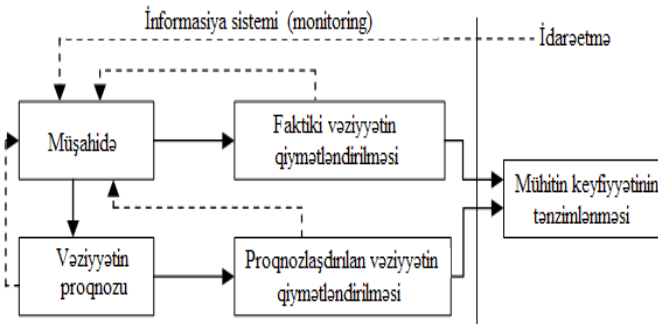
- Dissertasiya işinin ümumi həcmi –162520 işarə;
- Titul səhifəsi –348 işarə;
- Mündəricat– 3394 işarə;
- Giriş– 11270 işarə;
- I fəsil–53921 işarə ;
- II fəsil – 49470 işarə;
- III fəsil – 42046 işarə;
- Nəticə – 1555 işarə ;
- İxtisarların və şərti işarələrin siyahısı – 516 işarə;
- İstifadə olunan ədəbiyyat siyahısı –13607 işarə

İşin məzmunu. Dissertasiya işi girişdən, üç fəsildən, nəticə və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

Birinci fəsil "Ekoloji monitorinq sistemi, şəhər havasının optik monitorinqinin sistemli analizi" adlanır və kompleks ekoloji monitorinq sisteminin tərkib hissəsi olan optik monitorinqin təşkili və aparılmasına həsr edilib. Burada optik monitorinqin aparılmasının mahiyyəti şərh edilib. Dissertasiya işinin birinci fəsilində Azərbaycanda çirkləndirən şəhər hava hövzəsinin optik monitorinqinin elmi-praktik əsaslarının işlənməsi zərurəti göstərilmiş və mövcud

problemlərin şərhı verilmişdir. Respublikamızda ekoloji qanunvericilik Beynəlxalq sazişlər əsasında tərtib edilmişdir. Azərbaycan Respublikasında ətraf mühitin monitorinqini Azərbaycan Respublikasının Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi yerinə yetirir. Ətraf mühitin monitorinqi–təbii mühitin antropogen təsiri nəticəsində dəyişməsinin müşahidə, qiymətləndirmə və proqnozu sistemidir. Monitorinq sistemi milli informasiya infrastrukturunun tərkib hissəsidir. Monitorinq sisteminin alt sistemlərinin elmi mərkəzlərdə qəbul olunmuş¹ blok-sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.

Həmçinin birinci fəsilə şəhər hava hövzəsinin optik monitorinqinin aparılmasında istifadə olunan əsas fiziki kəmiyyətlərin izahı, ölçü vahidləri və hesablama qaydaları haqqında məlumat verilib. Hava qatının məsafədən monitorinqinin aparılması kompleks şəkildə atmosferin quruluşu, atmosferdəki aerosol-qaz birləşmələrinin mikrofiziki və optik parametrlərin dinamikasının öyrənilməsi ilə əlaqələndirilib. Yer atmosferinin fəza və zamana görə qeyri-bircinsliyi qeyd olunmuşdur. Yer atmosferinin şaquli istiqamətində qatlılıq xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Atmosfer



Şəkil 1. Monitorinq sisteminin blok-sxemi

quruluşunun şaquli istiqamətində qatlılıq xüsusiyyətləri, özünü havanın temperaturunun hündürlüyə görə dəyişməsi xarakterində

¹ Пашкевич, М.А., Экологический мониторинг / М.А.Пашкевич, В.Ф.Шуйский,— Санкт-петербург. Гидрометеоиздат, – 2002.— 89 с.

daha aydın və dəqiq göstərir². Atmosfer strukturunun qatlılıq xüsusiyyətləri onun kimyəvi tərkibinin hündürlüyə görə qeyri-bircinsliyində də özünü göstərir və çirkləndirici maddələrin atmosferdə paylanmasının qiymətləndirilməsində nəzərə alınmalıdır. Burada qeyd olunub ki, atmosferin radiasiya xarakteristikaları Günəş şüalanmasının atmosferlə qarşılıqlı təsirinin göstəriciləridir. Atmosfer aerosolunun işıq dəsti ilə qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən işığı səpmə, udma, zəiflətmə əmsallarıdır. Öz növbəsində işığı səpələyən hissəciklərin ölçüləri, forması və kimyəvi tərkibi bu xarakteristikaları təyin edir³. Bu fəsilə atmosferdəki aerosol hissəciklərinin mikrofiziki xarakteristikaları və ölçülərinə görə paylanma qanuna uyğunluqları araşdırılmışdır. Göstərilib ki, aerosolun əsas xarakteristikalarından biri ölçülərinə görə paylanma funksiyasıdır və çox zaman hissəciklər ölçülərinə görə loqarifmik-normal paylanma funksiyası ilə təsvir olunur.

Bu fəsilə atmosferdə işığın səpilməsinə səbəb olan səpicilərin kimyəvi tərkibindən və onların kompleks sınma göstəricisindən bəhs olunur. Düşən işıq dəstinin ümumi zəifləməsi, maddənin kimyəvi tərkibindən asılı olan udma və səpilmə proseslərindən fərqli asılıdır.⁴ Atmosferdə işıq şüasının köçürülməsi məsələsi, ən əvvəl aerosol mühitində işığın çoxqat səpilmə məsələsidir. Günəş şüasının səpilməsi və əks olunma effektləri nəticəsində "atmosfer-yer səthi" sistemində, Günəş hündürlüyü və meteoroloji şəraitin dəyişməsindən asılı olaraq fasiləsiz dəyişən görünən radiasiya fonu formalaşır. Bu fəsilə "Atmosfer-Yer" sistemində işıq şüasının transformasiyasına geniş və xüsusi diqqət ayrılıb.

Bu fəsilə optik müşahidə metodları şərh olunub, məsafədən tədqiqətmə metodlarının yerüstü və aerokosmik metodlara ayrılması göstərilib. Optik müşahidə metodları passiv və aktiv metodlara

² Тимофеев, Ю.М. Теоретические основы атмосферной оптики / Ю.М. Тимофеев, А.В. Васильев, – Санкт-петербург. Наука,– 2007. – 152 с

³ Райст, П. Аэрозоли. Введение в теорию / П.Райст – Москва. "Мир", – 1987.– 241 с.

⁴ Зуев, В. Е., Оптика атмосферного аэрозоля / В.Е. Зуев, М.В. Кабанов, – Ленинград. Гидрометеоздат, – 1987.– 255 с.

ayrılıb. Passiv metod zamanı düz və diffuz radiasiyalarının ölçülməsi aparılır. Hava qatının optik parametrləri aktiv və passiv zondlama üsullarına görə təyin edilir. Hər iki, passiv və aktiv zondlama üsullarında çirkləndirici inqredientlər haqda məlumat optik parametrlərin spektral (dalğa uzunluğundan) asılılığına əsaslanır⁵. İşdə atmosferin ölçülən radiasiya xarakteristikalarına əsasən optik kütlə və optik qalınlıq hesablanıb və optik qalınlığın tərəddüdləri araşdırılıb. Göstərilib ki, informasiyanın kompüterlərdə qorunub-saxlanması üçün verilənlər bazasından (VB) geniş istifadə olunur. Ekoloji monitoring sisteminin VB-na daxil olan informasiya, çirкли hava hövzəsinin radiasiya xarakteristikalarını özündə əks etdirən düz, səpələnən və cəm radiasiyanın ölçmə anındakı ədədi qiymətləridir. Verilənlərin strukturu elə seçilməlidir ki, verilənlərdən səmərəli istifadəni təmin etsin. Bu gün əksər VB cədvəl şəkillidirlər, yəni relyasion strukturludurlar. Cədvəl VB-nin əsas və ən vacib obyektidir, belə ki, verilənlər məhz bu cədvəllərdə saxlanılırlar. Ekoloji monitoring sistemində, hava hövzəsinin VB-nin cədvəllərində Günəş şüasının komponentlərin ölçmə tarixi və zamandakı qiymətləri yerləşdirilir.

Dissertasiya işinin "Optik müşahidə məlumatlarının emalının riyazi metodları" adlı II fəsilində göstərilib ki, şəhər havasının çirklənmə proseslərini öyrənmək və çirklənmə proseslərinə operativ nəzarət üçün müvafiq ölçmə qurğuları və məlumatları emal edən müvafiq riyazi üsullar tələb olunur. Təbiidir ki, verilənlərin emalı riyazi modelləşdirmə, optimallaşdırma, əməliyyatların tədqiqi, sistemli analiz və s. məsələlərin həlli ilə sıx əlaqədardır. Burada monitoringin ölçü materialının ilkin emalında mərkəzləşdirmə və normallaşdırma əməliyyatlarının tətbiqinin aparılması, standart parametrlili (Exponential; Fourier; Sum of Sin Functions; Gaussian; Weibull; Power) və parametrsiz (İnterpolant; Smoothing Spline) riyazi yaxınlaşma modellərindən istifadə olunması təklif edilib. Optik verilənlərə riyazi yaxınlaşma modellərindən istifadə etdikdən

⁵ Кондратьев, К.Я., Атмосферный аэрозоль / К.Я.Кондратьев, Н.И. Москаленко, Д.В. Поздняков, –Ленинград. Гидрометеоиздат, –1983.– 224 с.

sonra yaxınlaşmanın keyfiyyətli olub-olmamasının qiymətləndirilməsi üçün rəqəmsal meyarlardan (SSE meyarı; R kvadrat meyarı; dəqiqləşdirilmiş R-kvadrat meyarı; RSME meyarı) istifadə olunub.

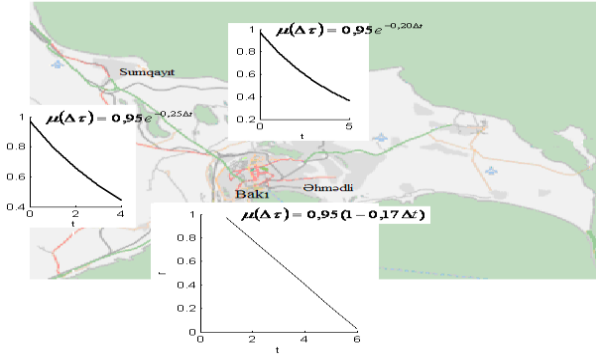
Dissertasiya işinin 2.2 yarımfəslində ilkin verilənlərə təsadüfi kəmiyyətinin aldığı qiymətlər kimi baxılıb. Qeyd olunub ki, təsadüfi kəmiyyətinin çox böyük qiymətlər alma ehtimalı çox kiçik olduğundan praktiki hesablamalarda onun hədd qiymətlərinin deyil, hər hansı bir ağılabatan qiymətə bərabər götürülür. Bu hədd qiymətlərini təyin etmək üçün üç siqma qaydasından istifadə edilib.

$$\left| f_i^j - \bar{f}^j \right| \geq 3\sigma . \quad (1)$$

Burada f_i^j göy sferinin hər hansı i nöqtəsində (j istiqamətində olan) ölçmə qiyməti, \bar{f}^j göy sferinin hər hansı i nöqtəsində olan orta kəmiyyəti (f təsadüfi kəmiyyətinin riyazi gözləməsi) və σ - həmin nöqtədə kvadratik orta meylidir.

Dissertasiya işinin 2.3 yarımfəslində ilkin verilənlər statistik aspektdə araşdırılıb. Verilənlərin statistik emalı onların düzgün alınma və saxlanmasını tələb edir. Məlumatların statistik emalı ekosistemlərin davamlı idarə edilməsi üçün praktiki qaydaların yaradılmasında və inkişafında zəruri mərhələdir. Ekoloji tədqiqatlar çox dəyişənlərin təhlili ilə bağlı olur. Müşahidənin təşkili ilkin verilənlərin toplanması ilə əlaqədardır və problemin tədqiqinin ilk mərhələsidir. Hər bir problemin özünə məxsusluğu vardır və onlar özlərinin müşahidə verilənləri ilə fərqlənirlər. Məlumdur ki, ölçmələrin nəticələri statistik çoxluqlar əmələ gətirir. Bəzi praktik məsələlərin həllində təsadüfi kəmiyyətin qiymətlərinin hamısından deyil, ancaq bəzi kəmiyyət göstəricilərindən istifadə məqsədə uyğundur. Dissertasiya işinin 2.3 yarımfəslində tədqiq olunan kəmiyyətin müxtəlif statistik göstəriciləri (riyazi gözləməsi, dispersiya, orta kvadratik meyl, və s.) hesablanıb və uyğun cədvəllər tərtib olunmuşdur. Tədqiqat işlərinin nəticəsi olaraq Bakı şəhərində üç müxtəlif istiqamətlərdə atmosferin optik qalınlığının korrelyasiya asılılığının fərqliliyi göstərilib. Bu istiqamətlər qərb, şimal və cənub-

şərq istiqamətləridir.⁶Havanın tərəddüdləri qərb istiqamətində çox dəyişkən, cənub-şərq istiqamətində nisbətən stabil və şimal istiqamətində orta dəyişkəndir⁷. Bu asılılıqlar atmosferdə aerazol hissəciklərinin varlığının regional fiziki şəraiti ilə təyin olunur. Bu hissəciklər əsasən atmosfer havasında işığın transformasiya olmasına səbəb olur.Atmosferin optik qalınlığının korrelyasiya asılılığının fərqliliyi əyani olaraq Abşeronun xəritə-sxemi üzərində şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Bakı şəhəri üzərindəki hava hövzəsinin optik qalınlığının fərqli korrelyasiyaları

Dissertasiya işinin 2.4 yarım fəslində müşahidə verilənlərinin informativliyinə xələl gətirmədən verilənlər fəzasının ölçüsünün azaldılması üçün baş komponentlər üsulunun (BKÜ) istifadəsi təklif olunub. Fərz edək ki, L^k xətti fəzasında ilkin X vektorlar çoxluğu verilmişdir. BKÜ-nun tətbiq olunması imkan yaradır ki, L^m ($m < k$) xətti fəzasının bazisinə keçək. Başqa sözlə BKÜ-nun tətbiq olunması imkan yaradır ki, X vektorlar verilənlərinin əsas

⁶ Ismailov, F.I., Abdurahmanov, Ç.Ə., Zabidov, Z.C. On the rational placing of land remote sensing network of urban air Baku // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI ' 2012). Section #7, Control and Optimization,– Bakı , – September 12-14, – 2012,– v.IV, pp.14-17.

⁷ Bilalov B.T., Zabidov Z. J. Creation and analysis of data bank for the variability of optical thickness of urban air in Baku // News of Science and Education NR 24 (24), 2014, pp.23-28.

dəyişkənliyi ilk m komponentlə təsvir olunsun, qalan $(k - m)$ komponent verilənlərin dəyişkənliyinə az təsir etdiyi üçün onları nəzərə almamaq olar⁸. Burada konkret ölçmələr üzrə cəm radiasiyasının kovariasiya matrisi qurulmuşdur. Həmçinin hesablanmış məxsusi ədədləri və baş elementlərin cəm radiasiyanın dəyişkənliyinə təsirinin faiz göstəriciləri verilmişdir.

Dissertasiya işinin 2.5 yarımfəsli siqnalların veyvlet ayrılış və bərpa metodlarına həsr olunub. Klassik Furye çevirməsi (kəsilməz və ya diskret) siqnalların analiz və sintezi üçün çox əhəmiyyətli riyazi aparatdır, lakin çox mürəkkəb siqnalların təhlilində kifayət qədər effektiv olmur. Real siqnalların spektral analizini həm tezliyə və həm də vaxta görə aparmaq lazımdır. Belə siqnalların analizi üçün elə bazis funksiyalarını seçmək lazımdır ki, onlar siqnalın həm tezliyə və həm də vaxta görə xarakteristikalarını təyin etməyə imkan versin. Başqa sözlə, bazis funksiyalar tezlik-vaxt lokalizasiya xassələrinə malik olmalıdırlar. Tezlik-vaxt təhlili siqnalın lokal xassələrinə malik olmalıdırlar. Tezlik-vaxt təhlili siqnalın lokal tezlik-vaxt həyəcənlanmalarını aşkara çıxarmaq məqsədi daşıyır^{9 10}. Siqnal sonlu enerjiyə malikdir: $f \in L_2(-\infty, +\infty)$. Ona görə, veyvlet adlanan bazis funksiyalar da L_2 -yə daxil olmalıdırlar. Bu cür funksiya vasitəsi ilə bütün oxu əhatə etmək üçün (yəni siqnalın bütün vəziyyətini əhatə etmək) bazis funksiyalar ana veyvletin müəyyən sürüşmələrini özündə saxlamalıdır: $\{\varphi(t - b)\}$. Tezlik analizi əhatə etmək üçün bazis funksiyalar ikinci arqumentə miqyas əmsalına da malik olmalıdır. Bu əmsal Furye analizdəki tezliyin analoqudur.

Praktikada informasiyaların təhlilində bir çox səbəblərdən kəsilməz haldan fərqli diskret veyvlet çevirmələr (DWT – diskrete wavelet transform) istifadə olunur. Diskret VC (DWT)–nin əsasını

⁸ Зуев, В.Е., Оптические модели атмосферы / В.Е. Зуев, Г.М. Креков – Ленинград. Гидрометеоиздат, – 1986. – 256 с.

⁹ Бурнаев, Е.В. Применение вейвлет преобразования для анализа сигналов / Е.В. Бурнаев. – Москва. МФТИ, – 2007. – 138 с.

¹⁰ Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши, – Москва. НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, – 2004. – 464

miqyas funksiyası və veyvlet funksiyası təşkil edir. Veyvlet çevirmə bazisinin qurulması miqyas çevirməsi və sürüşmə prinsipidir. Belə ki, miqyasın dəyişməsi vasitəsilə veyvletlər müxtəlif miqyaslarda xarakteristikalarının müxtəlifliyini və sürüşmə vasitəsilə siqnalın baxılan intervalın müxtəlif nöqtələrində xassələrini aşkara çıxarmağa imkan verir.

Hər bir siqnalı onun müəyyən intervallar üzrə qiymətləri (“трэнд”) və bu qiymətlər ətrafında dəyişməsi ilə xarakterizə etmək olar. Ortalaşmış qiymətlər ətrafındakı rəqsləri fluktasiya adlandıracağıq. Siqnalın emalı zamanı fluktasiyaların müxtəlif miqyaslarda qiymətləri əhəmiyyətlidir, çünki onlara görə fluktasiyaların yaranma səbəblərini öyrənmək olar. Bu zaman müxtəlif intervallar üzrə ortalaşmalar aparılır. Dissertasiya işində siqnalların analizində VC əmsallarının statistik aspektdə araşdırılması aparılmışdır. Nümunə olaraq işdə Cəm radiasiyanın ölçülən qiymətlərinin histoqramması, müxtəlif səviyyədə olan detallaşdırıcı əmsalların histoqrammaları, veyvlet-spektroqramının qrafiki, miqyasın seçilmiş qiymətinə uyğun veyvlet ayrılış əmsalları təsvir olunmuşdur.

İstənilən ölçmə verilənləri demək olar ki, müxtəlif dərəcədə təhrif olunur. Məsələn, ölçmə verilənləri faydalı siqnaldan əlavə arzuolunmaz küy siqnalları əks etdirir. Adətən model hesablamalarda siqnallar $S(t) = f(t) + e(t)$ kimi qəbul olunur. Burada $f(t)$ - siqnalın faydalı tərkibinin, $e(t)$ -küy tərkibinin göstəricisidir.¹¹ Veyvlet analizi zamanı siqnal approksimasiya və detallaşdırıcı əmsallara ayrılır. Burada approksimasiya əmsalları siqnalın faydalı tərkibini, detallaşdırıcı əmsallar isə küy tərkibini təsvir edir. Dissertasiya işində veyvlet ayrılış ilə siqnalların küydən təmizlənməsi üsulu təsvir olunmuşdur. İşdə nümunə olaraq cəm radiasiyanın konkret tarixdə ölçülən qiymətləri və küydən təmizlənən siqnalın təsviri verilmişdir.

¹¹ Смоленцев, Н. К., Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н.К.Смоленцев, – Москва. Изд.-во ДМК, – 2005.– 304 с.

Hal-hazırda ətraf mühit haqqında verilənlərin emalı üçün zaman ardıcılığının analizidir. Bir qayda olaraq zaman anları bir-birlərindən bərabər ayrılaraq saat, gündəlik, aylıq, illik qiymətlərdən ibarət ola bilər. Zaman sırasındakı təcrübi verilənlər $S(t)$ funksiyasının qiymətlərinin ardıcıl və Δt addımı ilə təyin olunur¹²

$$S_k(t) = S(t_k), t_k = \Delta t \cdot k, k=0,1,2, \dots, N-1. \quad (2)$$

Burada Δt -addımın uzunluğu, N –sıranın nöqtələrinin sayıdır.

Veyvlet əmsallarından istifadə etməklə siqnalın analizi prosesində hansı veyvletin tətbiq olunması bir çox hallarda əvvəldən məlum olmur. Onu həll olunacaq məsələdən asılı seçirlər. Veyvletin düzgün seçilməməsi bəzən məsələnin həll olunmamasına gətirir. Veyvletin seçimi üçün bəzi metodlar məlumdur. Siqnalın müəyyən dəqiqliklə veyvlet ayrılışının optimal formada olması üçün siqnalın entropiyasından istifadə olunur. Siqnalların emalında adətən dörd entropiya kriteriyasından istifadə olunur ('shannon', 'norm', 'log energy', 'threshold'). Bu məqsədlə təcrübi verilənlərin analizində müxtəlif günlər üçün zaman sırasında verilən siqnalların veyvlet əmsalları və entropiya funksiyasının qiymətləri hesablanmış, ölçmə verilənlərinin və veyvlet əmsalların histoqrammaları qurulmuşdur.¹³ Dissertasiya işinin 2.6 yarımfəslində ölçmə verilənlərinin regressiya asılılığının qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılmış, siqnalların veyvlet ayrılış və bərba metodlarının tətbiqi sxemi işlənmişdir.

Dissertasiya işinin III fəslə "Şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunmasında riyazi nizamlaşdırma üsulunun tətbiqi" adlanır. Şəhər və sənaye mərkəzlərində hava hövzəsinin çirklənməsinin identifikasiyası məsələsi fon və lokal çirklənmənin fərdi xüsusiyyətlərinin araşdırılması, avtomatlaşdırılmış müşahidə məntəqələri şəbəkəsinin səmərəli yerləşdirilməsindən çox asılıdır. Bu

¹² Витязев, В.В. Вейвлет-анализ временных рядов / В.В. Витязев. – Ленинград. Издательство Санкт-Петербургского Государственного университета, – 2001.– 60 с.

¹³ Bilalov B.T. and Zabidov Z.J. Exploring Urban Air by the Technologies of Statistical and Wavelet Analysis Math.Aeterna, Vol.5 no. 2, 2015, pp.327 – 335.

asilılıq ilk növbədə müşahidə məntəqələrinin informativliyi və sıxlığı ilə təyin olunur. Müşahidələrin informativliyi təcrübi materialın dəqiqliyi, həcmi və müntəzəm aparılması ilə səciyyələndirilə bilər. Burada qeyd olunur ki, optik görünüş havanın optik vəziyyətinin əsas göstəricilərindən biridir. Optik görünüş Buger-Lambert qanunundan alınan Koşmider qanununa əsaslanır¹⁴. Optik görünüş məsafəsini təyin etmək üçün aşağıdakı asılılıqdan istifadə edilib

$$L_m = 3,9\tau^{-1} \quad (3)$$

Bu asılılıqdan alınır ki, optik qalınlıq müəyyən məsafədə işıq dəstinin zəifləməsinin göstəricisi kimi götürülür. Dissertasiya işində havanın çirklilik vəziyyətini qiymətləndirmək üçün, optik uzaqgörmə məsafəsinin qradasiyası (müxtəlif hava şəraitinə aid dəyişmə intervalları) aparılmışdır. Atmosferin optik vəziyyəti aerosol zərrəciklərin mikrofiziki parametrlərindən (qatılılığı, ölçüləri, səpilmə və udulma əmsalı) asılıdır. Təcrübə göstərir ki, optik ölçmələr əsasında aerosolun qatılığı aşağıdakı parametrik asılılığa əsasən qiymətləndirə bilər¹⁵

$$m = 2.2 \cdot 10^{-10} \sigma_{(0.55\mu m)} \quad (4)$$

Atmosfer optikasının tərs məsələsinin həllinə əsasən aerosolun qatılığı $m(\text{mkq}/\text{m}^3)$ aerosolun optik sıxlığı $\sigma = d\tau / dh$ ilə əlaqələndirilib və şəhər havasının çirklilik vəziyyətini optik uzaq görmə məsafəsinə görə qiymətləndirmək üçün uyğun cədvəl tərtib olunub.

Dissertasiya işinin 3.2 yarımfaslində dayaq müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsinin həlli müzakirə olunub. Burada Bakı şəhəri və şəhər ətrafında çoxillik aktinometrik ölçmə məlumatlarından və çirklilik hava hövzəsinin optik parametri olan optik qalınlıqdan istifadə olunmuşdur. Hava qatının bütün nöqtələrində

¹⁴ Зуев, В. Е., Оптика атмосферного аэрозоля / В.Е. Зуев, М.В. Кабанов, – Ленинград. Гидрометеоздат, – 1987.– 255 с.

¹⁵ Milli Aerokosmik Agentliyi, Ekologiya İnstitutunun hesabatı: Şəhər havasının optik monitorinqinin elmi-praktik əsaslarının işlənməsi, –2010 və 2011-ci illər, – s.24.

radiasiya sahəsinin bərpası statistik verilənlər əsasında interpolyasiya metodu ilə aparılmışdır. Çoxillik aktinometrik ölçmələr şəhər havasının daha çirkli dövründə iyul-avqust aylarında aparılmışdır¹⁶. Müşahidə verilənlərinin approksimasiyası aşağıdakı bərabərliklə ifadə olunur¹⁷

$$\hat{f}(r_0) = \sum_{i=1}^n a_i \tilde{f}(r_i) \quad . \quad (5)$$

Burada $\hat{f}(r_0)$ - approksimasiyanın nəticəsidir,

$\tilde{f}(r_i) = f(r_i) + \delta_f(r_i)$ - müşahidə verilənləridir; $f(r_i)$ - verilənlərin həqiqi qiymətləri və $\delta_f(r_i)$ - ölçmə xətalardır; a_i - interpolyasiya əmsallarıdır.

Approksimasiyanın dəqiqliyi interpolyasiyanın orta kvadratik yayınması E ilə təyin edilir

$$E^2 = \overline{\left[\sum_{i=1}^n a_i \hat{f}(r_i) - f(r_0) \right]^2} \quad (6)$$

Optimal approksimasiyanın normallaşmış dəqiqliyi r_0 nöqtəsində aşağıdakı ifadə ilə verilir

$$\varepsilon^2 = E_0^2 / \sigma_0^2 \quad . \quad (7)$$

Optimal interpolyasiyanın dəqiqliyi

¹⁶ Ismailov, F.I., Abdurahmanov, Ç.Ə., Zabidov, Z.C. On the rational placing of land remote sensing network of urban air Baku // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI ' 2012)– Baku , – September 12-14, – 2012,– v.IV, pp.14-17.

¹⁷ Гандин, Л.С. Объективный анализ метеорологических полей /Л.С. Гандин, – Ленинград, Гидрометеоиздат, – 1963.– 287 с.

$$\frac{d\varepsilon^2}{da_i} = 0, \quad (i=1,2, \dots), \quad (8)$$

minimum şərtinə görə tapılır.

Şəhər havasının istənilən nöqtəsində optik qalınlığın qiyməti təcrübə üsulu ilə təyin olunmuş diskret nöqtələrin qiymətləri vasitəsi ilə hesablanır. Bu zaman optik qalınlığın interpolyasiyasının aparılması aşağıdakı düstur ilə nəzərdə tutulur

$$\tau(t_0) = \sum_{i=1}^n a_i \tau(t_i). \quad (9)$$

Burada $\tau(t_i)$ - t anında i nöqtəsində olan optik qalınlıqdır, a_i isə çəki əmsəlidir və aşağıdakı şərti ödəyir

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (10)$$

Şəhər ərazisində məsafədən optik müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi tələblərinin ödənilməsi məqsədi ilə interpolyasiya xətasının aşağıdakı şərti ödəməsi tələb olunur¹⁸

$$\varepsilon_m \sim \eta. \quad (11)$$

Burada ε_m - interpolyasiya xətasının mümkün maksimal qiyməti, η -ölçmə xətasının miqyasıdır və adətən ölçmə cihazını xarakterizə edir.

Yuxarıda göstərilən (11) şərtinin istifadəsi imkan verir ki, interpolyasiya xətasının hesablanmış qiymətlərinə görə müşahidə

¹⁸ Гандин ,Л.С. Статистические методы интерпретации метеорологических данных / Л.С. Гандин, Р.А. Каган, – Ленинград. Гидрометеоиздат,– 1978 . – 360 с.

məntəqələri arasındakı mümkün limit məsafəsi l_m təyin olunsun. l_m məsafəsinin qiymətinin hesablanması müşahidə şəbəkəsinin sıxlığının qiymətləndirilməsi tələbinə uyğun olmalıdır. Qeyd edək ki, bizim tərəfimizdən Ekologiya İnstitutunun aerosol qrupu ilə birgə Bakı şəhərinin müxtəlif ərazilərinə aid olan və ε_i interpolyasiya xətlərinin və α_i çəki əmsallarının qiymətlər sahəsi hesablanaraq verilmişdir. Bu zaman çox nöqtəli optimal interpolyasiya növlərindən (parçanın mərkəzi, bərabərtərəfli üçbucağın mərkəzi, kvadratın mərkəzi) istifadə olunmuşdur. Burada α_i -çəki əmsalları və uyğun ε_i approksimasiya xətləri ölçüsüz parametr ρ/ρ_0 -dan asılı olaraq götürülmüşdür. ρ_0 - Göy sferinin müşahidə olunan nöqtələri arasındakı maksimal məsafədir. Qiymətləndirmə üçün Bakı şəhəri və onun ətrafında aparılan ölçmə verilənlərindən, həmçinin optik qalınlıq τ -nın $\mu(\rho)$ korrelyasiya funksiyasından istifadə olunmuşdur. Qiymətləndirmə zamanı Göy sferinin bütün istiqamətləri üçün $\mu(0)$ -nın qiyməti 0.75-ə bərabər götürülmüşdür. Həmçinin hesablamalarda Göy sferinin Qərb istiqaməti üçün ρ_0 -nın qiyməti 0.85-ə, Göy sferinin Şimal istiqaməti üçün ρ_0 -nın qiyməti 1.18-ə, Göy sferinin Cənub və şərq istiqaməti üçün ρ_0 -nın qiyməti 1.37-yə bərabər götürülmüşdür.

Hesablamaların nəticəsi olaraq, cədvəl 1-də interpolyasiya xətasının \mathcal{E} qiymətlər çoxluğunun və onların mümkün maksimal interpolyasiya xətasının \mathcal{E}_m qiymətlər çoxluğunun kəsişməsindən alınan S sahəsinin qiymətləri verilmişdir.

Alınan nəticələrdən görünür ki, interpolyasiya nöqtələrinin sayının artması S sahəsinin dəyişməsinə kiçildir. Üç və dörd nöqtəli interpolyasiyalarda sahələrin fərqi minimaldır. Buradan alınır ki, müşahidə şəbəkəsinin sıxlığını təyin etdikdə üç nöqtəli optimal interpolyasiya daha səmərəlidir.

Cədvəl 1.

Bakı şəhərinin müxtəlif istiqamətləri və fərqli interpolyasiya növləri üçün S sahəsinin və ρ/ρ_0 parametrinin qiymətləri

Göy sferinin istiqamətləri	Hesablanan parametrlər	Nəzarət nöqtələrinin sayı 2	Nəzarət nöqtələrini n sayı 3	Nəzarət nöqtələrini n sayı 4
Qərb istiqaməti $\mu(\rho) = \mu(0)(1 - \rho/\rho_0)\exp(-\rho/\rho_0)$	ρ/ρ_0	0,109-0,207	0,113-0,235	0,121-0,217
	S	$1,659 \cdot 10^{-3}$	$1,854 \cdot 10^{-3}$	$1,681 \cdot 10^{-3}$
Şimal istiqaməti $\mu(\rho) = \mu(0)(1 - \rho/\rho_0)$	ρ/ρ_0	0,294-0,562	0,355-0,643	0,329-0,598
	S	$5,537 \cdot 10^{-3}$	$5,784 \cdot 10^{-3}$	$5,481 \cdot 10^{-3}$
Cənub və şərq istiqaməti $\mu(\rho) = \mu(0)\exp(-\rho/\rho_0)$	ρ/ρ_0	0,352-0,682	0,422-0,756	0,388-0,705
	S	$2,87 \cdot 10^{-3}$	$4,829 \cdot 10^{-3}$	$4,512 \cdot 10^{-3}$

Dissertasiya işinin 3.3 yarımfəslində riyazi nizamlama üsullarının şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsinə tətbiqi aparılmışdır. Burada şəhər havasının optik vəziyyətinin müxtəlif optik intervallarda və müxtəlif müşahidə istiqamətləri arasında olan informativliyi araşdırılmışdır. Bizim tərəfdən praktikada geniş istifadə olunan ictimai qərarların qəbulu texnologiyalarında tətbiq olunan riyazi metodlardan istifadə olunub. Bu metodların əsas mahiyyəti müəyyən xassələrə malik çoxluğun elementləri arasında üstünlük nizamı təyin etməkdən ibarətdir. Bu qaydalara görə nizamlamanın əsas mahiyyəti aşağıdakı kimidir¹⁹:

¹⁹ Козин, И.В. Правила принятия решений на основе отношения парнодоминантности /И.В.Козин // Вестник Запорожського національного университету, – Запороже.– 2008. №1, – с. 97-104

1. Nizamlamaya məhkum çoxluq təyin olunur:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\};$$

2. Üstünlük dərəcəsini təyin etmək üçün

$$F_i(x) : X \rightarrow \{1, 2, \dots, n\}, i = 1, \overline{m}, \text{ funksionalları təyin olunur};$$

3. $F_i(x)$ funksionalların hər bir $x \in X$ elementində aldıkları

$\{F_i(x)\}, i = 1, \overline{m}$ ədədi qiymətlər çoxluğuna görə X -in elementləri arasında nizam təyin olunur.

Nizamlayıcı funksionallar ailəsi vasitəsi ilə qərarların qəbul olunma qaydaları, funksionalların ədədi qiymətinə əsaslanan sistemə həll metodudur.

Şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə səyyar vasitələrin köməyi (piromometr, aktinometr, fotosensor və s.) ilə seriya ölçmələr aparılır. Alınan nəticələr ilkin statistik məlumatlar çoxluğu əmələ gətirir. Hər hansı bir məlumatı əldə etmə prosesini siqnalların ötürülməsi nəticəsində qeyri-müəyyənlik dəyişmələri kimi izah etmək olar. Əgər hər hansı bir təzahür bir vəziyyətdən (məsələn A vəziyyəti) digər vəziyyətə (B vəziyyətinə) keçirsə, onda $I(A, B)$ keçid informasiyası bu vəziyyətlərin qeyri-müəyyənliklərin fərqi kimi başa düşülür. Bu halda informativliyin qiymətləndirilməsi müxtəlif vəziyyətlərdəki entropiya fərqləri kimi təyin olunur²⁰:

$$I(A, B) = H(A) - H(B), \quad (12)$$

burada $H(A)$ və $H(B)$ uyğun olaraq təzahürün A və B vəziyyətlərinin entropiya qiymətləridir. Şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi ölçmə

²⁰ Чернышов, В.Н., Теория систем и системный анализ / В.Н.Чернышов, А.В.Чернышов– Тамбов. Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, – 2008. – 96 с.

verilənlərindən istifadə etməklə tərəfimizdən təklif olunan aşağıdakı metodika əsasında yerinə yetirilmişdir:

1. Şəhərin göy sferinin müxtəlif k sayda istiqamətlərində müxtəlif tarixlərdə ölçmə qurğuları vasitəsi ilə N seriyadan ibarət məlumatlar toplusu yaradılmışdır;

2. Ölçmə verilənləri veyvlet analiz metodu ilə küydən təmizlənmişdir;

3. Ölçmə verilənlərinin entropiya qiymətləri hesablanmışdır;

4. Göy sferinin optik vəziyyətinin dəyişkənliyini xarakterizə edən I informasiya qiymətləri hər bir istiqamət üçün hesablanmışdır;

5. Entropiya və informasiyanın qiymətlərinə əsaslanaraq göy sferinin müxtəlif istiqamətlərinin münasibətlər matrisi qurulmuşdur;

6. Riyazi nizamlaşma üsullarını tətbiqi ilə Göy sferinin k istiqamətləri çoxluğu arasında optik vəziyyətin informativliyinin nizamı təyin olunmuşdur.

Nümunə olaraq Sumqayıt şəhərində havanın optik vəziyyətinin informativliyi qiymətləndirilmişdir.²¹ Riyazi nizamlaşma üsullarında istifadə olunan “Nizamlaşmaya məhkum çoxluq” kimi göy sferinin k istiqamətləri çoxluğu götürülmüşdür. Ölçmə verilənləri kimi səmanın parlaqlığını qeyd edən monoxromatik təsvirlərdən istifadə olunmuşdur. Optik vəziyyətin informativliyinin nizamının təyin olunmasında Konderse metodu tətbiq olunmuşdur.

Dissertasiya işinin 3.4 yarım fəslində riyazi nizamlaşma metodlarından olan Şuls metodu ilə şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi aparılmışdır²². Bu məqsədlə ilk öncə havanın optik vəziyyətinin müxtəlif müşahidə istiqamətlərində toplanan ölçmə verilənlərinin entropiya qiymətləri

²¹ Bilalov B.T., Zabidov Z.C. Müxtəlif istiqamətlər və fərqli optik intervallar üçün şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı, Bakı, 2017, № 01, s.40-43.

²² Bilalov B.T., Zabidov Z.C., Şulç metodu ilə müxtəlif istiqamətlər üçün şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi // Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi Xəbərlər, Sumqayıt, 2016, cild 16, № 4, s.22-26.

hesablanmışdır. Entropiya qiymətlərindən istifadə olunaraq ölçmə realizasiyaların informativliyinin düzüm münasibətləri cədvəli qurulmuşdur. Növbəti mərhələdə önəmli yollar qrafının qurulması aparılıb və yolların güc matrisinin qiymətləri hesablanıb. Bu yolların güclərini müqayisə edərək k istiqamətləri arasında olan informativliyin önəmlilik düzümü təyin olunub. Nümunə olaraq Sumqayıt şəhər havasının müxtəlif istiqamətlərinin optik vəziyyətinin informativliyi qiymətləndirilib və istiqamətlər arasında olan informativliyin önəmlilik düzümü təyin olunub.

Dissertasiya işinin 3.5 yarımfəslı rıyazı nızahlama metodlarının şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunmasının tətbiqinə həsr edilib. Burada monitorinq sisteminin dayaq müşahidə məntəqələr şəbəkəsinin rasional yerləşdirilməsində və müşahidə məntəqəsinin iş rejiminin idarə olunmasında rıyazı nızahlama metodlarının tətbiq olunması təklif edilib.

Nümunə olaraq dissertasiya işində aktinofotometrik ölçmələrin təşkil olunduğu dayaq müşahidə məntəqəsinin iş rejiminin idarə olunması məsələsi araşdırılıb. İlkin verilənlər kimi Bakı şəhərində “Peleng CФ-06” pıranometr cihazı ilə 0.3mkm-dən 2.4 mkm dalğa uzunluğu intervalında ölçülən cəm radiasiyasının qiymətlərindən istifadə olunub. Ölçmələr $\Delta t = 2$ san intervalı ilə müxtəlif tarixlərdə və günün fərqli zaman intervallarında aparılmışdır. Bu məqsədlə ilk öncə toplanan ölçmə verilənlərinin entropiya qiymətləri hesablanmışdır²³. Hesablamalarda ‘shannon’ entropiyasından istifadə olunmuşdur. Şannon entropiyası (‘shannon’) aşağıdakı formula ilə təyin olunur²⁴

²³ Zabidov Zakir J., Gasymov Telman B. The application of Condorcet, Bordo, Kopland and Simpson rules to rational organization and control of the ground observation the network of remote sensing of urban air // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2017, №1, с. 83-87.

²⁴ Смоленцев, Н. К., Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н.К.Смоленцев, – Москва. Изд.-во ДМК, – 2005.– 304 с.

$$E(S) = -\sum_i S_i^2 \log(S_i^2) . \quad (13)$$

Entropiya qiymətlərindən istifadə olunaraq ölçmə realizasiyaların informativliyinin düzüm münasibətləri cədvəli qurulmuşdur. Növbəti mərhələdə Kondorse, Borda, Kopland, Simpson qaydalarının tətbiqi aparılıb və dayaq müşahidə məntəqəsinin iş rejiminin zaman intervallarının informativliklərinə görə düzümü təyin olunub.

NƏTİCƏ

Dissertasiyada aşağıdakı əsas elmi nəticələr alınmışdır:

1. Hava qatının məsafədən monitorinqinin aparılması kompleks şəkildə atmosferin quruluşu, atmosferdəki aerosol-qaz birləşmələrinin mikrofiziki və optik parametrlərin dinamikasının öyrənilməsi ilə əlaqələndirilmiş, optik qalınlıq hesablanmış, müşahidə verilənlərinin approksimasiyası verilmiş və approksimasiya xətası qiymətləndirilmişdir;
2. Müşahidə verilənlərin keyfiyyətli strukturunun yaradılması üçün riyazi üsulların (Baş komponentlər, veyvlet analiz və üç siqma qaydası) tətbiq sxemləri işlənmişdir;
3. Bakı şəhəri üzərində hava hövzəsinin müxtəlif istiqamətlərdə optik qalınlığın tərəddüdləri arasında zəif korrelyasiya asılığının olması göstərilmişdir;
4. Bakı şəhəri üzərində havanın optik qalınlığının tərəddüdlərinin vaxt dövrlərinin şəhərin üç istiqamətində (qərb, şimal və cənub-şərq) kəskin fərqlənməsi göstərilmişdir;
5. Hava şəraitinə görə şəhər havasının uzaqgörmə məsafəsinin və çirklilik vəziyyətinin qradasiyası aparılmışdır;
6. Müxtəlif müşahidə istiqamətləri arasında şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi metodikası verilmiş və uyğun hesablama sxemi işlənmişdir;
7. Bakı şəhər havasının optik monitorinqinin müşahidə məntəqələrinin səmərəli yerləşdirilməsi üçün müvafiq hesablama sxemi işlənmiş və müşahidə şəbəkəsinin sıxlığının təyin

edilməsində üç nöqtəli (bərabərtərəfli üçbucağın mərkəzi) optimal interpolyasiyanın səmərəliliyi göstərilmişdir;

8. Riyazi nizamlaşma metodunun tətbiqi ilə şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunması metodikası verilmiş, müşahidə məntəqəsinin səmərəli iş rejiminin önəmlilik nizamını təyin edən hesablama sxemi işlənmişdir.

Sonda müəllif elmi rəhbəri AMEA-nın müxbir üzvü, f.-r.e.d., professor Bilal Bilalova riyazi model hesablama alqoritmlərinin aparılmasında verdiyi elmi məsləhətlərə və işə olan daimi diqqətinə görə öz dərin minnətdarlığını bildirir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur:

1. Ismailov, F.I., Abdurahmanov, Ç.Ə., Zabidov, Z.C. On the rational placing of land remote sensing network of urban air Baku // IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI ' 2012). Section #7, Control and Optimization, – Baku , – September 12-14, – 2012,– v.IV, pp.14-17.
2. Забидов З. Дж. Исследование собственных векторов и собственных значений экологического состояния атмосферного воздуха в городе Баку / Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problemləri Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun 55 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransın Materialları, Bakı, Azərbaycan, May 15-16, 2014, 167 s.
3. Bilalov B.T., Zabidov Z. J. Creation and analysis of data bank for the variability of optical thickness of urban air in Baku // News of Science and Education NR 24 (24), 2014, pp.23-28.
4. Bilalov B.T. and Zabidov Z.J. Exploring Urban Air by the Technologies of Statistical and Wavelet Analysis // Math.Aeterna, Vol.5 no. 2, 2015, pp.327 – 335.
5. Билалов Б.Т., Забидов З.Д. Использование вейвлет аппарата для исследования экологического состояния в городском атмосфере / Сборник тезисов VIII

- международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа-2015, 267с.
6. Bilalov B.T., Zabidov Z.C., Şulç metodu ilə müxtəlif istiqamətlər üçün şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi// Sumqayıt Dövlət Universiteti, Elmi Xəbərlər, Sumqayıt, 2016, cild 16, № 4, s.22-26.
 7. Zabidov Z.C., Məmmədov F.X., Zabidli Ş.Z., Həsənova S.B. Borda qaydası ilə müxtəlif istiqamətlər üçün şəhər havasının optik vəziyyətinin təyinində informativliyin qiymətləndirilməsi // Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri, Yerin məsafədən zondlanmasının fiziki-texniki problemləri, Bakı, 2016, cild 19, № 3(19), s.41-45.
 8. Zabidov Z.C., Zabidli Ş.Z. Şəhər havasının məsafədən monitorinqinin yerüstü müşahidə şəbəkəsinin səmərəli təşkili və idarə olunmasında kollektiv qərarların qəbul edilməsi qaydalarının tətbiqi / “Riyaziyyatın tətbiqi məsələləri və yeni informasiya texnologiyaları” III Respublika elmi konfransının materialları, Sumqayıt ş., 15-16 dekabr, 2016, s.51-52.
 9. Zabidov Z.C., Abbasova A.S. Analysis of proximity measure between urban air pollution and background pollution at different days / International Workshop on Non-Harmonic Analysis and Differential Operators/ Baku- Azerbaijan, May 25-27, 2016, p.105-106.
 10. Bilalov B.T., Zabidov Z.C. Müxtəlif istiqamətlər və fərqli optik intervallar üçün şəhər havasının optik vəziyyətinin informativliyinin qiymətləndirilməsi // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı, Bakı, 2017, № 01, s.40-43.
 11. Zabidov Zakir J., Gasymov Telman B. Application of Condorcet, Borda, Kopland and Simpson rules to rational organization and control ground observation set network of remote sensing of urban air // Asian Journal of Mathematics and

- COMPUTER Research, 2017, Vol 16 Issue 2, pp. 129-133,
<http://www.ikpress.org/issue/886>
12. Zabidov Zakir J., Gasymov Telman B. The application of Condorcet, Bordo, Kopland and Simpson rules to rational organization and control of the ground observation the network of remote sensing of urban air // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2017, №1, с. 83-87.
 13. Zabidov Z.C. Veyvlet və statistik metodların optik müşahidə verilənlərinin informativliyinin qiymətləndirilməsinə tətbiqi // Ekologiya və su təsərrüfatı, Elmi-texniki və İstehsalat jurnalı, Bakı, 2019, № 4, s.81-83
 14. Zabidov Z.C. Mathematical Approaches to Ground Objects Classification According to Satellite Data // Caspian Journal of Applied Mathematics, Ecology and Economics V. 7, № 1, 2019, pp. 3-11.
 15. Zabidov Z.C., Atabey M.Guliyev Application of mathematical regulation methods of assess the optical state of urban air / 2-nd International Conference on Mathematical Modelling in Applied Sciences / Belgorod-Russia , August 20-24 , 2019, pp. 227-228.
 16. Atabey Guliyev, Zakir Zabidov Application of mathematical regulation methods of assess the optical state of urban air / X International Conference of the Georgian Mathematical Union / Batumi, September 2-6, 2019, p. 105.

Həmmüəlliflərlə birgə dərc olunmuş elmi işlərdə müəllifin şəxsi xidməti:

[2,13,14] – müəllifin sərbəst hazırladığı işlər.

[3,4,6,10] -ölçmə verilənlərin toplanması, ilkin emalı, alqoritmin işlənməsi, alınan nəticələrin izahı.

[1, 5, 7,8,9, 11, 12, 15,16] - tədqiq, təhlil və modelləşdirmə, nəticələrin emalı.

Dissertasiyanın müdafiəsi 08 aprel 2022-ci il tarixində saat 14⁰⁰ –da Milli Aviasiya Akademiyasının nəzdində ki, BFD 2.01 Birdəfəlik Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, AZ-1045,
Bakı ş., Mərdəkan yolu, 30

Dissertasiya ilə Milli Aviasiya Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

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

Avtoreferat 07 mart 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 24.02 .2022
Kağızın formatı: 60x84 1/16
Həcm: 39949
Tiraj: 100