

ISSN 0235-6031

*Azərbaycan Respublikasının Müdafiə Sənayesi Nazirliyi
Milli Aerokosmik Agentliyi*

*Министерство Оборонной Промышленности Азербайджанской Республики
Национальное Аэрокосмическое Агентство*

*National Aerospace Agency
Ministry of Defence Industry of Azerbaijan Republic*

Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri
Известия Азербайджанского Национального
Аэрокосмического Агентства
Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency

Cild 28

2025

№ 2 (28)

Yerin məsafədən zondlanmasının fiziki-texniki problemləri
Физико-технические проблемы дистанционного зондирования Земли
Physical and technical problems of Earth remote sensing



Bakı – 2025 – Baku

REDAKSIYA HEYƏTİ

Jurnalın baş redaktoru:

N.H.Cavadov - texnika elmləri doktoru, professor,
Milli Aerokosmik Agentliyi, Müdafiə Sənayesi Nazirliyi

Baş redaktorun müavini:

T.İ.Süleymanov - texnika elmləri doktoru, professor,
Milli Aerokosmik Agentliyi, Müdafiə Sənayesi Nazirliyi

Məsul katib:

V.D.İsrafilova - Milli Aerokosmik Agentliyi, Müdafiə
Sənayesi Nazirliyi

REDAKSIYA HEYƏTİNİN ÜZVLƏRİ

T.A.Əliyev – akademik, İdarəetmə Sistemləri İnstitutu, Elm və
Təhsil Nazirliyi

R.M.Əliquliyev – akademik, İnformasiya Texnologiyaları
İnstitutu, Elm və Təhsil Nazirliyi

A.M.Həşimov – akademik, Fizika İnstitutu, Elm və Təhsil
Nazirliyi

Q.Ş.Məmmədov – akademik, Bakı Dövlət Universiteti

T.K.Sergeyeva – b.e.d., prof., Beynəlxalq Akademik
Akkreditasiya və Attestasiya Komitəsinin prezidenti

A.A.Speranskiy – Rusiya Mühəndislik Akademiyasının vitse
prezidenti

F.G.Ağayev – t.e.d., professor, Təbii Ehtiyatların Kosmik
Tədqiqi İnstitutu, Milli Aerokosmik Agentliyi

E.B.İsgəndərzadə – t.e.d., professor, Elmi-Tədqiqat Aerokosmik
İnformatika İnstitutu, Milli Aerokosmik Agentliyi

B.H.Əliyev – t.e.d., professor, Ekologiya İnstitutu, Milli
Aerokosmik Agentliyi

H.H.Əsədov – t.e.d., professor, Elmi-Tədqiqat Aerokosmik
İnformatika İnstitutu, Milli Aerokosmik Agentliyi

N.İ.Kərimov – Milli Aerokosmik Agentliyi, Müdafiə
Sənayesi Nazirliyi

№ 2 (28), 2025

**Jurnal 2004-cü ilin dekabr
ayındam nəşr olunur**

BÖLMƏLƏR

- Məsafədən zondlama
- Ekologiya
- Cihazqayırma
- İnformasiya-ölçmə sistemləri
- Mikroelektron element və
qurğular
- Digər elm sahələri
- İnformasiya

Redaksiyanın ünvanı:

Azərbaycan AZ 1115,
Bakı şəhəri, Binəqədi rayonu,
S.S.Axundov küçəsi 1

Tel: (99412) 562-93-87

Faks: (99412) 562-17-38

E-mail:

journal@nasa.az

journalanasa@gmail.com

International Standard Serial Number
ISSN 0235-6031

ИЗВЕСТИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО АЭРОКОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

СОСТАВ РЕДКОЛЛЕГИИ

Главный редактор журнала:

Н.Г.Джавадов – доктор технических наук, профессор,
Национальное Аэрокосмическое Агентство,
Министерство Оборонной Промышленности

Заместитель главного редактора:

Т.И.Сулейманов – доктор технических наук,
профессор, Национальное Аэрокосмическое Агентство,
Министерство Оборонной Промышленности

Ответственный секретарь:

В.Д.Исрафилова – Национальное Аэрокосмическое
Агентство, Министерство Оборонной Промышленности

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Т.А.Алиев – академик, Институт Систем Управления,
Министерство Науки и Образования

Р.М. Алигулиев – академик, Институт Информационных
Технологий, Министерство Науки и Образования

А.М.Гашимов – академик, Институт Физики,
Министерство Науки и Образования

Г.Ш.Мамедов – академик, Бакинский Государственный
Университет

Т.К.Сергеева – д.б.н. профессор, Президент
Международного Академического Аккредитационного и
Аттестационного Комитета

А.А.Сперанский – Вице-президент Российской
Инженерной Академии

Ф.Г.Агаев – д.т.н., профессор, Институт Космических
Исследований Природных Ресурсов, Национальное
Аэрокосмическое Агентство

Э.Б.Искендерзаде – д.т.н., профессор, НИИ
Аэрокосмической Информатики, Национальное
Аэрокосмическое Агентство

Б.Г.Алиев – д.т.н., профессор, Институт Экологии,
Национальное Аэрокосмическое Агентство

Х.Г.Асадов – д.т.н., профессор, НИИ Аэрокосмической
Информатики, Национальное Аэрокосмическое Агентство

Н.И.Керимов – Национальное Аэрокосмическое Агентство,
Министерство Оборонной Промышленности

№ 2 (28), 2025

Журнал издается с декабря
2004 года

РУБРИКИ

- Дистанционное зондирование
- Экология
- Приборостроение
- Информационно-измерительные системы
- Микроэлектронные элементы и устройства
- Другие научные направления
- Информация

Адрес редакции:

Азербайджан AZ 1115, г.Баку,
Бинагадинский район,
ул. С.С.Ахундова 1

Тел: (99412) 562-93-87;

Факс: (99412) 562-17-38

E-mail:

journal@nasa.az

journalanasa@gmail.com

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

F.İ.İsmaylov, Ç.Ə.Abdurahmanov (MAKA-nın Ekologiya İnstitutu),
N.S.Cəlilov (ETN-nin N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası)

PEYK MƏLUMATLARI ƏSASINDA AZƏRBAYCAN ƏRAZISINDƏ
ATMOSFER HAVASININ ÇİRKƏNMƏ SƏVİYYƏSİNİN TEMATİK
XƏRİTƏLƏRİNİN YARADILMASI METODU VƏ ALQORİTMİ

Giriş. Havanın çirklənməsi problemi bəşəriyyətin üzləşdiyi ən ciddi global problemlərdən biridir. Atmosferin çirklənməsinin təhlükəsi təkcə canlı orqanizmlər üçün zərərli olan maddələrin təmiz havaya daxil olmasında deyil, həm də çirklənmə nəticəsində Yer kürəsinin iqliminin dəyişməsidir. Atmosferin çirklənməsi prosesi o qədər geniş xarakter almışdır ki, global ekoloji problemlərə gətirib çıxarmış, insan sağlamlığında ciddi fəsadlar yaratmış, insult, ağciyər xərçəngi və ürək-damar xəstəlikləri nəticəsində baş vermiş ölümlərin üçdə biri havanın çirklənməsi ilə bağlı olmuşdur [1,2,3].

Havanın çirklənməsinin əsas səbəbi atmosfer havasına xarakterik olmayan fiziki, kimyəvi və bioloji maddələrin daxil olması və nəticədə təbii konsentrasiyasının dəyişməsi olmuşdur. Bu həm təbii proseslər, həm də insan fəaliyyəti nəticəsində baş verir, üstəlik də havanın çirklənməsində insanların rolu getdikcə artır. Kimyəvi və fiziki çirklənmənin böyük hissəsinin səbəbi elektrik enerjisi istehsalında və avtomobil mühərriklərinin istismarı zamanı karbohidrogen yanacaqlarının yanması hesab edilir. İnsan fəaliyyəti nəticəsində atmosfərə atılan ən zərərli maddələr aerosol əmələ gətirən qazlar və onların məhsulu olan atmosfer mənşəli xırdadispersli aerosol hissəcikləridir. Hər il insanın sənaye fəaliyyəti nəticəsində (elektrik enerjisinin istehsalı, sement istehsalı, dəmir əritməsi və s.) atmosfərə milyonlarla ton toz daxil olur [3].

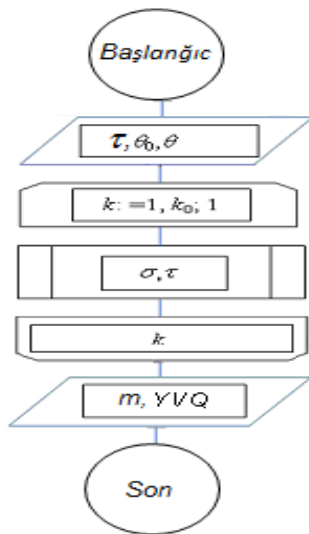
Atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin normativ göstəriciləri. Atmosferin çirklənməsi çirkləndirici maddələrin konsentrasiyasının m (mq/m^3 və ya mkq/m^3) kütlə qatılığı qiymətləri ilə müəyyən edilir. Çirklənmənin dərəcəsi ekoloji-toksikoloji normativlə – çirklənmənin icazə verilən və ya yol verilən qatılığı (YVQ) ilə təyin edilir. Atmosferin qatışıqları, məsələn aerosol-qaz birləşmələri halında çirklənmə dərəcəsi YVQ ilə müqayisə etməklə qiymətləndirilir. YVQ səhiyyə təşkilatları tərəfindən müəyyən edilmiş çirklənmənin icazə verilən maksimum konsentrasiyasıdır (şəkil 1).

Atmosfer havasının keyfiyyətinin monitorinqi zamanı insan sağlamlığına zərərli olan maddələrin konsentrasiyası, onların təsir müddəti nəzərə alınır. Bunun üçün aşağıdakı meyarlardan istifadə edilir:

- atmosfer çirklənməsinin standart indeksi (SI) – çirkləndiricinin ən yüksək ölçülən konsentrasiyasını çirkləndiricinin maksimum icazə və ya yol verilən konsentrasiyasına (YVQ) bölmək yolu ilə əldə edilən göstərici kimi hesablanır;

- atmosferin çirklənmə indeksi (API) mürəkkəb dəyərləri özündə ehtiva edir, onun hesablanmasında çirkləndiricinin yol verilən konsentrasiyası, eləcə də yol verilən ortasutkalıq və ortaillik maksimum konsentrasiyası nəzərə alınır;

- atmosfer çirklənməsinin ən yüksək tezliyi (NP) çirkləndiricinin bir ay və ya bir il ərzində yol verilən maksimum konsentrasiyanı (maksimum birdəfəlik) keçmə tezliyinin faizi ilə ifadə edilir.



Şəkil 1. Atmosferin çirklənmə səviyyəsinin təyini algoritmi: YVQ - normativi atmosfer havasının optik parametrlərinin qiymətləri: τ - atmosfer havasının optik qalınlığı, σ - işıq səpələnmə əmsalı, işıq dəstinin yayılma istiqamətləri: θ_0 – Günəş işığının düşmə bucağı, θ - işıqın səpələnmə bucağı

Atmosfer çirklənməsinin standart indeksi $SI < 1$ olduqda, atmosferin çirklənmə indeksi $API \sim 0-4$ intervalında dəyişdikdə və atmosfer çirklənməsinin ən yüksək tezliyi $NP \leq 10\%$ olduqda havanın aşağı çirklənmə səviyyəsi, $SI \sim 1-5$, $API \sim 5-6$ və $NP \sim 10-20\%$ olduqda atmosferdə havanın çirklənməsinin artan emissiya səviyyəsi hesab olunur. $SI \sim 5-10$, $API \sim 7-14$, $NP \sim 20-50\%$ göstəricilərə malik olan regionlarda isə havanın yüksək dərəcədə çirklənməsi müşahidə olunur.

İnsan fəaliyyəti prosesində, yəni antropogen təsir nəticəsində atmosfer havası müxtəlif qazlar, aerozollar və bərk hissəciklərin emissiyaları, elektromaqnit və radiasiya şüaları, istilik emissiyaları və s. ilə intensiv şəkildə çirklənir. Bu cür çirklənmələr zərərli tullantıların əsas hissəsini təşkil edir və təbii mənşəli çirklənmədən daha təhlükəlidir. Atmosferin əsas antropogen çirklənməsini aerozol-qaz birləşmələri təşkil edir; atmosfer mənşəli antropogen submikron aerozol-qaz birləşmələri daha yüksək toksikliyə malik olurlar [3].

Atmosfer havasının çirklənməsinin əsas antropogen mənbələri aşağıdakılardır:

– texnoloji proseslər zamanı canlı orqanizmlər üçün təhlükəli olan, ozon ayrılma bilən kimya sənayesi müəssisələri;

– karbon qazı yayan istilik elektrik stansiyaları, əsasən da istixana qazı, həmçinin zəhərli azot oksidləri və digər maddələr;

– dən qazı, qurğuşun, azot oksidləri, uçucu üzvi maddələr və his ilə çirkləndirən avtomobil nəqliyyatı;

– soyuducu avadanlıq və freonları olan aerozol qutuları, stratosfer ozonunun məhvə və global istiləşməyə kömək edən kimyəvi birləşmələr.

Hal-hazırda havanın çirklənməsi probleminin həlli ilə bağlı müxtəlif səviyyələrdə birgə fəaliyyət genişlənməkdə davam edir, ölkələr daxilində və beynəlxalq təşkilatlar səviyyəsində iqtisadi qurumlar zərərli emissiyaları azaltmağa məcbur edən müxtəlif sənədlər qəbul edirlər. Belə sənədlərə BMT-nin İqlim Dəyişikliyi üzrə Çərçivə Konvensiyası və dövlətlərin ekoloji qanunvericiliyi daxildir. İstixana emissiyalarına (ilk növbədə karbon qazına) nəzarət etməyin ən geniş yayılmış üsullarından biri iqtisadi fəaliyyətin hər bir iştirakçısının (sənaye müəssisəsi, nəqliyyat şirkəti) özü üçün ciddi şəkildə müəyyən edilmiş miqdarda emissiya istehsal etmək hüququna malik olduğunu

nəzərdə tutan karbon kvotasıdır. Zərərli emissiyaların spesifik mənbələri səviyyəsində havanın çirklənməsinin qarşısını almaq və ya heç olmasa azaltmaq üçün tədbirlər görülməlidir. Belə tədbirlərə havanın tozdan, aerozollardan və qazlardan təmizlənməsi daxildir. Burada ən təsirli üsullar inertial ("siklonlar") və ya mexaniki (süzgəc) toz toplama, qazlı çirkləndiricilərin adsorbsiyası, yanma məhsullarının yandırılmasıdır.

Atmosfer havasının çirklənməsinin ekoloji fəsadlarından danışarkən, turşu oksidlərinin və bir sıra digər maddələrin atmosfərə atılması nəticəsində baş verən turşu yağışı kimi bir hadisəni də qeyd etmək lazımdır. Turşu yağışının əmələ gəlməsi atmosfer mənşəli aerozolların generasiyası ilə sıx əlaqədardır [4]. Atmosferin antropogen çirklənməsi nəticəsində hər il istixana qazı olan təxminən 20 milyard ton karbon qazı atmosfərə daxil olur. İstixana qazları Yerlə kosmos arasında normal istilik mübadiləsinə mane olur, təsərrüfat fəaliyyəti və təbii proseslər nəticəsində yığılan istiliyi saxlayır.

Atmosfer havasına daxil olan zərərli emissiyalar müxtəlif proseslərə və obyektlərə təsir edən amildir. Bununla belə məlum səbəblərə görə atmosfer çirklənməsinin insanlara və planetimizin iqliminə təsirinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Havanın çirklənməsinin insanlara təsiri təkcə havada olan çirkləndiricilərin orqanizmin fəaliyyətinə birbaşa təsiri ilə məhdudlaşmır (bu təsir baxmayaraq ki, son dərəcədə vacib bir cəhətdir), məsələn, inqalyasiya edilən havada dəm qazının (karbonmonoksid) olması, eyni zamanda oksigenin qana daxil olmasına mane olur və bu da insanın ölümünə səbəb olur. Avtomobilin işlənmiş qazlarında olan ağır metal duzları kimya sənayesinin əlavə məhsulu olan ozon kimi son dərəcə zəhərliyədir. Dizel yanacağıının yanması zamanı əmələ gələn xırda toz, his hissəcikləri kanserogen təsir göstərir.

Ümumiyyətlə, atmosferin çirklənməsi ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinə, iqlim şəraitinə güclü təsir göstərir, kənd təsərrüfatı üçün yararlı sahələrin məhsuldarlığının azalmasına, təhlükəli xəstəliklərin daşıyıcılarının dairəsinin genişlənməsinə səbəb olur və son nəticədə insan sağlamlığına mənfi təsir göstərir, havanın istiliyinin sadə bir artımı ürək-damar xəstəliklərinin artmasına yol açır.

Atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin məsafədən optik zondlama məlumatlarına əsasən təyini. Son dövrdə atmosfer havasının çirklənməsi ilə birbaşa əlaqəli olan Yerlə məsafədən zondlanmasına (YMZ) dair optik məlumatların həcmi əhəmiyyətli dərəcədə artmış, həmçinin YMZ üçün peyk cihazlarının imkanları da xeyli yüksəlmişdir. Yeni kosmik radiometrlər atmosfer havasının çirklənməsinin parametrlərini bir neçə kvadrat kilometrə, bəzən isə şəhər miqyasında kiçik detalları ilə müəyyən etməyə imkan verir. Bu radiometrlər vasitəsilə global hava keyfiyyətinə dair yeni elmi məlumatlar əldə olunur. Bununla belə hazırda ölkəmizdə atmosfer havasının çirklənməsinin ölçülməsinin böyük əksəriyyəti yerüstü, kontakt üsulu ilə alınır.

Məsafədən tədqiq etmə metodları öyrənilən obyektədən müxtəlif məsafələrdə elektromaqnit sahələrinin xüsusiyyətlərinin ölçülməsinə və şərhinə əsaslanır. Bu metodlar böyük dəqiqliklə (bir və ya bir neçə on metrlik ayırdetmə ilə) geniş ərazilərdə (onlarla və yüzlərlə kvadrat kilometrə) böyük həcmdə atmosfer havasını müşahidə etməyə imkan verir [5].

Hazırda YMZ metodu Yerlə və digər planetlərin atmosferinin aerozol - qaz tərkibinin öyrənilməsi və monitorinqinin əsas metoduna çevrilmişdir. Aerozol atmosferin vacib, eyni zamanda ən mürəkkəb komponentidir, hissəciklərinin ölçülərinin, kimyəvi tərkibinin müxtəlifliyi ilə fərqlənir. Atmosfer aerozolunun konsentrasiyası geniş diapazonda, əhəmiyyətli dərəcədə məkan və zaman dəyişkənliyi ilə xarakterizə olunur.

Atmosferin aerosol çirklənməsinin məsafədən zondlanmasına dair tədqiqatlar aerosol optikasının tərs məsələsinin həlli ilə əlaqədardır. Atmosfer aerosolları haqqında məlumatlar əldə etmək üçün atmosferdə diffuz (səpələnən) radiasiya selinin optik parametrlərinin dəyişməsinə ölçmək və təhlil etmək lazımdır, çünki aerosol üçün (qazlardan fərqli olaraq) radiasiya ilə qarşılıqlı təsirin əsas spesifik mexanizmi səpələnəndir. Belə ki, atmosferin aerosol çirklənməsi ilə atmosferdə diffuz radiasiyanın ötürülməsi arasında güclü asılılıq vardır. Aerosol çirklənməsinin məsafədən zondlanması probleminin həllində qeyd olunan çətinliklərlə əlaqədar nəzəri və təcrübi işlərin aparılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir və eyni zamanda aerosol çirklənməsinin tədqiqində aerosol optikasının model hesablamalarına ehtiyac duyulur.

Hazırda aerosol modelləri mikrofiziki parametrlərin təyini üçün istifadə olunur. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, aerosol optikasının tərs məsələlərini həll edərkən atmosfer aerosolunu təsvir edən bütün parametrlər dəstini bərpa etmək mümkün olmur. Bu isə aerosol modelinin parametrləşdirilməsinin çox spesifik probleminə gətirib çıxarır, yəni bir tərəfdən reallığı adekvat əks etdirən, digər tərəfdən isə məsafədən zondlama məlumatlarından atmosfer aerosolunu təsvir edən parametrlərin (əsasən hissəciklərin modal ölçüləri) təyin edilməsinə imkan verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, aerosol-qaz birləşmələrin optik modelləri və radiasiyanın qarşılıqlı təsirinə faktiki modelləri çoxdan yaradılmışdır. Bununla belə yuxarıda qeyd olunan aerosol-qaz birləşmələrin xassələri onların optik modelinin təkmilləşdirilməsi və inkişafı üçün zəruri hesab edilə bilər. Bundan əlavə, yeni modellərə adətən mövcud modellərdə olmayan universallıq və çeviklik xassələrinin verilməsi zərurəti qarşıya çıxır. Məsafədən zondlama problemləri üçün ilk növbədə aerosol variasiyalarının sxolastik modellərinə ehtiyac duyulur, aerosol parametrlərin korrelyasiyasının nəzərə alınması vacib hesab edilir.

Aerosol əmələ gəlmə prosesləri onların kimyəvi tərkibini və hissəciklərinin ölçüsünün paylanma spektrini müəyyən edir. Spektrin görünən oblastında aerosolun optik xassələrinin modelləşdirilməsi onun dispers strukturunun (hissəciklərin ölçülərinə görə paylanması) təyini ilə əlaqədardır. Qeyd edildiyi kimi aerosolların polidispers tərkibinin (ölçülərinə görə müxtəlifliyi) modelləşdirilməsi – atmosferin aerosol komponentinin əmələ gəlmə proseslərini başa düşmək, habelə onların fotometrik tədqiqi üsullarını işləyib hazırlamaq üçün böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Atmosfer aerosolunun hissəciklərinin ölçüləri bir neçə tərtibdə dəyişdiyindən, baxılan halda aerosol hissəciklərinin ölçülərinə görə paylanması onların radiuslarının loqarifmindən asılı olaraq təyin edilmişdir. Optik aktiv aerosol hissəciklərinin polidispers tərkibini təsvir etmək və onların $N(r)$ ədədi konsentrasiyasının r radiuslarından asılılığını təyin etmək üçün asimmetrik loqarifmik normal funksiyasından istifadə olunmuşdur [3]:

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\nu} \exp\left[-\frac{1}{2\nu^2} \ln^2 \frac{r}{r_m}\right]. \quad (1)$$

Burada r_m – zərrəciklərin modal radiusu, ν – hissəciklərin ölçülərinə görə paylanmasının yarım enidir (standartdan kənara çıxma).

Aerosol mikrostrukturunun parametrlərini təyin etmək üçün aşağıdakı polidispers inteqraldan istifadə olunmuşdur:

$$\tau_{\lambda} = \pi \int_{r_1}^{r_2} r^2 Q(r, \lambda) n(r) dr. \quad (2)$$

Burada τ_{λ} – aerosolun optik qalınlığı, $Q(r, \lambda)$ – şüalanmanın dalğa təbiətinə görə onların həndəsi en kəsiyindən fərqlənən və hissəciklərin optik en kəsiyini xarakterizə edən şüalanmanın səpələnməsinin səmərəlilik əmsalı, $n(r) = N f_s(r)$ – hissəciklərin ölçülərinə görə ədədi paylanmasının sıxlığıdır (N – atmosferin aerosol təbəqəsinin şəquli həcmində hissəciklərin konsentrasiyasıdır).

(2) ifadəsində $Q(r, \lambda)$ – səpələnmanın səmərəliliyi əmsalını hesablamaq üçün Van de Hulst yaxınlaşmasından istifadə etmək olar:

$$Q(r, \lambda) = 2 - \frac{4}{\psi} \sin \psi + \frac{4}{\psi^2} (1 - \cos \psi). \quad (3)$$

Burada $\psi = 2\rho(n-1)$; $\rho = 2\pi/\lambda$ - Mi parametri, n – şüalanmanın həqiqi sınma əmsalıdır.

Onda (2) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$\tau_{\lambda_i} = S \overline{Q}(\lambda_i) = S \int_{r_1}^{r_2} Q(r, \lambda_i) f_s(r) dr. \quad (4)$$

Burada $\tau_{\lambda_i} - \lambda_i$ dalğa uzunluğunda aerosol təbəqəsinin optik qalınlığı, S – aerosol hissəciklərin həndəsi en kəsiyi, $f_s(r)$ – aerosol hissəciklərin en kəsiyinin ölçülərinə görə paylanmasıdır və aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$f_s(r) = r^2 f(r) / \int_{r_1}^{r_2} r^2 f(r) dr. \quad (5)$$

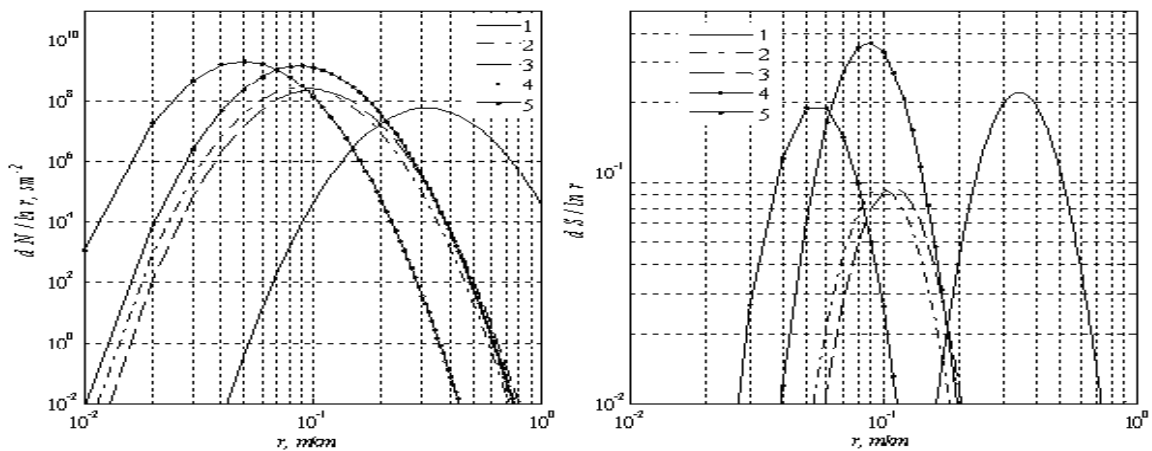
Cədvəl 1-də aerosol hissəciklərinin mikrostruktur parametrlərinin (1) paylanmasından istifadə etməklə hesablanmış qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 1. Aerosol hissəciklərin mikrostruktur parametrlərinin qiymətləri ($\nu = 0.30$)

№	λ_i, mkm	r_m, mkm	$\overline{r^2}, mkm^2$	N, sm^{-2}	S
1	0,42; 0,46; 0,50; 0,73; 0,86	0,314	0,3434	4,4892e+07	0,1663
2	0,5430; 0,5760; 0,5970; 0,6190;	0,090	0,0985	2,1181e+08	0,0645
3	0,6670; 0,7020	0,100	0,1094	1,7186e+08	0,0646
4	0,400; 0,450; 0,500; 0,550;	0,050	0,0547	1,5882e+09	0,1493
5	0,600; 0,650	0,080	0,0875	1,1337e+09	0,2729

Şəkil 2-də aerosol hissəciklərin parametrlərinin cədvəl 1-də verilən qiymətlərinə əsasən onların ölçülərinə görə ədədi konsentrasiyasının (dN/lnr) və en kəsiyinin (dS/lnr) paylanması qrafikləri verilmişdir. Burada atmosfer mənşəli xırdadispersli aerosol hissəciklərin spektral strukturu (ölçülərinə görə paylanması) təsvir edilmişdir. dN/lnr , dS/lnr – paylanmaları modal ölçülərinə və hissəciklərin radiuslarının diapazonuna görə fərqlənilir. Loqarifmik normal funksiyanın xassəsinə görə dS/lnr paylanması dN/lnr paylanmasına nisbətən aerosol hissəciklərinin $r(mkm)$ radius ölçülərinə görə sağa sürüşür.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi atmosfer mənşəli aerosol hissəciklərinin modal ölçüsü submikron hissəciklərin diapazonuna düşür. Alınmış nəticə bütün aerosol layları üçün xarakterikdir.



Şəkil 2. Aerosol hissəciklərin ədədi konsentrasiyasının (dN/lnr) və en kəsiyinin (dS/lnr) ölçülərinə ($r(mkm)$) görə paylanması

Azərbaycan Respublikası şəraitində atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin qiymətləndirilməsi üçün regional peyk şəkillərinin tematik emalı nəticələri. Hazırda atmosfer havasının optik və ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və təhlili üçün regional peyk təsvirlərindən geniş istifadə edilir. Belə ki, regional iqlim şəraiti üçün hava mühitinin öyrənilməsində kosmik metodların üstünlükləri əvəzsizdir və peyk təsvirləri əsasında atmosfer havasının monitorinqinin aparılması ən səmərəli üsullardan biridir. Bununla belə qeyd edilməlidir ki, antropogen amillərin miqyasının ətraf mühitə təsirinin artması ilə əlaqədar kosmik ekoloji monitorinqin aktuallığı və effektivliyi də sürətlə artır.

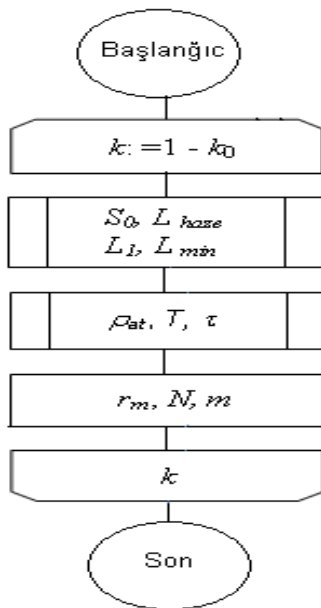
Peyk təsvirlərindən istifadə Yer səthində geniş ərazilərin əhatə olunmasına, ayrı-ayrı müşahidə məntəqələri daxilində deyil, uzaqlığından və nəqliyyat əlçatanlığından asılı olmayaraq istənilən seçilmiş ərazidə ekoloji qiymətləndirmə aparmağa imkan verir. Peyk təsvirləri əsasında Yerin məsafədən zondlanması dəyişkən atmosfer havasının ekoloji durumunu operativ, geniş miqyasda qiymətləndirməyə imkan verir. Bundan əlavə geniş ərazinin əhatə olunmağına görə tədqiqatçı tədqiq olunan sahənin müəyyən bölgəsində, həm də daha geniş əhatədə hava hövzəsinin ekoloji monitorinqini aparmaq imkanını əldə

edir. Peyk monitorinqi demək olar ki, fasiləsiz aparılır və bu da çox dəyişkən atmosfer mühitində ekoloji proseslərin dinamikasını izləmək mümkün olur. YMZ-yə əsaslanan ətraf mühitin monitorinqi mövcud ekoloji standartların və qaydaların tələblərinə cavab verir. Qeyd olunduğu kimi əsas ekoloji standart yol verilən qatılıq hesab edilir.

Atmosfer havasının əsas regional xüsusiyyətləri peyk və peykaltı müşahidələrlə tamamlanır. Peykaltı müşahidələr regionlar haqda real və aprior məlumatlar almağa imkan verir. Bu zaman atmosferin stratifikasiyasına əsaslı təsir göstərən iqlim şəraiti nəzərə alınır.

Peyk məlumatlarının emalı prosesində atmosferin korreksiyası məsələsinin həlli önəmli və əsaslı yer tutur. Bu məsələnin həlli atmosferin stratifikasiyası ilə əlaqədardır. Kosmik şəkillərin emalı üçün QİS-sistemləri və QİS proqram təminatlarından geniş istifadə edilir. Əsasən QİS proqram paketlərində poliemprik asılılıqlardan və ya bir çox halda çoxsaylı cədvəllər şəklində verilən parametrik asılılıqlardan istifadə olunur [5].

Aşağıda atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin hesablanmış qiymətlərinə əsasən peyk təsvirləri əsasında ölkəmizin müxtəlif iqlim zonaları üçün ekoloji tematik xəritə-sxemlər verilmişdir. Hesablamalarda Matlab (Matrix Laboratoriyası) tətbiqi proqram paketlərdən, QİS və QGİS proqram təminatından istifadə edilmiş, hesablamalar şəkil 3-də verilmiş blok-sxem üzrə aparılmışdır.

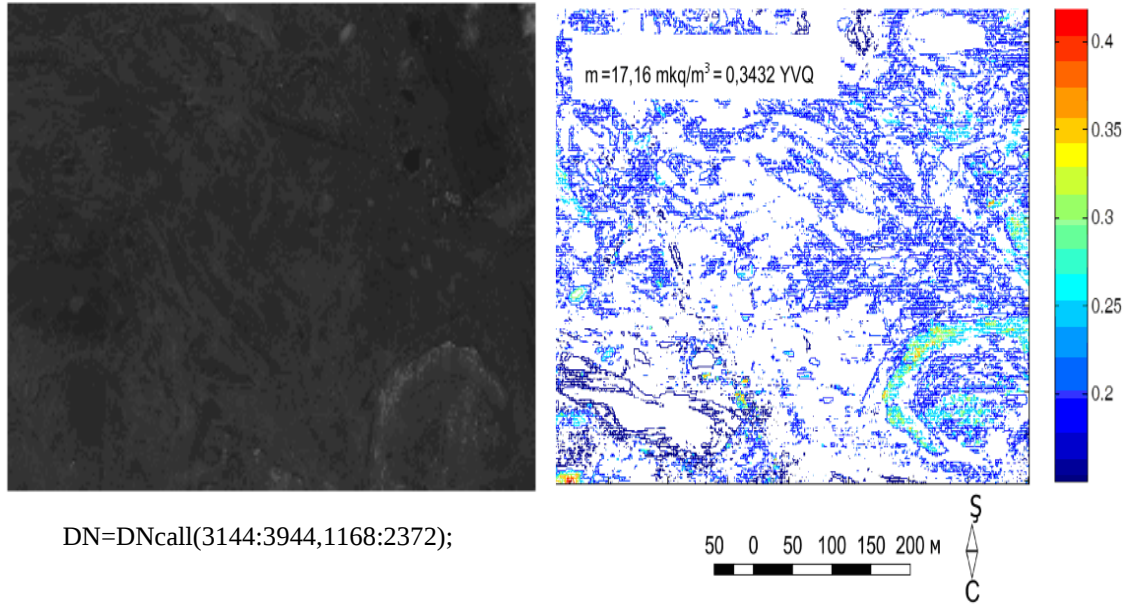


Şəkil 3. Kosmik təsvirlər əsasında ekoloji problemin həlli üçün alt proqramların blok diaqramı:

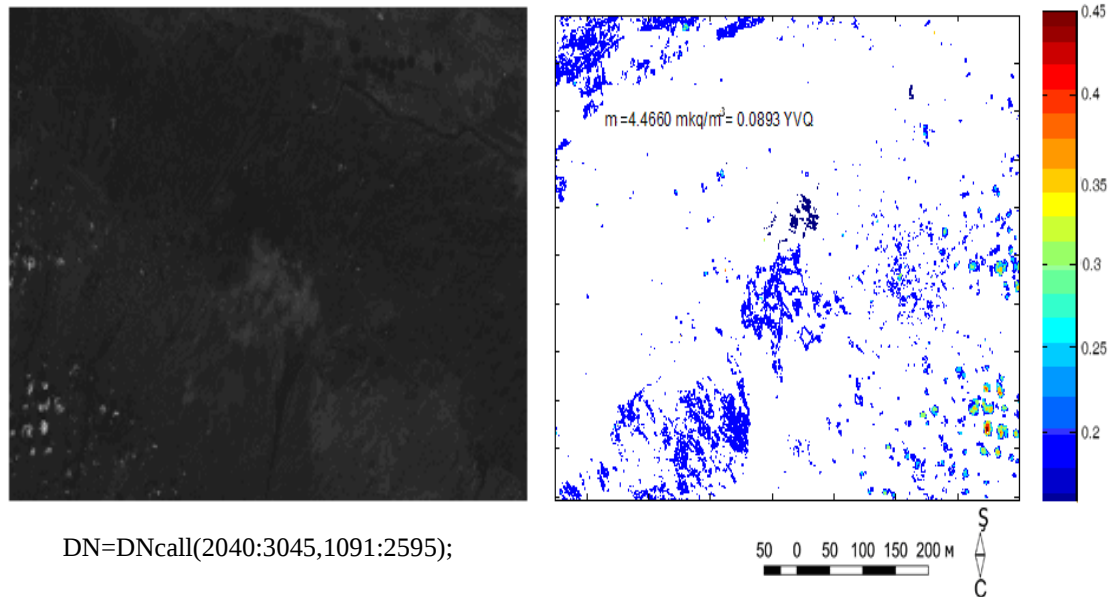
S_0 – atmosferin yuxarı sərhəddində düzünə düşən günəş radiasiyasının seli;
 L_{haze} – tüstünün parlaqlığı;
 L_1 – qaranlıq obyektin piksellərinin parlaqlığı;
 L_{min} – konkret peyk vericisi və şəkli üçün spektral radiasiyanın minimal qiyməti;
 ρ_{at} – korrektə edilmiş atmosferin spektral parlaqlıq əmsalı (SPƏ);
 T – atmosferin şəffaflığı;
 τ – atmosferin optik qalınlığı;
 r_m – aerosol hissəciklərinin modal ölçüləri;
 N – aerosol hissəciklərinin konsentrasiyası;
 m – aerosol-qaz birləşmələrin kütlə qatılığı.

Şəkil 3-də verilən blok-sxemdən göründüyü kimi kosmik təsvirlərdən atmosfer havasının ekoloji durumunu qiymətləndirmək üçün əvvəlcə atmosferin S_0 , L_{haze} , L_1 , L_{min} radiasiya xarakteristikaları qiymətləndirilir. Bu xarakteristikalar atmosferin ρ_{at} , T , τ – fiziki parametrlərinin qiymətlərini tapmaq üçün istifadə edilir. Sonuncu parametrlərdən bizim üçün ən əhəmiyyətli τ – atmosferin optik qalınlığı hesab edilir. Bu kəmiyyət atmosferin əsas optik parametri olmaqla şüalanma spektrinin görünən oblastında atmosfer mənşəli optik aktiv aerosol hissəciklərinin dispers mikrotərkibini müəyyən edir.

Şəkil 4-də şəkil 3-də verilən blok-sxem əsasında aparılmış hesablamaların nəticələri göstərilmişdir. Şəkildə ölkəmizin iqlim tipləri ilə fərqlənən müxtəlif fiziki-coğrafi zonaları üçün aerosol – qaz birləşmələrin m kütlə qatılığı və uyğun olaraq YVQ verilmişdir.

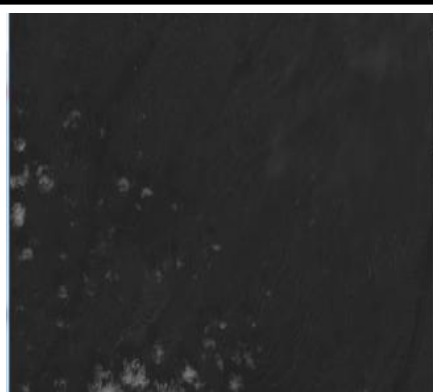


a)

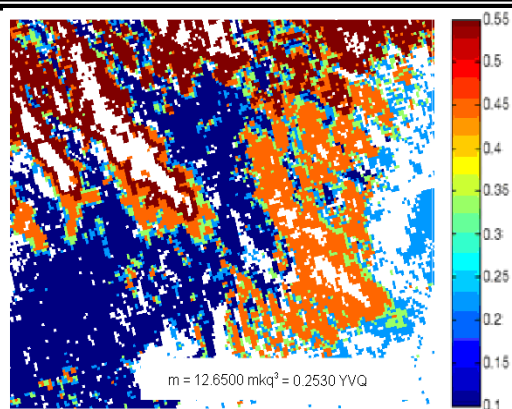


b)

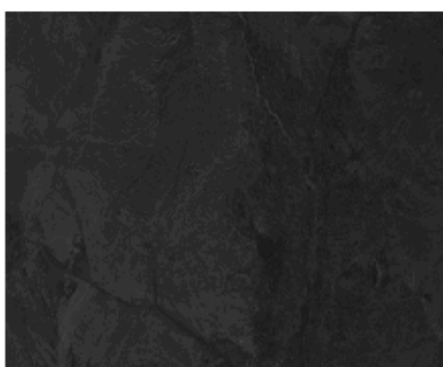
Şəkil 4. Azərbaycan Respublikasının fiziki-coğrafi vilayətləri üzrə aerosol-qaz birləşmələrin qatılığı və bu kəmiyyətlərin YVQ ilə müqayisəsi: a) Böyük Qafqaz fiziki-coğrafi vilayəti, Bakı şəhəri, Güzdək, Qaftaran yaylası, b) Kür çökəkliyi fiziki-coğrafi vilayəti, Gəncə şəhəri və ətraf ərazilər



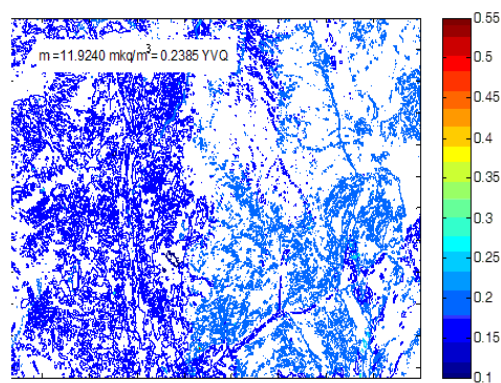
DN=DNcall(2672:3107,1190:1859);



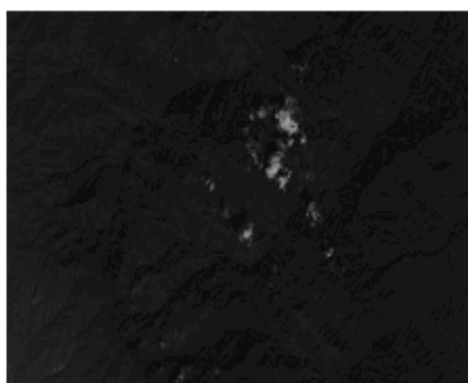
c)



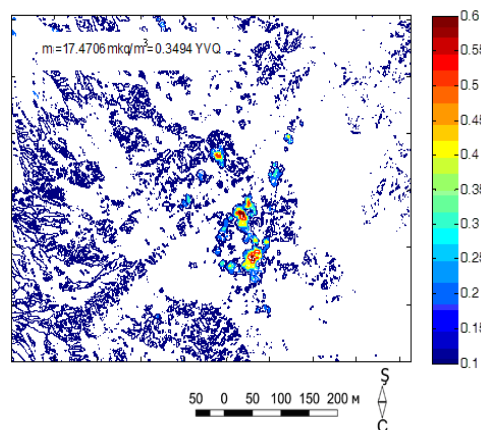
DN=DNcall(2165:2730,3957:4826);



d)



DN=DNcall(4889:5496,4339:5263);



e)

Şəkil 4. Azərbaycan Respublikasının fiziki-coğrafi vilayətləri üzrə aerosol-qaz birləşmələrin qatılığı və bu kəmiyyətlərin YVQ ilə müqayisəsi: c) Kiçik Qafqaz fiziki-coğrafi vilayəti, Gəncə şəhərinin qərb-cənub əraziləri, d) Orta Araz (və ya Naxçıvan) vilayəti, Naxçıvan şəhərinin şimal ərazisi, e) Lənkəran fiziki-coğrafi vilayəti, Lənkəran şəhərinin qərb ərazisi

Şəkil 4-də təqdim olunan təsvirlərdən göründüyü kimi Azərbaycan Respublikasının fiziki-coğrafi vilayətləri üzrə aerosol-qaz birləşmələrin m kütlə qatılığının və YVQ-nin ən böyük qiymətləri Böyük Qafqaz fiziki-coğrafi vilayəti, Bakı şəhəri, Güzdək, Qaftaran yaylası və Lənkəran fiziki-coğrafi vilayəti, Lənkəran şəhərinin qərb ərazisi üçün alınır. m , YVQ – kəmiyyətlərin ən kiçik qiymətləri isə Kür çökəkliyi fiziki-coğrafi vilayəti, Gəncə şəhəri və ətraf ərazilər üçün alınır. Kiçik Qafqaz fiziki-coğrafi vilayəti, Gəncə şəhərinin qərb-cənub əraziləri üçün m , YVQ – kəmiyyətləri orta qiyətlər alır ki, bu da nisbi rütubətin və Günəş insolyasiyasının paylanması ilə əlaqələndirilə bilər.

Nəticə. Atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsini təyin edən parametrlərin təsnifatı və blok-sxemi verilmiş, həmçinin Azərbaycan Respublikasının fiziki-coğrafi vilayətləri üzrə kosmik təsvirlərin mərhələli şəkildə ilkin və tematik emalı aparılmış və bu təsvirlər əsasında aerosol-qaz birləşmələrinin m kütlə qatılığının yol verilən qatılığı ilə müqayisəsi təyin edilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 376 с.
2. Forbes, P.B.C. (2015). "Chapter 1: Perspectives on the Monitoring of Air Pollutants". In Barcelo, D. (ed.). Monitoring of Air Pollutants: Sampling, Sample Preparation and Analytical Techniques. Comprehensive Analytical Chemistry. 70. Elsevier. pp.3–9. ISBN 9780444635532. Retrieved 31 May 2018.
3. Исмаилов Ф.И. Атмосферный аэрозоль. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019, 288с. ISBN: 978-613-9-45431-0.
4. Yağıntılarn turşluğuna atmosfer havasının çirklənməsinin təsirinin məsafədən tədqiqetmə metod və alqoritminin işlənməsi. MAKА-nın Ekologiya İnstitutunun ETİ hesabatı. Bakı – 2014.
5. Сайт GIS-Lab: Геоинформационные системы и Дистанционное зондирование Земли (<http://gis-lab.info/>). Географическая привязка данных в QGIS (<https://gis-lab.info/qa/georef-qgis.html>). Атмосферная коррекция по методу DOS (<https://wiki.gis-lab.info/w/>). Вегетационные индексы (<https://gis-lab.info/qa/vi.html>).

Ф.И.Исмаилов, Ч.А.Абдурахманов, Н.С. Джалилов

Метод и алгоритм создания тематических карт уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории Азербайджана на основе спутниковых данных

Резюме

Приведены классификация и структурная схема параметров, определяющих уровень загрязнения атмосферного воздуха, а также поэтапно проведена предварительная и тематическая обработка пространственных космических изображений для физико-географических районов Азербайджанской Республики. По результатам обработки таких изображений массовая плотность аэрозольно-газовых соединений сравнивалась с их предельно-допустимой концентрацией (ПДК).

F.I.Ismailov, Ch.A.Abdurahmanov, N.S.Jalilov

**Development of a method and algorithm for creating thematic maps of the level of
air pollution on the territory of Azerbaijan based on satellite data**

Abstract

The classification and structural diagram of the parameters that determine the level of atmospheric air pollution are presented, and preliminary and thematic processing of spatial images for the physical-geographical regions of the Republic of Azerbaijan was carried out step by step. Based on these images, the mass density of aerosol-gas compounds was compared with their maximum permissible concentration (MPC).

N.Y.Əhədi (MAKA-nın doktorantı)

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA VERİLƏNLƏRİ ƏSASINDA CƏBRAYIL RAYONU ƏRAZİSİNİN TORPAĞIN SƏTH TEMPERATURUNA GÖRƏ TƏSNİFATLAŞDIRILMASI

Giriş. Cəbrayıl rayonu işğal dövründə təkcə kənd təsərrüfatı və iqtisadi infrastruktur baxımından deyil, həm də təbii mühiti baxımından böyük itkilərə məruz qalmışdır. Silahların və partlayıcı maddələrin yaydığı kimyəvi maddələr bölgənin torpağına və bitki örtüyünə uzun müddət zərər vurmuş, bu vəziyyət rayonun ekoloji tarazlığını pozmuş və kənd təsərrüfatı torpaqlarının böyük ölçüdə yararsız hala düşməsinə səbəb olmuşdur. Bundan əlavə, bu dağıntı nəticəsində bölgədə yer səthinin temperaturunda və ətraf mühit amillərində əhəmiyyətli dəyişikliklər baş vermişdir.

Tədqiqatın əsas məqsədi Cəbrayıl rayonunun işğaldan azad edilməsindən sonra meydana gələn radioaktiv çirklənmə və yer səthinin temperatur dəyişikliklərinin məsafədən zondlama metodlarından istifadə etməklə araşdırılmasından ibarətdir. Bölgədə hələ də mövcud olan silahlar və mina qalıqları potensial təhlükəli mənbələr hesab olunur ki, bu da ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinin monitorinqinin aparılması zərurətini qarşıya çıxarır.

İşğal altında olan ərazilərdə vahid ekosistemin dağılma prosesinin getməsi və bu prosesin illər ərzində beynəlxalq ekoloji təşkilatların nəzarətindən kənarda qalması bölgədə həmçinin böyük radioekoloji fəlakətin başlanğıcını qoymuşdur.

Torpağın radioaktiv çirklənməsi torpaq səthinin temperaturunda az da olsa dəyişikliyə gətirib çıxarır, bu da bitki örtüyünə mənfi təsir göstərir. Bitki örtüyündə baş verən bu mənfi təsir həmin ərazidə kənd təsərrüfatı təyinatlı işlərin aparılmasına maneə yaradır və ya orada becəriləcək məhsulların insan sağlamlığına mənfi təsirinə gətirib çıxarır. Bəsitləşdirilmiş uranın ətraf mühitə və torpaq səthinin temperaturuna təsirləri məsafədən zondlama üsulu və çöl işləri vasitəsilə tədqiq edilmişdir.

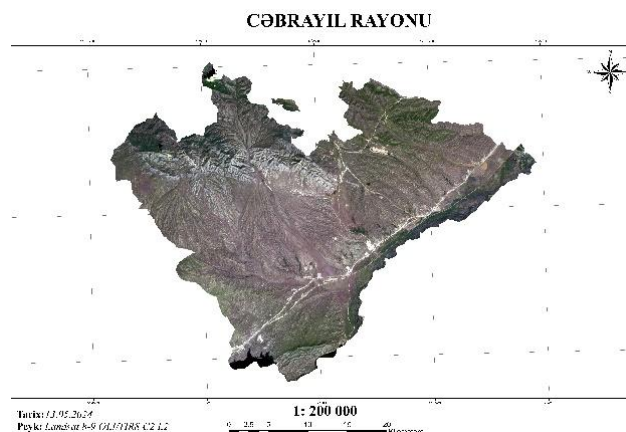
İşin məqsədi radioaktiv sahələrin məsafədən zondlama metodlarından istifadə etməklə tədqiqindən, həmin ərazilərin torpaq səthində baş vermiş dəyişikliklərin analizindən və bu metodların effektivliyini nümunələrlə nümayiş etdirməkdən ibarətdir [1, 2].

Tədqiqat üsulları. İşin gedişi zamanı laboratoriya şəraitində və məsafədən zondlama üsulları vasitəsilə Cəbrayıl rayonunun səth torpaqlarının temperatur analizi aparılmışdır. Analiz prosesində, həmçinin atmosferin radiasiyası, parlaqlıq temperaturu, bitki örtüyü indeksi, bitki örtüyü nisbəti, yer səthinin emissiyası kimi göstəricilər də tədqiq olunmuşdur. Aparılmış tədqiqatlarda ESRI şirkətinin məhsulu olan ArcGIS proqram təminatından istifadə edilmişdir. Çöl şəraitində şüalanmanın ekspozisiya dozasının gücü ATOMTEX firmasının istehsalı olan MKC-AT1125 markalı dozimetr-radiometri və “Thermo Scientific RIİD Eye” portativ qamma-spektrometri vasitəsilə təyin olunmuşdur.

Götürülmüş nümunələrin laboratoriya şəraitində radionuklid tərkibinin müəyyən edilməsi üçün keçirilmiş qamma-spektrometrik analiz zamanı Ukrayna Respublikasının «ATOMKOMПЛЕКСПРИБОР» Elm-İstehsalat Müəssisəsinin CEF-001 «AKП-C»-150 № 49613 “Qamma şüalanmanın enerji spektrometri”ndən istifadə olunmuşdur. Bu spektrometr ölçülən nümunələrdə qamma-şüalanmanın enerji spektrinə əsasən

radionuklidlərin xüsusi və nisbi aktivliyini təyin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Radiometrik tədqiqatlar aparılan bütün nöqtələrin coğrafi koordinatları ABŞ istehsalı olan Garmin eTrex Legend GX GPS cihazı ilə təyin edilmişdir.

Peyk məlumatlarının termal diapazonlarının seçilməsi. Torpaq səthinin temperaturunun hesablanması üçün əsasən Landsat (xüsusilə Landsat 8), MODIS, Sentinel-3 SLSTR peyk məlumatlarından istifadə olunur. Baxılan halda Landsat peyk məlumatları ArcMap proqram təminatında işlənmiş, proqram təminatının Image Analysis alətindən istifadə olunaraq diapazonlar birləşdirilmiş və alınmış təsvir emal olunmuşdur (şəkil 1).



Şəkil 1. Cəbrayıl rayonunun diapazonları birləşdirilmiş Landsat 8 peyk təsviri (13 may 2024-cü il)

Atmosfer radiasiyası səthdən əks olunan və ya yayılan elektromaqnit enerjisinin miqdarını təyin edən bir komponent olmaqla adətən Watt/kvadrat metr/steradian ($\text{Wt/m}^2/\text{sr}$) ilə ölçülür və müəyyən bir sahədə enerji sıxlığını təmsil edir. Radiasiya mənbəyi günəş enerjisi, yer səthindən əks olunan enerji və ya atmosferdəki qaz və hissəciklərdən yayılan enerji ola bilər.

ArcMap proqram təminatında Raster Calculator aləti vasitəsilə qeyd olunan atmosfer radiasiyası məlum düsturla hesablanmışdır. Riyazi əməliyyatlar nəticəsində may ayında buludsuz hava şəraitində çəkilmiş peyk görüntüləri vasitəsilə həyata keçirilmiş araşdırmada Cəbrayıl rayonu üzrə bu kəmiyyət 12.5-16.0Watt qiymətləndirilmişdir (şəkil 2).

Əldə olunmuş nəticələr beş sinfə bölünmüş və bu siniflərin hər biri müəyyən radiasiya diapazonunu təmsil etmişdir [3].

12,5 - 14,0 $\text{Wt/m}^2/\text{sr}$ - bu diapazon regionda ən aşağı radiasiya səviyyələrini əks etdirir. Bu radiasiya səviyyəsi çox vaxt təbii fon radiasiya səviyyələrində ola bilər. Əldə olunmuş bu nəticə həmçinin təbii mühitdən, bitki örtüyündən və su səthlərindən gələn aşağı səviyyəli radiasiya kimi də izah oluna bilər. Əlavə olaraq insan fəaliyyəti və ya müharibədən sonrakı dağıntılar da aşağı səviyyəli radioaktiv çirklənməyə səbəb olaraq sözügedən nəticənin əldə edilməsinə əsas olmuşdur.

14,0 - 14,5 $\text{Wt/m}^2/\text{sr}$ - əvvəlki sinifdən bir qədər yüksək radiasiya səviyyələrini əks etdirir. Antropogen fəaliyyətlərdən (kənd təsərrüfatı, mədənçilik və s.), müharibədən

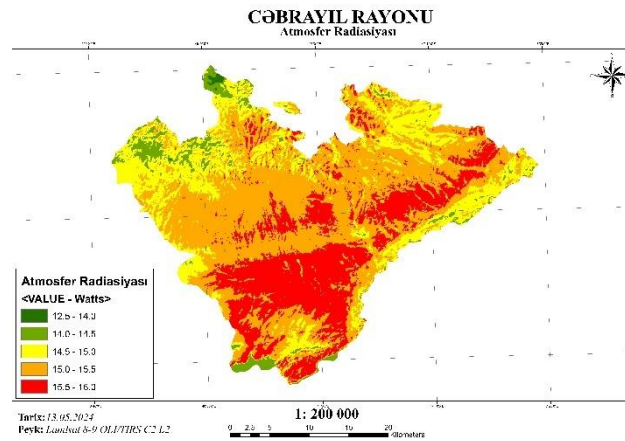
sonra və ya işğal dövründə ərazidə qalan aşağı səviyyəli radioaktiv maddələrin təsiri ilə bu artım müşahidə oluna bilər.

14,5 - 15,0 Wt/m²/sr - diapazonu orta radiasiya intensivliyini əks etdirir. Belə radiasiya səviyyəsi radioaktiv maddələrin ətraf mühitə daha zərərli təsiri və müharibədən qalan sursatlar, minalar və digər radioaktiv qalıqların yaratdığı radiasiya ilə izah oluna bilər.

15,0 - 15,5 Wt/m²/sr - daha yüksək radiasiya səviyyələrinə aiddir və ərazidə potensial radioaktiv çirklənmənin olduğunu göstərir. Belə ərazilər radioaktiv maddələrin daha çox cəmləşdiyi ərazilər hesab edilir.

15,5 - 16,0 Wt/m²/sr - bu diapazon ən yüksək radiasiya səviyyələrini əks etdirir və ciddi radioaktiv çirklənmə riski olan ərazilər olmaqla insan sağlamlığı və ətraf mühit üçün ən təhlükəli hesab edilir.

Aparılmış araşdırmalardan məlum olur ki, ərazidə radiasiya səviyyəsinin təbii fon radiasiyasından yüksək olması antropogen faktorların təsiri ilə izah oluna bilər. Yüksək radiasiya səviyyələri bitki örtüyünə, torpağın münbitliyinə və suyun keyfiyyətinə mənfi təsirlər göstərməklə ekosistemin və biomüxtəlifliyin zədələnməsinə səbəb ola bilər.



Şəkil 2. Cəbrayıl rayonu ərazisi üzrə atmosfer radiasiyasının analizi nəticələri

Tədqiqat ərazisinin parlaqlıq temperaturunun analizi. Parlaqlıq temperaturu bir səthin və ya atmosferin müəyyən bir dalğa uzunluğundakı şüalanma qabiliyyətini mütləq qara cismin yaydığı radiasiya ilə müqayisə etməklə hesablanan temperaturdur və °C ilə ölçülür.

Peyk məlumatları əsasən rəqəmsal data (DN) formatında əldə olunur və parlaqlıq temperaturuna (Brightness Temperature, BT) çevirmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$LBT = \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \times (Q_{CAL} - Q_{CALMIN}) + L_{MIN} .$$

Burada L_{BT} - parlaqlıq temperaturu (PT); L_{MAX} və L_{MIN} - kalibrasiya əmsalları, Q_{calmax} və Q_{calmin} - maksimum və minimum kalibrasiya qiymətləri, Q_{cal} - rəqəmsal data (DN - diapazon 10 və ya 11).

ArcMap proqram təminatında Raster Calculator aləti vasitəsilə atmosfer radiasiyası düsturu əsasında riyazi əməliyyatlar aparılmış, may ayında buludsuz hava şəraitində çəkilmiş peyk təsvirləri vasitəsilə Cəbrayıl rayonunda parlaqlıq temperaturu

14.6 – 19.8 °C olmuşdur (şəkil 3). Alınmış nəticələr normal səth temperaturlarından əhəmiyyətli dərəcədə aşağı olduğundan, bunun səbəblərinin nəzərə alınması vacib hesab edilmişdir.

Əldə olunmuş nəticələr beş sinfə bölünmüş və bu siniflərin hər biri müəyyən parlaqlıq temperaturu diapazonunu təmsil etmişdir.

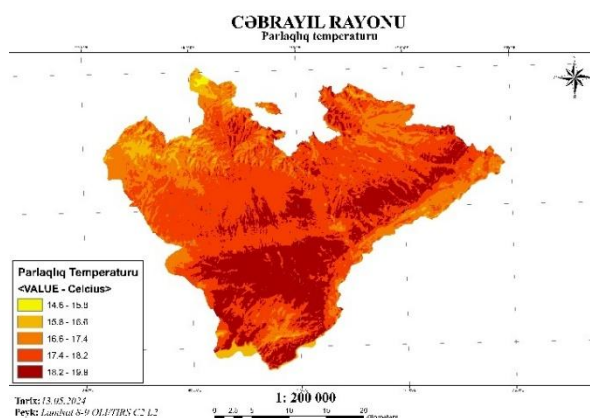
14.6 – 15.8 °C - bu diapazon ərazidə ən aşağı parlaqlıq temperatur səviyyələrini əks etdirmiş və səthin nisbətən soyuq olduğu yerlər göstərilmişdir.

15.8 – 16.6 °C - diapazonu əvvəlki sinifdən daha yüksək temperatur səviyyələrinə aid olmaqla orta səviyyəli bitki sıxlığını, kənd təsərrüfatı sahələrini və ya yaşayış məntəqələrinə yaxın əraziləri göstərmişdir.

16.6 – 17.4 °C - orta parlaqlıq temperatur intensivliyini göstərməklə sıx bitki örtüyü, bataqlıq ərazilər və ya insan fəaliyyətinin intensiv olduğu ərazilər ola bilər.

17.4 – 18.2 °C - daha yüksək temperatur səviyyələrinə aid olmaqla intensiv kənd təsərrüfatı fəaliyyəti, sıx bitki örtüyü və ya səth suları olan ərazilərə uyğun gəlir.

18.2 – 19.8 °C - ən yüksək parlaqlıq temperatur səviyyələrini təmsil etməklə sıx bitki örtüyü, intensiv insan fəaliyyəti və ya səth suları olan ərazilərə uyğun gəlir.



Şəkil 3. Cəbrayıl rayonu ərazisində parlaqlıq temperaturunun diapazonlara görə paylanması

Radioaktiv maddələr ətrafa enerji yayır ki, bu da səth temperaturunun artmasına səbəb ola bilər. 2-ci Qarabağ müharibəsi və işğal dövründə əraziyə yerləşdirilən silah və minalar müəyyən həddə radioaktivliyin səthdə və ya onun yaxınlığında olması ehtimalından xəbər verir. Partlamamış hərbi sursatlar və hərbi materiallar ətraf mühitdə radioaktiv çirklənmə səviyyəsini və səth temperaturunu artırır ki, bu isə bitki örtüyündə və hidroqrafiyada aşkar edilən temperaturun artması ilə nəticələnər. 18.2 – 19.8 °C yüksək parlaqlıq temperatur səviyyələri radioaktiv çirklənmə sahələrinin göstəricisi olmaqla insanlar və ərazidəki ekosistem üçün sağlamlıq riskləri yarada bilər.

Parlaqlıq temperaturu ilə radioaktivlik arasındakı əlaqə yayılan elektromaqnit şüalanmasının ölçülməsi ilə radioaktiv materialların istilik təsirlərinin aşkarlanmasına əsaslanır. Radioaktiv parçalanma ətrafdakı materialların istiliyinin artmasına səbəb olur və bu istilik məsafədən zondlama cihazları ilə ölçülən parlaqlıq temperaturu kimi özünü göstərir. Yüksək enerjili fotonlar, xüsusən də qamma şüalanması elektromaqnit spektrinin bir hissəsi olduğundan, radioaktiv sahələri parlaqlıq temperaturu ölçmələri ilə xəritələşdirmək mümkündür.

Məsafədən zondlama verilənləri əsasında bitki örtüyü indeksinin hesablanması. Məsafədən zondlama üsulu ilə Normalaşdırılmış Diferensial Vegetasiya İndeksini (NDVI) hesablamaq üçün peyk təsvirlərinin qırmızı (Red) və yaxın infraqırmızı (Near-Infrared, NIR) diapazonlarından istifadə olunur. Nümunə kimi göstərmək olar ki, Landsat 8 peyk təsvirləri üçün bu 4-cü və 5-ci diapazonlara, Sentinel-2 peyki üçün isə 4-cü və 8-ci diapazonlara uyğun gəlir. NDVI-nin ən yüksək qiyməti sağlam bitki örtüyünü, kiçik müsbət qiymətləri isə məhv olmuş sahələrə uyğun gəlir [4].

ArcMap proqram təminatında Raster Calculator aləti vasitəsilə qeyd olunan bitki örtüyü indeksi hesablanmış, riyazi əməliyyatlar nəticəsində may ayında buludsuz hava şəraitində çəkilmiş peyk görüntüləri vasitəsilə həyata keçirilmiş araşdırmada sıx bitki örtüyünün azlıq təşkil etdiyi göstərilmişdir. Əldə olunmuş nəticələr beş sinfə bölünmüş və bu siniflərin hər biri müəyyən bitki örtüyü indeksi diapazonunu təmsil etmişdir (şəkil 4):

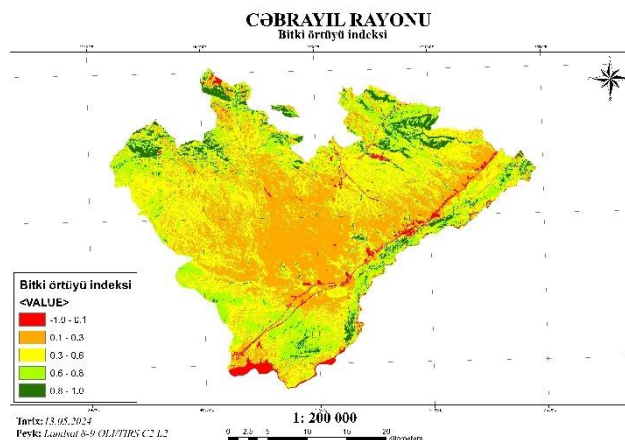
-1,0 - 0,1 diapazonu - adətən su səthi və ya bitki örtüyü olmayan çılpaq torpaqları təmsil edir. Buna səbəb radioaktiv çirklənmə, müharibədən sonrakı və işğaldan sonrakı təsirlər, ağır torpaq çirklənməsidir;

0,1 - 0,3 diapazonu - aşağı bitki sıxlığına aid olmaqla ümumiyyətlə kolluq, aşağı sıxlıqlı çəmənlik və ya bitki örtüyü az olan ərazilərin göstəricisidir. Səbəb isə aşağı səviyyəli radioaktiv çirklənmə, torpağın deqradasiyası, su stressi və ya quraqlıq kimi hadisələr ola bilər.

0,3 - 0,6 diapazonu - orta bitki sıxlığının göstəricisi kimi kənd təsərrüfatı sahələri, otlaqlara və ya orta sıxlıqlı bitki örtüyü olan ərazilərə uyğun gəlir. Bu diapazon müharibədən sonra torpağın qismən bərpası, daha az radioaktiv çirklənmə, adekvat su təchizatı kimi göstərici ola bilər.

0,6 - 0,8 diapazonu - yüksək bitki sıxlığını göstəricisidir, meşələr, intensiv əkinçilik sahələri və ya sağlam bitki örtüyü olan ərazilər bu sıraya düşür. Az və ya heç radioaktiv çirklənmə olmayan ərazilər, yaxşı kənd təsərrüfatı təcrübələri, adekvat yağış və su ehtiyatları isə bu diapazonda öz əksini tapmışdır.

0,8 - 1,0 diapazonu - ən yüksək bitki sıxlığı və sağlamlığı göstəricisi olmaqla radioaktiv çirklənmə olmayan ərazilər, optimal ekoloji şərait, yüksək kənd təsərrüfatı məhsuldarlığı olan ərazilər bu diapazona aid edilmişdir.



Şəkil 4. Cəbrayıl rayonu ərazisinin NDVI indeksinə görə təsnifatlaşdırılması

Bitki örtüyünün nisbəti indeksinin hesablanması. Bitki örtüyünün nisbəti indeksi (PV) müəyyən bir ərazidə nə qədər səthin bitkilərlə örtülü olduğunu ölçən bir parametrdir. Bu nisbət bitki örtüyünün sıxlığını və yayılmasını qiymətləndirmək üçün istifadə olunur və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

Burada $NDVI_{min}$ - NDVI-nin minimal qiyməti (əsasən çılpəq torpaq üçün), $NDVI_{max}$ isə NDVI – nin maksimal qiymətidir (əsasən sıx bitki örtüyü üçün).

Bu nisbət adətən faizlərlə ifadə edilir, məsafədən zondlama məlumatlarından istifadə etməklə hesablanır və adətən 0 ilə 1 arasında qiymətlər alır [5].

ArcMap proqram təminatında Raster Calculator aləti vasitəsilə qeyd olunan bitki örtüyünün nisbəti indeksi hesablanmış, peyk təsvirləri əsasında sıx bitki örtüyünün azlığı təşkil etdiyi göstərilmişdir.

Əldə olunmuş nəticələr aşağıdakı beş sinfə bölünmüşdür (şəkil 5):

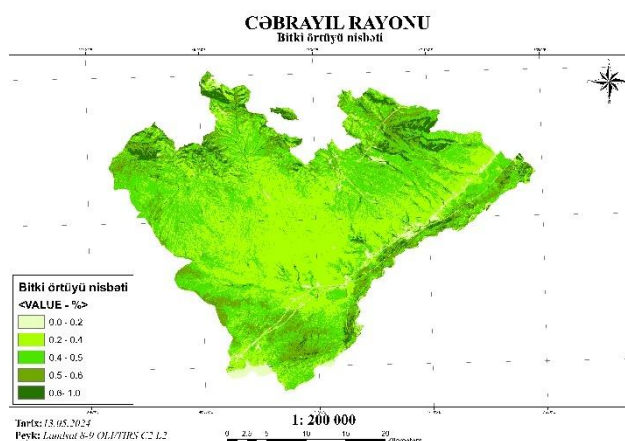
0 - 0,2 diapazonu - bitki örtüyü az olan və ya heç olmayan əraziləri təmsil etməklə torpağın keyfiyyətsizliyi, radioaktiv çirklənmə, su qıtlığı və ya digər ekoloji stress faktorları əsas səbəb kimi göstərilmişdir.

0,2 - 0,4 diapazonu - aşağı sıxlıqlı bitki örtüyü olan ərazilərə aid edilməklə kolluqlar, çəmənliklər və ya seyrək bitki örtüyü olan ərazilərin göstəricisidir. Aşağı su təchizatı, orta torpaq münbitliyi və ya qismən radioaktiv təsirlərə məruz qalmış ərazilər bu diapazona aid edilmişdir.

0,4 - 0,6 diapazonu - orta bitki sıxlığının göstəricisi kimi bu sinfə kənd təsərrüfatı sahələri və ya orta sıxlıqlı bitki örtüyü olan təbii ərazilər daxil edilmişdir. Orta dərəcədə əlverişli ekoloji şərait, daha az radioaktiv çirklənmə və ya təkmilləşdirilmiş kənd təsərrüfatı həyata keçirilmiş ərazilər bu sinfdə cəmləşdirilmişdir.

0,6 - 0,8 diapazonu - yüksək bitki sıxlığı təmsil olunmaqla bu sinfə sıx meşələr, məhsuldar kənd təsərrüfatı sahələri və ya sağlam təbii ərazilər daxildir. Optimal ekoloji şərait, az radioaktiv çirklənmə olan ərazilər bu diapazonda öz əksini tapmışdır.

0,8 - 1,0 diapazonu - ən yüksək bitki sıxlığına və sağlamlıq göstəricisinə malik olan əraziləri təmsil edir.



Şəkil 5. Cəbrayıl rayonu ərazisinin bitki örtüyünün nisbəti indeksinə görə təsnifatlaşdırılması

Nəticə. May ayında buludsuz hava şəraitində əldə edilmiş peyk təsvirləri əsasında atmosfer radiasiyasının, parlaqlıq temperaturunun, bitki örtüyü indeksinin və nisbətinin, temperaturunun hesablanmış qiymətlərinə görə Cəbrayıl rayonu ərazisinin təsnifatlaşdırılması aparılmışdır. İkinci Qarabağ müharibəsinin baş verdiyi, silah və minaların yerləşdirildiyi ərazilərdə aparılan təhlillərdə yer səthinin temperaturunun qiymətlərinin anormal olduğu müşahidə edilmişdir. Bu isə müharibənin və onun sonrakı fiziki pozuntularının yer səthinin istilik və radiasiya xüsusiyyətlərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etdiyini göstərmiş, temperatur anomaliyaları ərazidə radioaktiv tullantıların və fiziki pozulmaların nəticəsi kimi qiymətləndirilmişdir.

Bitki örtüyü indeksinin və nisbət indeksinin təhlilləri ərazidə bitki örtüyünün aşağı səviyyədə olduğunu, alınmış nəticələr müharibədən sonrakı dövrdə ətraf mühit şəraitinin bitki örtüyünün yenidən böyüməsinə mənfi təsir etdiyini göstərmişdir. Torpağın radioaktiv çirklənməsi və fiziki degradasiyası bitki örtüyünün aşağı səviyyədə qalmasına səbəb olmuşdur.

Əldə edilmiş nəticələrdən müharibədən sonra ərazidə radioaktiv çirklənmənin və fiziki degradasiyanın yer səthinin temperaturuna, bitki örtüyünə və ümumi ətraf mühit şəraitinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərdiyi məlum olmuşdur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. "Radiation Protection and Dosimetry: An Introduction to Health Physics" by Michael G. Stabin. pp. 50-75.
2. "Radiation Protection and Dosimetry: An Introduction to Health Physics" by Michael G. Stabin. pp. 100-130.
3. Principles of Remote Sensing by Paul J. Curran. 1985, pp. 123-150.
4. "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective" by John R. Jensen. pp. 332-335.
5. "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective" by John R. Jensen. pp. 310-315.
6. "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective" by John R. Jensen. pp. 410-415.

Н.Ю.Ахади

Классификация территории Джабраильского района по поверхностной температуре почвы на основе данных дистанционного зондирования

Резюме

Для оценки общего состояния атмосферы Джабраильского района на основе космических изображений, полученных при ясной, безоблачной погоде, были вычислены значения атмосферной радиации, яркостной температуры, индекса NDVI и поверхностной температуры почвы. По результатам проведённых исследований установлено, что в зонах минных полей и военных действий поверхностная температура и почвенное излучение принимают аномальные значения. На основе принятых пороговых значений была проведена соответствующая классификация, и результаты представлены в виде тематических электронных карт.

*N.Y. Ahadi***Classification of the territory of Jabrayil district according to the surface temperature of the soil based on remote sensing data*****Abstract***

To assess the general state of the atmosphere of the Jabrail district based on space images obtained in clear, cloudless weather, the values of atmospheric radiation, brightness temperature, NDVI index and surface soil temperature were calculated. Based on the results of the studies, it was established that in the zones of minefields and military operations, the surface temperature and soil radiation take on abnormal values. Based on the adopted threshold values, a corresponding classification was carried out, and the results are presented in the form of thematic electronic maps.

EKOLOGIYA ЭКОЛОГИЯ

Т.И. Сулейманов (Национальное Аэрокосмическое Агентство),

Ш.Э.Мамедов (докторант НАКА)

ВОЗМОЖНОСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Введение. Процесс декарбонизации связана стремлением уменьшить генерацию и выпуск парниковых газов в атмосферу, которые, как известно, являются одним из основных причин происходящих климатических изменений [1,2,3]. В этом смысле декарбонизация транспортных средств является актуальной задачей, так как согласно [4], карбон содержащие эмиссии транспортного сектора ежегодно увеличиваются на 2,5 %. Как указывается в работе [5], в 2020-м году 95 % всего транспортного сектора использовала жидкое топлива и 55 % всего мирового объема расходовался на транспортном секторе.

Согласно [6], прогнозируется, что к 2050 году мировой объем эмиссии CO₂ в транспорте достигнет 12 гигатонны в год. Климатические изменения, происходящие в настоящее время привели к необходимости разворачивания работ по переводу транспортных средств на новые виды топлива. Также были созданы различные модели процесса замены транспортных средств, работающих на жидком топливе на электрические и гибридные автомобили [7,8,9]. В модели MEDEAS-World, разработанном применительно к средствам четырехколесного транспорта рассматриваются автомобили, использующие жидкое топливо электричество, гибридное питание и природный газ [4].

Указанная модель позволяет вычислить временную динамику интенсивности энергопотребления по указанным типам автомобилей, используя формулу

$$\frac{d}{dt} E = \frac{d}{dt} E_1 = \frac{d}{dt} (Nm_1 nEF_1) + \frac{d}{dt} [Nm_2 nEF_2], \quad (1)$$

где E -результатирующая интенсивность потребления энергии; t -время; E_1 -общая потребность в энергии после замены жидкого топлива на электрическую энергию; N -общее количество автомобилей; m_1 -доля автомобилей на жидком топливе; m_2 -доля автомобилей, использующих электрическую энергию; EF_1 и EF_2 -эффективности расхода энергии автомобилей указанного типа на 1 км; n -коэффициент использования 4-х колесного транспорта.

Согласно этой модели изменение интенсивности энергопотребления за счет замены жидкого топлива на электричество можно оценить по формуле

$$\frac{dE_2}{dt} = \frac{A_1 dm_1}{dt} + \frac{A_1 dm_2 k}{dt}, \quad (2)$$

где $A_1 = A_1 nEF_1 = const$; k -эффективность автомобилей с нежидкостным топливом по отношению к эффективности с жидкостным топливом, которые принимают следующее значения:

- для гибридных автомобилей $k = 0,66$;
- для гибридных грузовых автомобилей $k = 0,95$ [10-12];
- для автомашин, работающих на газе, $k = 1$ [8,13];
- для электрических автомобилей $k = 0,33$ [14];
- для электрических автобусов $k = 0,5$ [15].

Рассмотрим вопрос о декарбонизации в транспортном секторе Азербайджанской Республики и вычислим показатели (1) и (2) с учетом данных, приведенных в отчетах Госкомстата Азербайджанской республики [16].

Материалы и методы. Как отмечается в работе [17,18] еще в 2014-м году транспортный сектор Азербайджана вносил одну из крупных долей эмиссии CO_2 в стране. В 2013-м году автодорожный сектор эмитировал 91% всей эмиссии суммарного транспортного сектора в Азербайджане [19]. Как указывается в работе [20], основными проблемами транспортной системы города Баку является увеличения количества частных автомашин из-за процессов урбанизации, износ общественного транспорта; трудности в городском планировании. Как было отмечено в работе [21], в Азербайджане, была поставлена цель в 2017-м году уменьшить выбросы парниковых газов на 35%, путем использования следующих мер:

1. Использование транспорта, не оказывающего вредного воздействия на окружающую среду;
2. Увеличение доли электрических автобусов в городском транспорте;
3. Электрификация железнодорожного транспорта;
4. Использование интеллектуальных систем в управлении транспортом;
5. Развитие метро;
6. Уменьшение пробок на автодорогах.

В течение последующих годов в транспортном секторе Азербайджана произошли значительные изменения, которые в частности отображены в работе [16]. В таблице 1, в таблице 2 и в таблице 3 приведены данные увеличения количества соответственно легковых автомобилей различного типа, автобусов и грузовых автомашин в Азербайджане.

Табл. 1. Количество легковых автомобилей по годам

Тип легковых автомобилей	2019	2020	2021	2022	2023
Легковые автомобили	1214093	1264542	1349307	1419870	1501957
На бензине	1098059	1147673	1228860	1277352	1280700
Дизельные	10671	107185	110080	101075	165143
Газ	$\frac{9273}{0,0076}$	$\frac{9684}{0,0076}$	$\frac{10367}{0,0077}$	$\frac{10710}{0,00754}$	$\frac{10910}{0,00726}$
Электрические	-	-	-	$\frac{570}{4 \cdot 10^{-4}}$	$\frac{3115}{21 \cdot 10^{-4}}$
Гибридные	-	-	-	$\frac{30163}{0,0021}$	$\frac{42089}{0,0028}$

Табл. 2. Данные увеличения числа автобусов различных типов [16]

Автобусы	2019	2020	2021	2022	2023
Количество автобусов	30783	30757	30815	31212	31460
На бензине	12628	12590	12505	11851	10681
Дизельные	18005	17989	18109	19138	20550
На газе	150	178	201	216	214
Электрические	-	-	-	7	15
Гибридные	-	-	-	-	-

Табл. 3. Данные увеличения числа грузовых машин различных типов [16]

Грузовые автомобил и	2019	2020	2021	2022	2023
Количество грузовых автомашин	150547	154659	161279	168705	177622
На бензине	67000	69064	69238	60960	59012
Дизельные	80481	82421	88950	104652	115554
Газовые	$3060/20,3 \cdot 10^{-3}$	$3174/21 \cdot 10^{-3}$	$3091/19,9 \cdot 10^{-3}$	$3091/18,3 \cdot 10^{-3}$	$3051/17,1 \cdot 10^{-3}$
Электрические	-	-	-	2	3
Гибридные	-	-	-	-	-

Проведем расчет $\frac{dE_1}{dt}$ для всего течения 2023 года применительно к легковым автомобилям на базе данных, приведенных в табл. 1. получим: В соответствии с данными, приведенными в табл. 1. получим:

- для бензиновых и гибридных автомобилей: $N = 1501957$;

- для бензиновых автомобилей: $m_1 = \frac{1280700}{1501957}$; $n = 1$; $EF_1 = 1$;

- для гибридных автомобилей: $m_2 = \frac{42089}{1501957}$; $n = 1$; $EF_2 = 0,33$.

Для 2023 года имеем:

$$\Delta E_{2023} = 1501957 \cdot \left(\frac{1280700}{1501957} \right) + 1501957 \cdot \left(\frac{42089}{1501957} \right) 0,33 = \\ = 1280700 + 0,33 \cdot 42089 \text{ (усл. ед)} = 1294589,37 \text{ (усл. ед)}.$$

Для течение 2022-го года соответствующий расчет имеет вид:

$$\Delta E_{2022} = 1419870 \cdot \left(\frac{1277352}{1419870} \right) + 1419870 \cdot \left(\frac{30163}{1419870} \right) 0,33 = \\ = 1277350 + 0,33 \cdot 30163 = 1287303,79 \text{ (усл. ед)}.$$

Как видно из вышеприведенных расчетов, в течение 2022-2023 г. энергопотребление легковых автомобилей продолжал расти несмотря на увеличение количества гибридных автомобилей.

Проведя расчеты изменения энергопотребления для автобусов, при переходе от бензина к дизелю, получим:

Для 2023-го года имеем:

- для бензиновых автобусов: $N = 31460$; $m_1 = \frac{10681}{31460}$; $n = 1$; $EF = 1$;

- для дизельных автобусов: $N = 31460$; $m_1 = \frac{20550}{31460}$; $n = 1$; $EF = 1$;

$$\Delta E_{2023} = 31460 \left(\frac{10681}{31460} \right) + 31460 \left(\frac{20550}{31460} \right) = 31031.$$

Проведем расчет для 2022-го года: Согласно данным, приведенным в таблице 1, получим:

$$\Delta E_{2022} = 31212 \left(\frac{11851}{31212} \right) + 31212 \left(\frac{19138}{31212} \right) = 31049.$$

Таким образом энергопотребления в сфере городских автобусов несколько уменьшилось.

Аналогичные расчеты проведем для грузовых автомашин.

Для 2022-го года имеем:

$$N = 168705; m_1 = \frac{60960}{168705}; m_2 = \frac{104652}{168705}; n = 1; EF = 1;$$

$$\Delta E_{2022} = 168705 \left(\frac{60960}{168705} \right) + 168705 \left(\frac{104652}{168705} \right);$$

$$\Delta E_{2022} = 60960 + 104652 = 165662 \text{ (усл. ед).}$$

Для 2023-го года имеем:

$$N = 177622; m_1 = 177622 \left(\frac{59012}{177622} \right); m_2 = 177622 \left(\frac{115554}{177622} \right);$$

$$\Delta E_{2023} = 59012 + 115554 = 174566 \text{ (усл. ед).}$$

Таким образом энергопотребление грузовых автомашин в 2023 году увеличилось по сравнению с 2022-ом годом. Это произошло из-за увеличения количества грузовых автомобилей.

Что касается увеличения количества выше рассмотренных типов автомашин по годам, то здесь для проведения сравнений можно воспользоваться графическим материалом, приведенным в работе [4] где приведены графики роста по годам относительного количества электрических автомашин (а), гибридных автомобилей (b), автомобилей на природном газе (с), двухколесных электрических средств передвижения (d); грузовых автомашин на газе (f) (рис.).

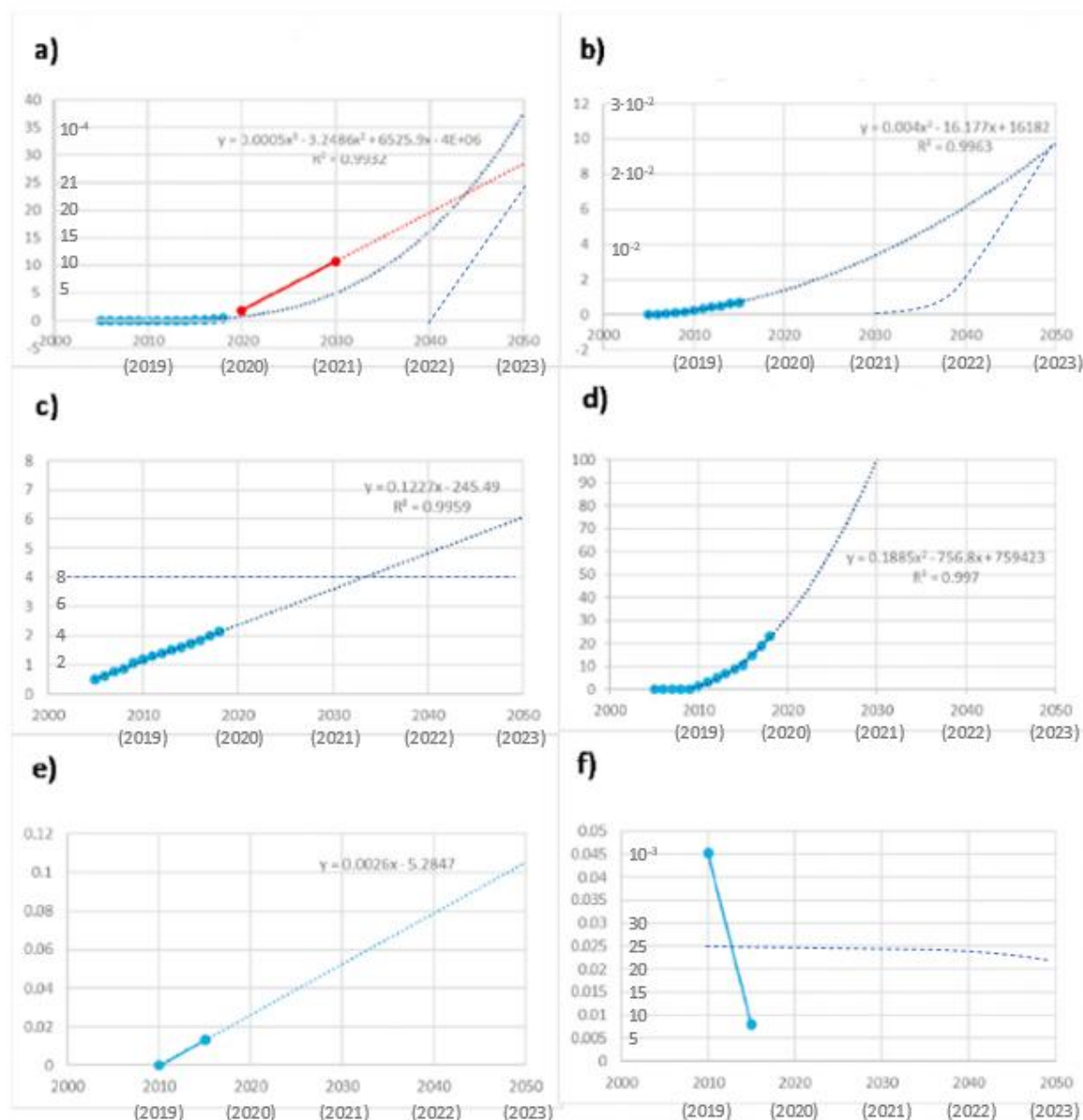


Рис. Графическое представление расчета по годам относительного количества различных типов автомашин (пунктиром показаны графические данные для Азербайджана)

Обсуждение и основные положения. В результате проведенных исследований установлены закономерности изменения в сфере энергопотребления в транспортном секторе Азербайджана, путем сравнения данных Госкомитета за 2023 и 2022- годы. Согласно модели MEDEAS-World определено, что:

- энергопотребление легковых бензиновых и гибридных автомобилей незначительно увеличилось ($\approx 0,5\%$);

- энергопотребление автобусов бензиновых и дизельных на указанный период (2022-2023 г.) чуть уменьшилось ($\approx 2 \cdot 10^{-4}$);

- энергопотребление грузовых автомобилей на указанный период увеличилось ($\approx 6,5\%$).

Также исследовался рост доли отдельных типов автомашин с различным видом топлива. Исследование динамики их роста с динамикой роста за период 2019-2023 г. соответствующей категории автомашин показало, что:

- динамика роста электрических и гибридных машин в Азербайджане в общем соответствует динамике роста в мировом масштабе;

- динамика роста газовых автомобилей почти постоянен, по сравнению с мировой динамикой, которая растет линейно;

- динамика грузовых газовых автомобилей медленно убывает, в то время как во всемирном масштабе уменьшение количество таких машин характеризуется резким спадом.

При этом следует иметь ввиду, что данные по Азербайджану охватывают период 2019-2023 г., а по всемирному масштабу приведены прогнозные данные за временной промежуток 2010-2050 гг.

Основные выводы и заключение.

1. В результате проведенных исследований определено, что изменение энергопотребления в различных видах автотранспорта в Азербайджане за период 2022-2023 г. г. у легковых автомобилей и у автобусов незначительно ($< 0,5\%$). Однако у грузовых автомобилей рост составил $6,5\%$.

2. Сравнительное исследование динамики роста количества отдельных типов автомобилей в Азербайджане с мировыми показателями показало в основном совпадение этих динамик.

3. Установлено, что по мировым показателям обнаруживается резкий количества грузовых газовых автомобилей. Однако в Азербайджане происходило медленный спад за период 2019-2023 г. г. (80% спад в мировом масштабе и 5% в Азербайджане), что, возможно и привело к значительному ухудшению качества воздуха в промышленных и урбанизированных зонах.

Список литературы

1. F. Creutzig, P. Jochem, O.Y. Edelenbosch, L. Mattauch, D.P. van Vuuren, D. McCollum, J. Minx, Transport: a roadblock to climate change mitigation? Science 350 (2015) 911–912, <https://doi.org/10.1126/science.aac8033>.

2. IPCC, IPCC. “Global Warming of $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.” IPCC Special Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019. <https://www.ipcc.ch/sr15/>. (Accessed 12 June 2019).

3. D.L. McCollum, C. Wilson, M. Bevione, S. Carrara, O.Y. Edelenbosch, J. Emmerling, C. Guivarch, P. Karkatsoulis, I. Keppo, V. Krey, Z. Lin, E. 'O. Broin, L. Paroussos, H. Pettifor, K. Ramea, K. Riahi, F. Sano, B.S. Rodriguez, D.P. van Vuuren, Interaction of consumer preferences and climate policies in the global transition to low-carbon vehicles, Nat. Energy 3 (2018) 664–673, <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0195-z>.

4. Blas I., Mediavilla M., Perez I., Duce C. The limits of transport decarbonization under the current growth paradigm// Energy strategy reviews. 32. 2020.

5. IEA, IEA World Energy Statistics and Balances. https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances_enstats-data-en, 2019.
6. IPCC, Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press, 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>.
7. J. Nieto, 'O. Carpintero, L.J. Miguel, I. de Blas, Macroeconomic modelling under energy constraints: global low carbon transition scenarios, Energy Pol. (2019) 111090, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111090>.
8. A. García-Olivares, J. Solé, O. Osychenko, Transportation in a 100% renewable energy system, Energy Convers. Manag. 158 (2018) 266–285, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.053>.
9. IEA/OECD, Transport, Energy and CO2. Moving toward Sustainability, 2009. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>.
10. M. Moultak, N. Lutsey, D. Hall, transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles, International Council on Clean Transportation, 2017. https://theicct.org/sites/default/files/publications/Zero-emission-freight-trucks_ICCT-white-paper_26092017_vF.pdf.
11. H. Zhao, A. Burke, L. Zhu, Analysis of Class 8 Hybrid-Electric Truck Technologies Using Diesel, LNG, Electricity, and Hydrogen, as the Fuel for Various Applications, 2013. <https://escholarship.org/uc/item/16p4244z#page-2>
12. P. Karkatsoulis, P. Siskos, L. Paroussos, P. Capros, Simulating deep CO2 emission reduction in transport in a general equilibrium framework: the GEM-E3T model, Transport. Res. Transport Environ. 55 (2017) 343–358, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.11.026>.
13. M.P. Hekkert, F.H.J.F. Hendriks, A.P.C. Faaij, M.L. Neelis, Natural gas as an alternative to crude oil in automotive fuel chains well-to-wheel analysis and transition strategy development, Energy Pol. 33 (2005) 579–594, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.08.018>.
14. EABEV, Energy Consumption, CO2 Emissions and Other Considerations Related to Battery Electric Vehicles, 2008. <http://www.going-electric.org/>.
15. IRIZAR, i2e, 12 M Urban Bus with 100% Electric Traction and Climate Control, IRIZAR S. Coop., 2015. www.irizar.com/wp-content/uploads/2016/07/Publisher_IRIZAR_V8_EN.pdf.
16. Azərbaycan Nəqliyyat. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika komitəsi. Rəsmi nəşr. Statistik məcmuə. Bakı, 2024.
17. Decarbonising Azerbaijan's transport system. Charting the way forward. International Transport Forum.
18. Hajiyevev, S., Dimadama, Z., Timotheou, A. and Gross, Z. (2015), Energy Efficiency: View from Azerbaijan, Germany and Israel, Center for Strategic Studies.
19. Government of Azerbaijan (2018a), "Second Biennial Update Report of the Republic of Azerbaijan to UN Framework Convention on Climate Change", Baku, <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Second%20Biennial%20Update%20Report%20-%20Azerbaijan-version%20for%20submission.pdf>.
20. Jafarli, F (2018), "Modernization of Baku's Transport System: Infrastructure Development Issues", Caucasus Analytical Digest: Urbanization and Urban Public Policy

in Baku, No. 101, <https://css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securitiesstudies/pdfs/CAD101.pdf>

21. Republic of Azerbaijan (2017), “Information to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) on the Intended Nationally Determined Contribution (INDC) of the Republic of Azerbaijan”.

T.İ.Süleymanov, Ş.E.Məmmədov

**Azərbaycan nəqliyyat sektorunda enerji sərfinin azaldılması
yolu ilə dekarbonlaşdırma imkanları**

Xülasə

Azərbaycanın nəqliyyat sektorunda emissiyaların dekarbonlaşdırılması üçün sərf olunan enerjinin azalması tendensiyasına baxılmış, 2022-2023-cü illərdə minik avtomobillərinin və avtobusların enerji sərfiyyatında kifayət qədər dəyişiklik olmadığı aşkar edilmişdir. Həmçinin göstərilmişdir ki, Azərbaycanın müxtəlif avtomobil tiplərinin artımı ümumdünya göstəricisinə yaxındır və 2019-2023-cü illərdə yük avtomobillərinin sayı nəzərəcarpacaq səviyyədə azalmamışdır.

T.İ.Suleymanov, Sh.E.Mammadov

**Decarbonization opportunities in the Azerbaijani transport sector
through energy consumption reduction**

Abstract

The trend of decreasing energy consumption for decarbonizing emissions in Azerbaijan's transport sector was examined, and it was found that there was not enough change in the energy consumption of passenger cars and buses in 2022-2023. It was also shown that the growth of various vehicle types in Azerbaijan is close to the global indicator, and the number of trucks did not decrease significantly in 2019-2023.

N.M.Muradov, İ.R.Həsənov, B.A.Şərifova (MAKA-nın Kosmik Cihazqayırma
Məxsusi Konstruktor Bürosu)

SU MÜHİTİNİN EKOLOJİ MONİTORİNGİNDƏ PİLOTSUZ UÇUŞ VƏ ÜZƏN APARATLARIN TƏTBİQİ

Su mühitinin ekoloji monitorinqi dedikdə əvvəlcədən hazırlanmış proqram əsasında ətraf mühitin müəyyən elementlərinin sistemli təkrar müşahidələrinin aparılması nəzərdə tutulur. Su mühitinin təbii monitorinqinin aparılmasında əsas məqsəd ətraf təbii mühitin vəziyyətinin antropogen dəyişikliklərinin müşahidəsi, qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması sisteminin yaradılmasından ibarətdir.

Su mühitin çirklənməsi haqqında obyektiv informasiya toplamaq üçün etibarlı ekoloji nəzarət metodlarına və vasitələrinə sahib olmaq əsas şərtlərdən biridir. Ətraf mühitin vəziyyətinin müşahidəsinin effektivliyini artırmaq üçün aparılan ölçmələrin operativliyini və miqyasını artırmaq, texniki nəzarət sistemlərinin və ölçmə prosesinin avtomatlaşdırılmasını yerinə yetirmək zərurəti yaranır.

Sahil xətti də daxil olmaqla su obyektlərinə effektiv nəzarəti həyata keçirmək onun bütün komponentlərinin müntəzəm ekoloji monitorinqini aparmadan mümkün olmur. Çaylar, göllər, su hövzələri, dəniz öz ehtiyatları hesabına fayda verməklə yanaşı, həm də təbii fəlakətlərin mənbəyi də ola bilər. Su obyektlərinin zaman və məkana görə dəyişən hidroloji və hidrokimyəvi xarakteristikalarını tədqiq etməklə bir çox neqativ proseslərin qabaqcadan qarşısını almaq mümkün olur [1,2].

Su obyektlərinin ənənəvi monitorinqi üsulları xüsusi texniki avadanlıqlarla təchiz olunmuş hava nəqliyyatı vasitələrindən (təyyarə və helikopterlər) istifadə olunmasını tələb edir. Bu işin yerinə yetirilməsində eyni zamanda laboratoriya stansiyalarının quraşdırılması və mütəxəssislərin cəlb olunması üçün küllü miqdarda vəsaitin xərclənməsi tələb olunur.

Ənənəvi ekoloji monitorinq üsulları ilə böyük ərazilərdən topoqrafik məlumatların toplanması müəyyən çətinliklərlə bağlı olmaqla, həm də baha başa gəlir. Bu üsullarla monitorinqin aparılması ölçmə proseslərinin sürətinin aşağı olması, xüsusi hallarda isə ekstremal vəziyyətlərin yaranması ilə xarakterizə olunur. Son zamanlar süni intellekt daxil olmaqla ekoloji monitorinqin aparılmasında yeni müasir texnologiyaların tətbiqi bu çatışmazlıqları aradan qaldırmağa kömək edir. Pilotsuz uçuş aparatlarının ekoloji monitorinqin aparılmasında tətbiqi təbii və antropogen dəyişiklikləri, çirklənmə ərazilərini daha dəqiq və sürətlə təyin etməyə imkan verir. Bundan başqa ənənəvi monitorinq metodları ilə müqayisədə pilotsuz uçuş aparatlarından istifadə alınan məlumatların keyfiyyəti və effektivliyi baxımından iqtisadi cəhətdən daha əlverişli hesab edilir.

Pilotsuz uçuş aparatlarını müxtəlif təyinatlı sensor və multispektral kameralarla təchiz etməklə əlavə informasiyalar almaq mümkündür. Xüsusi elektrik keçiriciliyi, temperatur və dərinlik ölçmə sensorları ilə təmin olunan dronlar vasitəsilə suyun ekoloji vəziyyətini təyin etmək, yaxın infraqırmızı diapazonda işləyən kameralar vasitəsilə isə sahil zonalarının ekoloji vəziyyətini tədqiq etmək mümkündür. Dronların proqram təminatına daxil olan süni intellekt alqoritmləri alınan təsvirləri tanıyır və toplanan məlumatları emal edir. Beləliklə, çirklənmiş ərazinin analitik profili alınır, bu da

problemin həlli üçün operativ qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Süni intellekt alqoritmlərindən istifadə etməklə pilotsuz uçuş aparatlarının tətbiqi ilə su mühitində ekoloji monitorinqin aparılması iqtisadi cəhətdən daha səmərəli hesab edilir.

Su mühitində monitorinq aparılması zamanı suyun üzərində və altında üzən, həmçinin uçan dronlardan istifadə etmək mümkündür. Bu dronların vahid idarəetmə mərkəzindən birgə fəaliyyətinin təmin olunması daha geniş ərazidə ekoloji monitorinq aparmağa və daha çox informasiya toplamağa imkan verərdi. Bu məqsədlə pilotsuz uçuş aparatlarının (dronların) tətbiqi monitorinqin aparılması üçün yeni metodologiyanın, proqram və cihaz təminatının tətbiqi olunmasını tələb edir.

Su obyektlərinin ekoloji monitorinqi zamanı pilotsuz uçuş aparatlarının və suüstü üzən vasitələrin tətbiqi aşağıdakı məsələlərin həllinə imkan verir:

- obyektlərin xəritəsinin çəkilməsi və 2D/3D modelinin yaradılması;
- foto və videoçəkilişlərin aparılması;
- vizual, infraqırmızı, televiziya çəkilişlərinin aparılması;
- xüsusi avadanlıq vasitəsilə sudan nümunələrin götürülməsi və analizlərin aparılması;

- insanlar və təsərrüfatlar üçün təhlükəli ola biləcək neqativ halların qarşısının alınması məqsədilə proqnozların verilməsi;

- su obyektlərinin müntəzəm (planlı) və plandan kənar müşahidələrinin aparılması.

Pilotsuz uçuş aparatları üçün nəzərdə tutulan müasir avadanlıqlar və proqram təminatlarının mənimsənilməsi o qədər də çətin olmur və ucuz başa gəlir. Pilotsuz uçuş aparatları mobildirlər və onların bir yerdən digər yerə aparılması çətinlik törətmir. Həmçinin onları kənar aparat və proqramlarla təchiz etmək mümkün olur [3].

Kvadrokopter DJI MATRİCE 300 RTK- in bazasında su mühitində ekoloji monitorinqin aparılması üçün uçan dronun layihələndirilməsi metodu nəzərdən keçirilmişdir. Şəkil 1-də DJI MATRİCE 300 RTK- in kvadrokopterinin ümumi görünüşü verilmişdir.

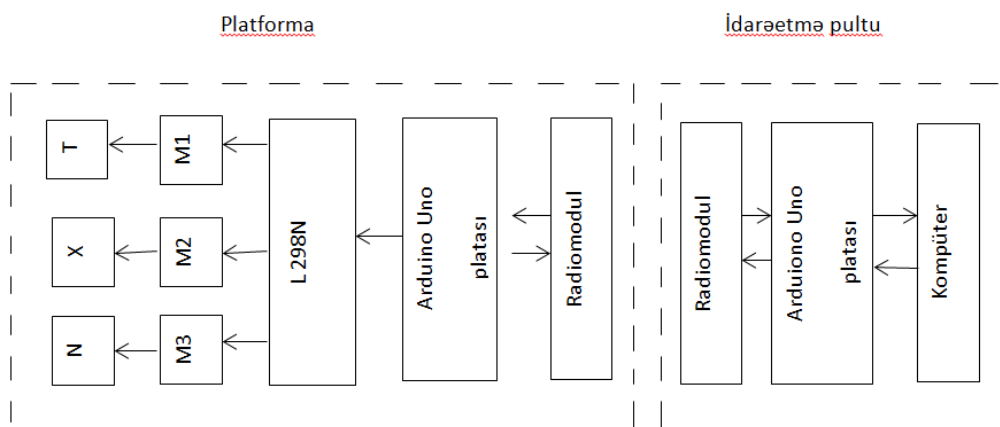


Şəkil 1. DJI MATRİCE 300 RTK kvadrokopterinin ümumi görünüşü

DJI MATRICE 300 RTK kvadrokopterinin texniki xarakteristikaları aşağıdakı kimidir:

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| - uçuş vaxtı | - 55 dəqiqə; |
| - Dioqnal boyunca ölçüsü | - 895 mm; |
| - işçi tezlik diapazonu | - 2.4000-2.4835 QHz; |
| - maksimal sürəti | - 23m/san; |
| - işçi temperatur diapazonu | - 20 -+50; |
| - batareyanın tipi | - LiPo12S; |
| - kütləsi | - 9 kq; |
| - götürə biləcəyi maksimal yük | - 2,7 kq |

Ekoloji monitorinqin aparılması zamanı 2 ədəd bu tipli drondan istifadə olunması təklif edilmişdir. Dronun birində infraqırmızı çəkiliş aparatı, digərində isə temperaturu və xüsusi elektrik keçiriciliyini ölçən sensorlar və sudan analiz üçün nümunəgötürən avtomatik qurğu yerləşdirilməlidir. Sensorların və nümunə götürən qurğunun avtomatik idarə olunmasının funksional sxemi şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. Sensorların və nümunə götürən qurğunun avtomatik idarə olunma sisteminin funksional sxemi

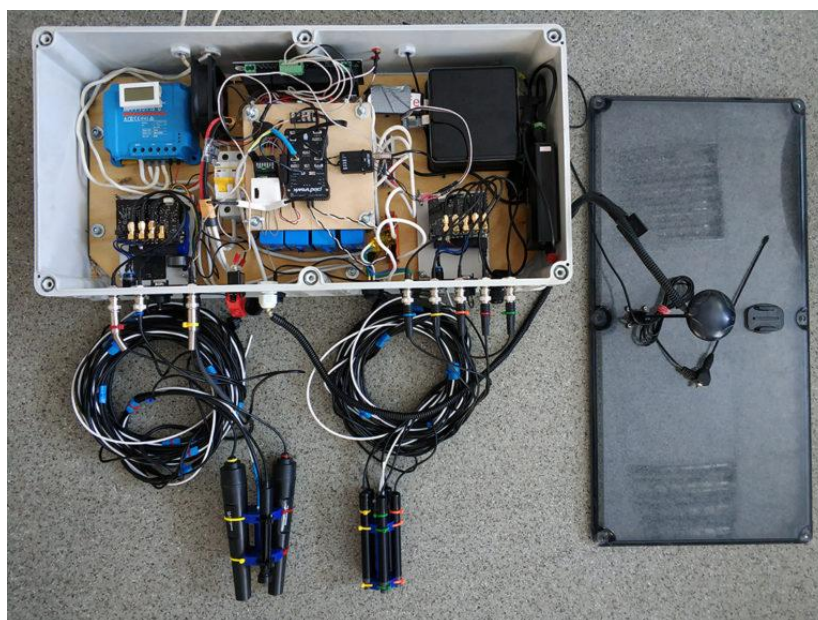
Şəkildən göründüyü kimi avtomatik idarə olunma sistemi iki hissədən - platformadan və idarəetmə pultundan ibarətdir. Platforma kvadrokopterin daxilində, idarəetmə pultu isə kənarda yerləşir. Platformanın tərkibinə mərkəzi kontroller (Arduino platası), radiomodul mühərrikləri hərəkətə gətirən L298 platası, müvafiq sensorları hərəkətə gətirən M1, M2, M3 mühərrikləri, N-nümunəgötürən qurğu, X-xüsusi elektrik keçiriciliyini ölçən sensor, T- temperaturu ölçən sensor daxildir. İdarəetmə pultu kvadrokopterdən kənarda yerləşir. İdarəetmə pultuna radiomodul, Arduino Uno platası və kompüter daxildir. İdarəetmə pultundan verilən komandaları platformada yerləşən radiomodul qəbul edir və mərkəzi kontrollerə ötürür. Mərkəzi kontrollerdə yazılan proqram əsasında M1, M2, M3 mühərrikləri işə düşür və uyğun sensorları idarə edir. Sensorlar vasitəsilə aparılan ölçmələrin nəticələri mərkəzi kontrollerə göndərilir və radiomodul vasitəsilə idarəetmə pultuna ötürülür [4].

Son zamanlar su hövzələrində ekoloji monitorinqin aparılması üçün suüstü dronlardan istifadə olunur. Kiçik ölçülərə malik olması və iqtisadi cəhətdən ucuz başa

gəlməsi suüstü dronların əsas üstün cəhətlərindəndir. Belə ölçülər onlara gəmi və katerlərin daxil ola bilmədiyi kiçik su hövzələrində ölçmələr aparmağa imkan verir. İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə yerləşən su hövzələrində ekoloji monitorinqin aparılması zamanı suüstü dronların tətbiqi iqtisadi cəhətdən daha səmərəli olardı. Bu cəhətdən suüstü dronların layihələndirilməsi və tətbiqi aktualıq kəsb edir [5]. Şəkil 3-də üzən suüstü dronun ümumi görünüşü və ölçü sistemi verilmişdir.



a)



b)

Şəkil 3. Üzən suüstü dronun xarakteristikaları: a) ümumi görünüşü, b) ölçü sistemi

Üzən suüstü dronların layihələndirilməsi zamanı aşağıdakı bir neçə faktorlar nəzərə alınmalıdır:

- üzən suüstü dronlar kiçik ölçüyə malik olmalı, kater və qayıqların daxil ola bilmədiyi su hövzələrində, çay və kanallarda ölçmələr apara bilməlidirlər;
- üzən dronlar kompakt və yüngül konstruksiyaya malik olmalı, eyni zamanda su axınlarının və dalğaların müqavimətinə davam gətirə bilməlidirlər;
- üzən dronlar iş prosesində avtonom və funksiallığını saxlamalı, ölçmələr aparmaq üçün kiçik ölçü və qabaritə malik sensorlarla temperaturu, suda həll olunmuş oksigenin miqdarını, xüsusi elektrik keçiriciliyini ölçən sensorlarla təmin olunmalıdır.
- üzən dronlar avtonom və ya məsafədən idarəetmə sisteminə malik olmalıdırlar;
- üzən dronlarda elektrik qida mənbəyi kimi günəş batareyalarından istifadə olunmalıdır.

Pilotsuz uçuş aparatlarının proqram təminatında istifadə olunan süni intellekt vasitəsilə idarəetmə sisteminə daxil olan sensor məlumatlarını effektiv şəkildə emal etmək və dron üçün ani qərarlar qəbul etmək mümkündür. Süni intellekt suüstü dronun davamlı hərəkətini təmin edir ki, bu da avtonom naviqasiya, maneələrin tanınması və qarşısının alınması kimi mürəkkəb funksiyalardan istifadə etməyə imkan verir.

Su mühitində ölçmələrin aparılması zamanı üzən və uçan dronlardan eyni zamanda istifadə olunması daha geniş əraziləri tədqiq etməyə və daha çox informasiya əldə etməyə imkan verir. Bu zaman hər iki ölçü vasitəsinin eyni mərkəzdən idarə olunması vacibdir. Ölçmələrin aparılması zamanı bir neçə uçan və üzən drondan eyni zamanda istifadə etmək ölçü prosesinin daha sürətli və keyfiyyətli yerinə yetirilməsinə şərait yaradardır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Д.А.Мидоренко, В.С.Краснов. Мониторинг водных ресурсов, Учеб пособие Тверь. 2009 г. 77с.
2. И.О.Тихонова, Н.Е.Кручинина. Экологический мониторинг водных объектов. Издательство: Инфра-М, 2023г. – 202с.
3. Джон Бейктал. Конструируем роботов. Дроноводство для начинающих. 2016г. – 226с.
[Litres.ru/book/drhon-beyktal/konstruiuem-robotov-drony-rukovodstvo-dlya-nachinaushih-35004304/](https://litres.ru/book/drhon-beyktal/konstruiuem-robotov-drony-rukovodstvo-dlya-nachinaushih-35004304/)
4. Дроны. Открытие мира небесных технологий.
[Mybook.ru/author/sbornik/drony-otkrytie-mira-nebesnyh-tehnology/](https://mybook.ru/author/sbornik/drony-otkrytie-mira-nebesnyh-tehnology/)
5. Меркулов А.А., Маслюк Е.В. Беспилотные морские дроны. 2018 г.164 с.

Н.М.Мурадов, И.Р.Гасанов, Б.А.Шарифова

Применение беспилотных летательных и плавучих аппаратов в экологическом мониторинге окружающей среды

Резюме

В статье исследованы возможности применения беспилотных летательных аппаратов и плавучих средств, при экологическом мониторинге в водной среде. Приведены также структурные и измерительные схемы системы управления такими аппаратами и предложена методика проектирования соответствующих средств.

N.M.Muradov, I.R.Hasanov, B.A.Sharifova

**Application of unmanned aerial vehicles and floating vehicles
in environmental monitoring**

Abstract

The article examines the possibilities of using unmanned aerial vehicles and floating craft in environmental monitoring in the aquatic environment. Structural and measuring diagrams of the control system for such devices are also presented, and a methodology for designing the corresponding means is proposed.

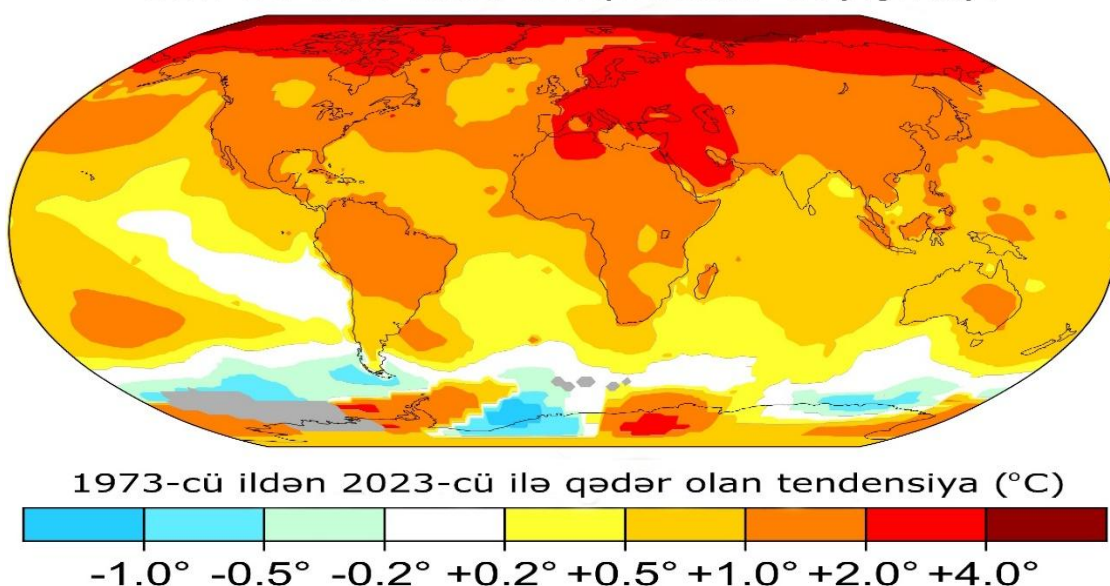
T.A.Hacıyev, İ.B.Qurbanova, N.Ü.Ələkbərova, A.Z.Abdullazadə, K.R. Zülfüqarlı, A.T.Hüseynli (MAKA-nin Ekologiya İnstitutu)

TƏBİİ FƏLAKƏTLƏRİN ARTMASINDA QLOBAL İSTİLƏŞMƏNİN ROLU

Əsas hissə. Bu gün planetimizin qarşılaşdığı ən ciddi problemlərdən biri qlobal istiləşmənin yaratdığı təhlükəli təbii kataklizmlərdir. Son əsrdə, xüsusilə də son 10-15 ildə müşahidə olunan qlobal istiləşmə onilliklər ərzində atmosferdə toplanan su buxarı, karbon dioksid, metan, azot oksidi xloroflor karbonlar kimi günəş işığı ilə qızdırılan, Yer səthindən infraqırmızı istilik şüalarını udan qazlar tərəfindən əmələ gəlir. Günəşdən gələn şüaların bir hissəsi ozon təbəqəsi və atmosferdəki qazlar tərəfindən udulur. Bir qismi litosferdən, bir qismi isə buludlardan geriye əks olunur. Qlobal istiləşmə Yer kürəsində təbii fəlakətləri artırır, təbii resurslara, insanların həyat tərzinə mənfi təsir edir. İstiləşmənin ən əsas hərəkətverici qüvvəsinin tərkibinin 90%-dən çoxu karbon qazı (CO_2) və metandan ibarət olan istixana qazlarının emissiyasıdır. Antropogen amillər sırasında azot oksidi, azot monoksid və xlor-flor birləşmələri də yer alır. Bu emissiyaların əsas mənbəyi enerji istehlakı üçün təbii yanacaqların (kömür, neft və qaz) yandırılması olsa da, kənd təsərrüfatı, ağac emalı və digər sənaye proseslərinin də rolu var. Eyni zamanda məişət tullantıları, avtomobillərin tüstü borularından çıxan qazlar da atmosferi çirkləndirməklə istiləşməyə yol açır.

Son 10 illik kosmik müşahidələr göstərir ki, tufan və çovğunların həm intensivliyi, həm də tezliyi artmışdır. İqlim Dəyişmələri üzrə Hökumətlərarası Ekspertlər qrupunun qiymətləndirmə hesabatına görə, son 50 ildə Yer kürəsində orta temperatur $0,8^\circ\text{C}$ -yə qədər artmışdır (şəkil1).

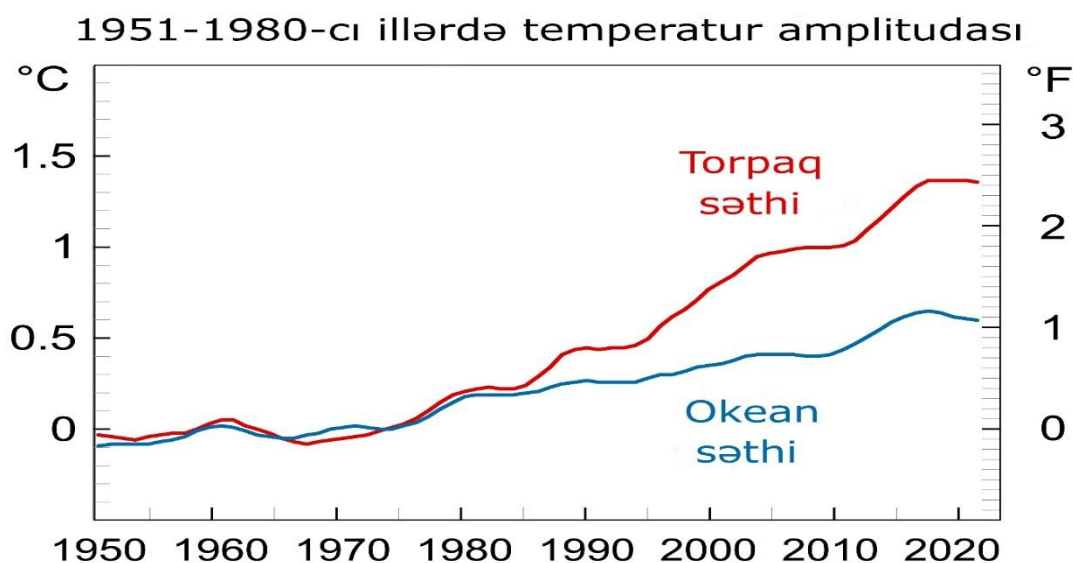
Son 50 ildə olan temperatur dəyişikliyi



Şəkil1. Qlobal orta temperaturun başlanğıc orta göstəricilərlə müqayisəsi (NASA-nın məlumatları)

Həmin dövr ərzində isti külək, qasırğa, yağıntılar güclənmiş, eyni zamanda, sel, daşqın hadisələrinin də sayı artmışdır.

BMT-nin hesabatında göstərildiyi kimi son 100 ildə dünyada orta illik temperatur 1°C yüksəlmişdir. Ehtimala görə əgər Yer kürəsində temperatur bu sürətlə qalxmaqda davam edərsə, 2050-ci ilə qədər $2-2,5^{\circ}\text{C}$, 2100-cü ildə isə 6°C -yə qədər yüksələ bilər [1]. Peyk təsvirləri vasitəsilə müəyyən olunmuşdur ki, pedosferdə temperaturun artması okeanda suyun 1000 metr dərinliyinə qədər hiss olunurdusa, hal hazırda bu rəqəm 2000 metrə təzahür edir ki, bu da isti axınların daha da qızmasına səbəb olur (şəkil 2).



Şəkil 2. NASA məlumatına əsasən quru və okeanın səth temperaturunun dəyişməsi

İqlim dəyişmələrinin təsiri nəticəsində 2080-ci ilədək su qıtlığından əziyyət çəkən dünya əhalisinin sayı 1,8 milyard nəfər arta bilər. Ekosistemlərin məhv edilməsi, Yer kürəsində orta temperaturun $2-2,5^{\circ}\text{C}$ artması fauna və floranın növlərinin məhv olma təhlükəsini sürətləndirir. Alimlərin hesablamalarına əsasən global orta temperaturun artım həddi 3°C -ni keçdikdə Yer kürəsində yaşayan canlıların təqribən 20-30%-nin nəslinin kəsilməsi təhlükəsini yaradacaqdır. Hazırda iqlim dəyişmələri öz mənfi təsirini daha çox dəniz və okean ekosistemlərinə göstərir [2]. Bu da sahilələri ərazilərdə biomüxtəliflik və ekosistemlərin məhvi ilə nəticələnir. İqlim dəyişmələri nəticəsində yaranan fəsadlar sırasında səhrələşməyə də xüsusi diqqət çəkmək lazımdır. Bu proses hazırda planetimizin böyük ərazilərini təhdid edir. Azərbaycanda da səhrələşmə prosesinin necə getdiyini aydın müşahidə etmək olar. İqlim dəyişmələri nəticəsində yaranan quraqlıq böyük problemlərə yol açmaqdadır. Son 10-12 ildə Azərbaycanda müşahidə olunan quraqlıqlar kənd təsərrüfatına, ətraf mühitə böyük ziyan vurur.

Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının 21-ci əsrdə bəşəri sağlamlıq üçün ən böyük təhlükə hesab etdiyi iqlim dəyişikliyi eyni zamanda daşqını, yoluxucu xəstəlikləri və ekstremal istilik riskini də artırır. Gələcəkdəki istiləşməni minimuma endirmək cəhdləri uğurlu olsa belə, dəniz səviyyəsinin yüksəlməsi, okeanın temperaturunun qalxması və okean asidifikasiyası da daxil olmaqla bir sıra təsirlər əsrlər boyu davam edəcək [3].

Qlobal iqlim dəyişmələrinin qarşısının alınması yollarından biri də yaşıl iqtisadiyyata keçilməsidir. Yaşıl iqtisadiyyat ekoloji risk və resurs qıtlığını nəzərə almaqla, cəmiyyətin yüksək həyat səviyyəsini və sosial bərabərliyi təmin edən iqtisadi reformadır. Yaşıl iqtisadiyyatın əvvəlki iqtisadiyyat modellərindən əsas fərqi əvvəllər qiymət qoyulmadan istifadə edilən resursların əsil dəyərinin nəzərə alınmasıdır.

İqlim dəyişmələri qlobal bir prosesdir, lakin onun təsirləri özünü lokal səviyyədə büruzə verir. Fiziki təsir həddi coğrafi mövqe, qlobal istiləşmə və ərazidə mövcud iqlim şəraiti arasındakı əlaqədən asılı olaraq müəyyənləşir. Proqnozlar nəticəsində söyləmək olar ki, əsrin sonunadək taxılçılığın indiki arealının hipsometrik hündürlüyə doğru irəliləməsi gerçəkləşəcəkdir. Lakin bu ərazilərdə əlverişli torpaq ehtiyatlarının məhdud olması səbəbindən taxıl zəmiləri sahələrinin dağlıq relyefə doğru əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsi gözlənilmir. 2021-2050-ci illərdə sənaye əhəmiyyətli üzümçülük sahələrinin regiondan asılı olaraq 80-90 m-dən 200-450 m hündürlüyə doğru yüksələ bilər [4]. Lakin yüksəkliklərdə geniş üzümçülük üçün yararlı sahələrin kifayət qədər olmaması bu ərazilərdə kütləvi yayılma ehtimalını azaldır.

Qlobal iqlim dəyişmələri Cənubi Qafqaz regionu ölkələrinə də öz təsirini göstərməkdədir. Respublikamızda və onunla sərhəd olan qonşu ölkələrin təbii resurslarının istifadə və idarə edilmə mexanizmlərində yaranmış başlıca problem məhz iqlim dəyişməsi ilə əlaqədardır. Respublikamız Cənubi Qafqazda su ehtiyatlarına görə ən kasıb ölkə hesab olunur. Bunu da nəzərə almalıyıq ki, ölkənin su ehtiyatlarının 70%-i qonşu ölkələrin ərazisində formalaşır [5]. İqlim dəyişmələrinin qonşu ölkələrdə də su qıtlığına səbəb olması və mövcud ehtiyatlar üzərində tələbat və təzyiqi artırması labüddür. İndi olduğu kimi gələcəkdə də ən həssas sahələr kənd təsərrüfatı, hidroenergetika və əhalinin su təchizatı olacaqdır. Qeyd edilən bu amillər ölkədə təbii resursların planlı şəkildə istifadəsinə mənfi təsir göstərəcək. Azərbaycan əhalisinin 40%-dən çoxunun məşğulluğunun kənd təsərrüfatında olması su təminatında problemlərin yaranmasına səbəb olur. Bundan əlavə iqlim dəyişmələrinin təsiri nəticəsində, xüsusilə iri şəhərlərdə su təchizatı ilə əlaqədar problemlərin yaranması və ölkənin indiki şəraitində belə məhdud hidroenerji potensialının azalması insan inkişafını ləngidə bilər [6].

Son dövrlərdə havanın isti keçməsi istisəvər bitkilərin Azərbaycanda becərilməsinə şərait yaratsa da, bostan və meyvə bitkiləri üçün əlverişsiz olaraq qalmaqda davam edir. Bundan əlavə suvarılan kənd təsərrüfatı ərazilərində gözlənilən su çatışmazlığı da vəziyyəti gərginləşdirə bilər. Gözlənilən iqlim dəyişmələrinin mənfi təsirini yumşaltmaq və mümkün qədər qarşısını almaq üçün aşağıdakı uyğunlaşma tədbirləri görülməlidir:

a) istisəvər, quraqlığa dayanıqlı və yüksək məhsuldarlığa malik olan sortların seleksiyası, introduksiyası və təsərrüfata tətbiqi;

b) torpaqların şoranlaşmasına və eroziyasına, quraqlığa və ağ yellərə qarşı aparılan meliorasiya tədbirlərinin sürətləndirilməsi;

c) suvarılan ərazilərdə suya qənaət edən texnologiyaların kütləvi şəkildə tətbiq edilməsi;

d) kənd təsərrüfatı məhsullarının mövcud saxlama sisteminin (anbar, soyuducu və s.) təkmilləşdirilməsi və yerlərdə tətbiqi və s.

Belə tədbirlər sisteminə həmçinin karbon vergisi, emissiya qiymətləndirmə modelləri, təbii yanacaq subsidiyalarının ləğvi, az karbonlu enerji integrasiyası üçün sadələşdirilmiş rəqulyasiyalar və təbii yanacaq maliyyəindən investisiyanın çəkilməsi daxildir.

Yuxarıda qeyd edilən regional və kürəvi iqlim dəyişmələrini nəzərə alıb artıq 194 ölkə və bir regional təşkilat BMT-nin İqlim Dəyişmələri üzrə Çərçivə Konvensiyasını ratifikasiya etmişdir. Konvensiyanın tələblərinə əsasən hər bir ölkə atmosfərə atılan istixana qazlarının miqdarı, iqlim dəyişmələrinin təsiri və onun nəticəsində baş vermiş dəyişikliklər, iqlim dəyişmələri ilə mübarizə üzrə görülmüş işlər barədə mütəmadi olaraq Konvensiyanın Katibliyinə hesabatlar təqdim edir. Konvensiyanın mətnində kənd təsərrüfatından sahilboyu ərazilərin mühafizəsinə, daşqın təhlükəsindən bərk tullantıların idarə olunmasına kimi müxtəlif sahələrdə iqlim dəyişmələrinin təsirinə hazır olmaq üçün beynəlxalq əməkdaşlığın əhəmiyyəti xüsusi vurğulanır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. UNFCCC (2005) Caring for Climate: A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol (revised 2005 edition).
2. Vallis, Geoffrey K.; Farneti, Riccardo. "Meridional energy transport in the coupled atmosphere–ocean system: scaling and numerical experiments". Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 135 (644). October 2009: 1643–60.
3. ["United Nations Framework Convention on Climate Change \(UNFCCC\)". World Health Organization \(WHO\). 12 February 2021](#)
4. Rohli, Robert. V.; Vega, Anthony J. Climatology (fourth). Jones & Bartlett Learning. 2018.
5. Məmmədov M.Ə. Azərbaycanın hidroqrafiyası. Bakı, "Nafta-Press", 2002.- 266 s.
6. Б.Г. Алиев, З.Г. Алиев. «Проблемы водообеспеченности горных склонов Азербайджана и пути ее решения». Баку, 2012. - 448 с.

***T.A.Гаджиев, И.Б.Курбанова, Н.У.Алекберова, А.З.Абдуллазаде,
К.Р.Зулфикарлы, А.Т.Гусейнли***

Роль глобального потепления в увеличении числа стихийных бедствий

Резюме

Показано, что изменение климата в настоящее время считается одной из важнейших проблем, вызывающих обеспокоенность человечества. В статье также рассматриваются вопросы, связанные с глобальным потеплением, произошедшим на Земле за последние 10–15 лет, и его последствиями.

***T.A.Gadjiev, I.B.Kurbanova, N.U.Alekberova, A.Z.Abdullazade,
K.R.Zulfugarli, A.T.Huseynli***

The role of global warming in increasing natural disasters

Abstract

It is shown that climate change is currently considered one of the most important problems of concern to humanity. The article also examines issues related to global warming that has occurred on Earth over the past 10-15 years and its consequences.

İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİ **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

İ.R.Məmmədov (Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti),
E.M.Hüseynov (Huawei şirkəti)

MOBİL RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ RADIOVERİCİLƏRİN GÜCLƏRİNİN İDARƏ OLUNMASI ALQORİTMLƏRİNİN TƏHLİLİ

Məsələnin qoyuluşu. Fəzada radiodalğaların yayımlanması zamanı müxtəlif proseslər (interferensiya, difraksiya, səpələnmə, əks olunma və s.) kimi hadisələr baş verir ki, onlar da radiodalğaların bu və ya digər dərəcədə sönməsinə səbəb olur. Bu isə onu deməyə əsas verir ki, rabitə kanalı zamana görə dəyişən faktorların təsirinə məruz qalan mürəkkəb bir mediumdur. Rabitə kanalının buraxma qabiliyyəti əsasən siqnalın gücündən və ya radioqəbuledicinin girişində siqnal/küy nisbətindən asılı olur. Mobil rabitə sistemlərində hər bir mobil cihazdakı qəbuledici faydalı məlumatlarla yanaşı digər cihazlarda olan radiovericilərin şüalandırdığı elektromaqnit dalğalarını da qəbul edir. Əgər digər cihazlardakı radiovericilərin şüalandırdığı radiodalğaların gücü yüksək olarsa, bu zaman qəbuledici faydalı məlumatı qəbul edə bilməz.

Mobil rabitə sistemlərində bir neçə verici və (və ya) bir neçə qəbuledici antenanın işlədilməsi və bu zaman faydalı siqnalın gücünün müxtəlif üsullarla artırılması həyata keçirilir. Bu radiovericilərin güclərini artırmadan siqnal/maneə nisbətini artırmaq üçün tətbiq olunan metoddur. Digər tərəfdən radiovericilərin güclərinin operativ tənzim olunması da bu nisbəti tələb olunan səviyyədə saxlamağa imkan verir.

Ədəbiyyatlarda mobil rabitə sistemlərində radiovericilərin güclərinin tənzimlənməsində tətbiq olunan bəzi modellər və alqoritmlərin təhlili təqdim edilmiş, bu məsələnin həllinə bir çox fərqli yanaşmaların üstün və çatışmayan cəhətlərinin analizi öz əksini tapmışdır [1,2]. Klassik güc tənzimləmə məsələləri optimallaşdırmanın formalaşdırılmasını əhatə edir ki, bu zaman optimallaşdırma dəyişənləri, funksiyaları, məhdudiyyətlər qrupu və məhdudiyyətlərin parametrləri müəyyən olunur. Optimallaşdırma dəyişəni kimi ötürmə gücü və ondan asılı olan SIR (Signal to Interference Ratio – Siqnal interferensiya nisbəti) seçilir, funksiya kimi isə QoS (Quality of Service – Xidmətin keyfiyyəti) və resurs xərcləri nəzərdə tutulur. Texnoloji və normativ, fərdi tələblər və tətbiqə yararlılıq məhdudiyyətləri isə məhdudiyyət qruplarını formalaşdırır.

Ümumilikdə güc tənzimlənməsinin icrası üçün ilkin verilənlər SIR və SINR (Signal to Interference+Noise Ratio – Siqnal interferensiya+küy nisbəti) hesab edilir. SIR ilə müqayisədə SINR həm də kanaldakı küyü nəzərə aldığından güc tənzimlənməsində daha yaxşı nəticələr əldə etmək olur. Bu halda hər mobil stansiya (MS) tərəfindən icra edilən və baza stansiyasına (BS) ötürülən ölçmələrə faydalı siqnal, interferensiya və qəbuledicidəki küy səviyyəsi də daxil edilir [3].

Gücün tənzimlənməsində əsas məqsəd bir qayda olaraq hədəflənmiş SIR və ya SINR dəyəri əldə etmək üçün tələb olunan şüalanma gücünün hesablanmasıdır [3,4].

Mərkəzləşdirilmiş və səpələnmiş güc tənzimlənməsi tətbiq edilir. Birinci halda bütün rədiarabitə xətlərinin SIR/SINR dəyərlərinin eyni olduğu ehtimal edilir və rədiarabitə xətlərinin hamısı üzrə güc tənzimlənilir. Qeyd etmək lazımdır ki, belə tənzimləmə şəbəkəyə gecikmə və zəiflik əlavə edir [5]. Səpələnmiş güc tənzimlənməsində hər bir rədiarabitə xəttinin gücü müstəqil formada tənzimlənilir. Əlavə olaraq onu da qeyd etmək lazımdır ki, güc tənzimlənməsində tətbiq edilən alqoritmin nə dərəcədə çevik olması da önəm daşıyır [4]. Təklif olunmuşdur ki, radiovericinin gücü kifayət qədər yüksək olduqda SIR əsasında güc tənzimlənməsi zamanı qəbulədicidəki küyü nəzərə almamaq olar [2, 4,5,6,7]. Yekun olaraq deyə bilərik ki, bütün alqoritmlərin əsasını mobil stansiya tərəfindən aparılan ölçmələr nəticəsində müəyyən olunan SIR və SINR dəyərləri təşkil edir. Məqalənin məqsədi mobil rəditə sistemlərində radiovericilərin güclərinin idarə olunması və maneələrin bloklanması yolu ilə SIR və SINR nisbətlərinin tələb olunan qiymətlərinin azaldılmasından ibarətdir.

Məsələnin həlli.

1. Çoxantenalı veriliş və qəbulun tətbiqi ilə gücün artırılması. Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda tətbiq olunan və praktiki nəticələrlə yaxşı uzlaşan modellərə görə SIR/SINR baza stansiyasından olan məsafənin funksiyası onunla tərs mütənəsbidir. Başqa sözlə desək mobil stansiyalar baza stansiyadan uzaqlaşdıqca, SIR/SINR dəyərləri pisləşəcəkdir. Bu isə öz növbəsində MS-də olan radiovericinin şüalanma gücünün artırılmasına səbəb olacaqdır. Əks təqdirdə etibarlı rəditə və veriliş üçün tələb olunan minimal SIR/SINR nisbətləri və ya maneədayanıqlıq təmin edilə bilməyəcək. Əlavə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, baxılan sistemdə MS-yə başqa neçə MS-lər tərəfindən interferensiyaların təsir edəcəyi qabaqcadan bəlli olmur [4]. Digər tərəfdən veriliş zamanı kanalda baş verən sönmələr və əlavə interferensiya mənbələrindən qaynaqlanan maneələr də qabaqcadan məlum olmur.

Müxtəlif yollarla qəbul məntəqəsinə gəlib çatan siqnalların səviyyələri və başlanğıc fazaları fərqli olurlar. Bu siqnalları cəmləyərək daha güclü siqnal əldə etmək olar, lakin bunun üçün müxtəlif yollarla gəlib çatan siqnalların başlanğıc fazalarını eyniləşdirmək, daha sonra onları cəmləmək və bununla da sönmələrin təsirini azaltmaq mümkündür. Qabaqcadan qeyd edilməlidir ki, bu sürətli sönmələr olan kanalda yerinə yetirilə bilməz. Çünki sürətli sönmələr olan kanalda siqnalların başlanğıc fazalarını təyin etmək çətin olur. Siqnalın səviyyəsinin və deməli siqnal/küy nisbətinin artırılması məqsədilə mobil rəditə sistemlərində verici və qəbulədicini tərəfdə bir neçə antenadan istifadə edilə bilər [6]. Radioqəbulədicidə müxtəlif yollarla onun girişinə daxil olan siqnalların detektorlanması üçün çox zaman koherent detektorlamadan istifadə edilir [1, 5].

Müxtəlif qollardan gələn siqnalların fazaları eyniləşdirildikdən sonra cəmləyicidə toplanır. Müxtəlif qollardan qəbul edilmiş siqnalların cəmlənməsi nəticəsində $s(t)$ siqnalı $\alpha_\Sigma = \sum_i \alpha_i r_i$ qədər artırılmış olur, burada α_i cəmləyicidə tətbiq olunan vuruq, r_i – siqnalın modulu, i – qolların sayıdır.

Onda cəmləyicinin çıxışında siqnal/küy nisbətini tapırıq:

$$\gamma_\Sigma = \frac{(\sum_{i=1}^M \alpha_i r_i)^2}{\sum_{i=1}^M \alpha_i^2 N_0 B}.$$

Burada $N_0 B$ – küyün gücü, N_0 – küyün intensivliyi, B – kanalın buraxma zolağının enidir.

$\alpha_i = r_i$ olduqda cəmləyicinin çıxışındakı siqnal/küy nisbəti aşağıdakı kimi

hesablana bilər:

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{(\sum_{i=1}^M \alpha_i r_i)^2}{\sum_{i=1}^M \alpha_i^2 N_0 B} = \frac{(\sum_{i=1}^M r_i^2)^2}{N_0 B \sum_{i=1}^M r_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^M r_i^2}{N_0 B} = M\gamma.$$

Buradan aydın olur ki, çoxantənəli qəbul zamanı M sayda qollardan qəbulun aparılması və koherent cəmlənmə nəticəsində signal/küy nisbəti M dəfə artır.

2. Güclənmənin avtomatik tənzimlənməsinin SIR və SINR nisbətlərinin buraxıla bilən qiymətlərinə təsiri. Qeyd etmək lazımdır ki, baxılan sistemdə MS-yə digər MS-lər tərəfindən təsir edən interferensiyaların sayı və intensivliyi qabaqcadan bəlli olmur [3]. Digər tərəfdən signalın verilişi zamanı kanalda baş verən sönmələr və əlavə interferensiya mənbələrinə qaynaqlanan maneələrin də həm sayı, həm də səviyyəsi məlum deyil.

Mobil rabitə sistemlərində faydalı signal güclü olduqda güclənmənin avtomatik tənzimlənməsinin (GAT) tətbiqi ilə zəif maneələr bloklana bilər, signala təsir edən maneələrin sayı azalar. Bu halda GAT sxeminin təsiri ilə radioqəbuledicinin güclənmə əmsali azalır.

GAT tətbiq edildikdə radioqəbuledicinin çıxışına keçə bilən (bloklana bilməyən) maneələrin sayı belə hesablanabilir [7]:

$$N'_{ms} = N_{ms} \int_{P_{RQ0}}^{P_{RQmaks}} w(P_{RQ}) dP_{RQ}. \quad (1)$$

Burada N_{ms} – təsir edən maneələrin sayı, P_{RQ0} – radioqəbuledicinin həssaslığı, P_{RQmaks} – radioqəbuledicinin girişində signalın gücünün maksimal qiyməti, $w(P_{RQ})$ – bu gücün birölçülü ehtimal sıxlığıdır.

Buradan aydın olur ki, GAT-ın təsir səviyyəsini qiymətləndirmək üçün signalın (maneələrin) birölçülü ehtimal sıxlığını bilmək lazımdır. Reley kanalı üçün signalın gərginliyinin paylanması kvadratik çevrilməsi yolu ilə signalın gücünün ehtimal sıxlığı tərəfimizdən təyin olunmuşdur [7]:

$$w(P) = \frac{1}{2\sigma_1^2} e^{-P/2\sigma_1^2}; \quad P > 0. \quad (2)$$

Burada σ_1 – Reley paylanması parametridir.

(2) ifadəsini (1)-də nəzərə alaraq sadə riyazi çevirmələrdən sonra tapırıq:

$$N'_{mc} = N_{mc} (e^{-P_{RQ0}/2\sigma_1^2} - e^{-P_{RQmaks}/2\sigma_1^2}) = N_{mc} e^{-P_{RQ0}/2\sigma_1^2} \left(1 - e^{-\frac{1}{2\sigma_1^2}(P_{RQmaks}-P_{RQ0})} \right).$$

Sonuncu ifadə göstərir ki, GAT-ın təsiri nəticəsində radioqəbuledicinin çıxışına keçən maneələrin sayının azalması ilə SIR və ya SINR nisbətlərinin tələb olunan qiymətləri ilkin tələb olunan qiymətdən həmişə az olacaqdır.

3. Süni intellektin güc tənzimlənməsində tətbiqi imkanları. Süni intellekt maşınlar insan zəkasını təqlid etməyə imkan verən texnologiyadır. Süni intellektin əsas üstünlüklərindən biri kimi onu nümunələr əsasında öyrənmə bilməsi və dəqiq riyazi model olmadan qaydaların müəyyən etmə bacarığının olmasıdır [7]. Onun özəyini məlumatları

emal edən, düzülüşü ayırd edən və qərar qəbul edən və ya təxmin edən alqoritm və modellər təşkil edir [6]. Süni intellektin necə işləməsini başa düşməklə onun güc tənzimlənməsində tətbiqi imkanları haqqında fikir irəli sürmək olar. Bu baxımdan süni intellektlə bağlı bəzi anlayışları nəzərdən keçirmək faydalı ola bilər. Süni intellekt öyrənmək və qərarlar vermək üçün sonsuz miqdarda strukturlaşdırılmış (verilənlər bazası) və strukturlaşdırılmamış verilənlərə (məlumatlara) əsaslanır. Süni intellektin alt təşkiledicilərindən biri maşın öyrənməsi olub, verilənlər əsasında öyrənən və qərar qəbul edən və ya təxmin edən alqoritmlər üzərində dayanır. Bu tip alqoritmlər məlumatlar əsasında öyrənildiyindən, hər bir tapşırıq üçün onların proqlamlaşdırılmasına ehtiyac olmur. Maşın öyrənməsində məlumatın toplanması, emalı, funksiyanın formalaşdırılması, modelin öyrənilməsi və qiymətləndirilməsi kimi proseslər icra edilir ki, yekun olaraq formalaşdırılmış model yeni məlumatların analizi üçün hazır olur [5].

Maşın öyrənməsində aşağıdakı bir neçə yanaşma fərqləndirilir:

– **nəzarətli öyrənmə.** Alqoritm işarələnmiş datasetlərə təlimləndirilir. İşarələnmiş dataset dedikdə hər giriş datasına düzgün çıxış nəticəsi ilə uzlaşdırılmış cütlər nəzərdə tutulur. Alqoritm girişləri çıxışlara uzlaşdırmaqla bilinməyən məlumatlar əsasında təxmin və ya sinifləşdirmə aparır.

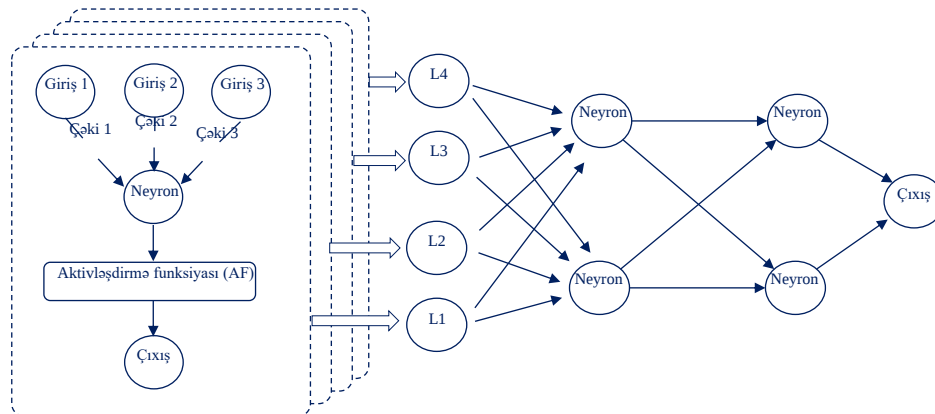
– **nəzarətsiz öyrənmə.** Alqoritm işarələnməmiş məlumatlarla təlimləndirilir, nəzarət olmadan oxşar məlumat nöqtələrini qruplaşdırmaqla verilənlərdəki düzülüşü və strukturu müəyyən edir.

– **gücləndirməklə öyrənmə.** Bu yanaşmada abonent tərəfindən hərəkətlər yerinə yetirilməklə ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqə qurmaq öyrənilir. Abonent vaxt keçdikcə öz kumulyativ dəyərləndirilməsini maksimum dərəcədə artırmağı öyrənir.

Maşın öyrənmə alqoritmlərinin, xüsusilə dərin öyrənmənin əsas komponenti neyron şəbəkələridir. Neyron şəbəkələr laylar şəklində formalaşdırılan bir-biri ilə əlaqəli süni neyronlardan ibarətdir (şəkil) [6]. Hər bir neyron giriş məlumatlarını işləyərək aktivləşdirmə funksiyası üçün uyğun giriş məlumatı formalaşdırır. Aktivləşdirmə funksiyası neyronun çıxış nəticəsi üçün sərhədləri müəyyən edən funksiyadır.

Süni intellektin işinin effektivliyini artırmaq üçün onu təlimləndirmək mümkündür. Bu proses zamanı süni intellekti test məlumatlarla qidalandırmaqla onun parametrlərinin iterativ şəkildə köklənməsi həyata keçirilir ki, nəticədə təxmin olunan və faktiki nəticə arasında fərq minimuma endirilir. Təlimləndirdikdən sonra süni intellekt yeni məlumatlarla bağlı təxminlər edə və ya qərar qəbul edə bilər. Güc tənzimləmə alqoritmlərinin prinsiplərindən də aydın olduğu kimi bu proses zamanı MS-lər ölçmələr aparır. Bu ölçmələrin nəticəsi kanalın cari vəziyyətindən, MS-nin hərəkətdə olub - olmamasından asılı olaraq dəyişə bilər.

Başqa sözlə desək, nəticələr çox sayda dəyişənlərin funksiyasıdır. Məsələn süni intellektin tətbiqi prizmasından baxdıqda həm dəyişənlər, həm də yekun nəticələr süni intellekt üçün verilənlər rolunu oynaya bilər və yuxarıda qeyd edildiyi kimi datasetlər formalaşdırıla bilər ki, onlar əsasında təxminlər edilə və ya qərar qəbul oluna bilər. Məlum olduğu kimi süni intellekt daha çox məlumat analiz edə bildiyindən, kanalın cari vəziyyəti, yüklənmə, rabitənin keyfiyyəti, interferensiya kimi bir çox dəyişənləri analiz etməklə MS üçün hansı güc səviyyəsinin seçilməsini müəyyənləşdirə bilər. Burada xüsusi olaraq qeyd edilməlidir ki, bu proses zamanı süni intellekt bir BS ərazisindəki bütün MS-lərdən gələn məlumatları birgə analiz etməklə güc tənzimləməsi zamanı bir MS-nin digərinə necə təsir edəcəyini də təxmin edə bilər.



Şəkil. Süni neyron şəbəkəsinin strukturu

Məlumdur ki, istifadəçi telefon rabitəsindən gün ərzində davamlı olaraq istifadə etmir. Digər tərəfdən günün müxtəlif vaxtlarında fərqli xidmətlərdən, məsələn, danışmaq, videoizləmə və ya yazışma xidmətlərindən istifadə edilir. Əlavə olaraq həm də qeyd etmək lazımdır ki, gün ərzində MS-nin yerdəyişməsi BS-nin əhatə zonası ilə müqayisədə nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olur. Nəzərə alınsa ki, Bakı şəhərində insanların böyük bir qismi günün əhəmiyyətli hissəsini ofis şəraitində keçirir, bu zaman onların mobil stansiyalarının demək olar ki, bir BS-nin əhatə zonasında olması ehtimalı yüksəkdir. İstisna hal kimi iki BS sərhəddində yerləşən ofisləri qeyd etmək lazımdır, çünki belə halda MS-nin stansiyalararası hərəkətliliyi davamlı olaraq mövcud olacaq.

Yuxarıda qeyd edilən məlumatları öyrənməklə süni intellekt nəzarətsiz öyrənmə üsulu ilə hər bir MS-nin davranış diaqramını müəyyən edə bilər. Ümumilikdə gün ərzində baş verən dəyişikliklər əsasında süni intellekt BS-nin əhatə zonasındakı elektormağnit mühitinin dinamikasını, interferensiyanın gün ərzində dəyişmə diaqramını müəyyən edə və növbəti gün üçün artıq müəyyən təxminlər və çevik qərarlar verə bilər.

Davranış diaqramı istifadəçilərin müxtəlif səviyyələr üzrə bölünməsi və onlara fərqli yanaşmaların tətbiq edilməsi baxımından da önəmlidir. Məhz çoxlu sayda verilənlərin mürəkkəb analizinin icrası ilə BS-nin ərazisində olan MS-nin birinin digərinə təsirini tənzimləmək və BS-nin ümumi buraxma qabiliyyətini artırmaq mümkün olur. Ənənəvi yanaşmada MS yalnız özü ilə bağlı olan ölçmələri icra edir. BS-nin ərazisində olan MS-lərin neyron şəbəkə formalaşdırmasını nəzərə alsaq, bu zaman baxılan MS digər MS-lərin də nəticələrini ölçmələr zamanı nəzərə ala bilər.

Nəticə. Mobil rabitə sistemlərində çoxantenalı qəbulun tətbiqi ilə M sayda qollardan qəbul olunan siqnalın koherent cəmlənməsi nəticəsində siqnal/küy nisbətinin M dəfə artdığı göstərilmişdir. Faydalı siqnalın səviyyəsi radioqəbuledicinin həssaslığından artıq olduqda GAT-ın təsiri nəticəsində radioqəbuledicinin çıxışına keçən maneələrin sayının azalması ilə SIR və ya SINR nisbətlərinin tələb olunan qiymətləri ilkin qiymətdən az olur. Süni intellekt nəzarətsiz öyrənmə üsulu ilə hər bir MS-nin davranış diaqramını, BS-nin əhatə zonasındakı elektormağnit mühitinin dinamikasını, interferensiyanın gün ərzində dəyişmə diaqramını müəyyən edə və növbəti gün üçün artıq müəyyən təxminlər və çevik qərarlar verə bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Chiang, M., Tan, C. Palomar, D., O'Neill, D., Julian, D. Power Control by Geometric Programming, // – IEEE Transactions on Wireless Communications, – 2007, v. 6, July, No. 7, – pp. 2640-2651.
2. Lee, J. W., Mazumdar, R. R., Shroff, N. B. Opportunistic power scheduling for dynamic multi-server wireless systems// – IEEE Transactions on Wireless Communications, – 2006, v. 5, June, No. 6, – pp.1506-1515. DOI: 10.1109/TWC.2006.1638671.
3. Foschini, G., Z. Miljanic, Z. A simple distributed autonomous power control algorithm and its convergence, // – IEEE Transactions on Vehicular Technology, – 2003, vol. 42, November, No. 4, – pp. 641-646.
4. Zander, J. Performance of optimum transmitter power control in cellular radio systems//– IEEE Transactions on Vehicular Technology, – 2008, vol. 41, Feb. No 1, – pp. 57-62. 8.
5. Goodman, D., Mandayam, N. Power control for wireless data// – IEEE Personal Communications, – 2010, vol. 7, April No. 2, – pp. 48-54, DOI: 10.1109/98.839331.
6. Saraydar, C.U., Mandayam, N.B., Goodman, D. J. Efficient power control via pricing in wireless data networks, // – IEEE Transactions on Communications, – 2002, vol. 50, Feb. No. 2, – pp. 291-303. DOI: 10.1109/26.983324..
7. Мамедов, И.Р., Агаев, Г.А. Анализ и оценка влияния радиопомех на качество приема при регулировке чувствительности // – Электросвязь, 2019, №3–с. 43-48.

И.Р.Мамедов, Э.М.Гусейнов

**Анализ алгоритмов управления мощностью радиопередатчиков
в системах мобильной связи**

Резюме

В статье исследуются возможности повышения мощности сигнала за счёт использования многоантенных схем передачи и приёма в системах мобильной связи, а также снижения минимально необходимых значений отношения сигнал/помеха и сигнал/помеха+шум путём применения схем автоматической регулировки усиления. Предложен подход к эффективному управлению мощностью радиопередатчиков на основе применения методов искусственного интеллекта.

I.R.Mammadov, E.M.Huseynov

**Analysis of power control algorithms of radio transmitters in mobile
communication systems**

Abstract

The article examines the possibilities of increasing signal power by using multi-antenna transmission and reception schemes in mobile communication systems, as well as reducing the minimum required values of the signal-to-noise and signal-to-noise+ratios by using automatic gain control schemes. An approach to effective control of radio transmitter power based on the use of artificial intelligence methods is proposed.

F.N.Abdullayev, A.A.Bayramov, S.S.Süleymanov
(Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzi)

SÜNİ İNTELLEKT ƏSASINDA PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ ATİŞİN MƏSAFƏDƏN İDARƏ OLUNMASI

Giriş. Son illərdə atəşin effektivliyini yüksəltmək üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərindən getdikcə daha çox istifadə olunmağa başlanılmışdır [1,2,3,4,5]. Eyni zamanda idarəetmə sistemlərində süni intellektin (Sİ) istifadəsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Mövcud metodlardan fərqli olaraq atəşə nəzarətin avtomatlaşdırılması sistemlərində süni intellektdən istifadə tələb olunan xüsusi atəş gücündən və dəyişən vəziyyətdən asılı olaraq müxtəlif çaplı silahlardan rəasional istifadə etməyə imkan verir. Dəyişən vəziyyəti nəzərə alınmaqla məhvetmə gücünə rəasional nəzarət süni intellektə əsaslanan PID-kontrolleri olan pilotsuz uçuş aparatından (PUA) istifadə etməklə həyata keçirilə bilər [6,7]. Təəssüf ki, bu mövzuda elmi işlərin əksəriyyəti alimlər üçün əlçatan olmamışdır. Mövcud ədəbiyyatdan əldə edilən minimal məlumat əsasında yalnız hansı atəşə nəzarət sistemlərinin mövcud olduğunu bilmək olar.

Məqalədə süni intellektə malik PUA-lardan istifadə etməklə işlənmiş atəşə məsafədən nəzarət kompleksi təqdim edilmişdir. İş Azərbaycan Respublikası Müdafiə Nazirliyinin tapşırığı əsasında həyata keçirilmiş, atəşə nəzarət üçün işlənmiş pilotsuz robotlaşmış kompleksə ətraf vəziyyətin qiymətləndirilməsi, məlumatların toplanması və emalı, planlaşdırma, qərar qəbul etmə və s. modullar daxil edilmişdir.

Atəşə nəzarətin avtomatlaşdırılması kompleksi. Mövcud atəşə nəzarət üsullarının əsas çatışmazlığı ondan ibarətdir ki, onlar atəş gücünə nəzarəti, eləcə də vəziyyətin dəyişkənliyini nəzərə almır: hədəfin hərəkəti, texniki vasitələrin sıradan çıxması, yeni hədəflərin əlavə olunması və s.

Mövcud metodlardan fərqli olaraq, atəşə nəzarətin avtomatlaşdırılması sistemlərində süni intellektin istifadəsi tələb olunan xüsusi atəş gücündən və dəyişən taktiki səviyyəli vəziyyətdən asılı olaraq müxtəlif çaplı silahlardan rəasional istifadə etməyə imkan verir. Dəyişən ətraf vəziyyəti nəzərə alaraq məhvetmə gücünə rəasional nəzarət süni intellektə əsaslanan PID kontrolleri olan pilotsuz uçuş aparatından istifadə etməklə əldə edilə bilər [7].

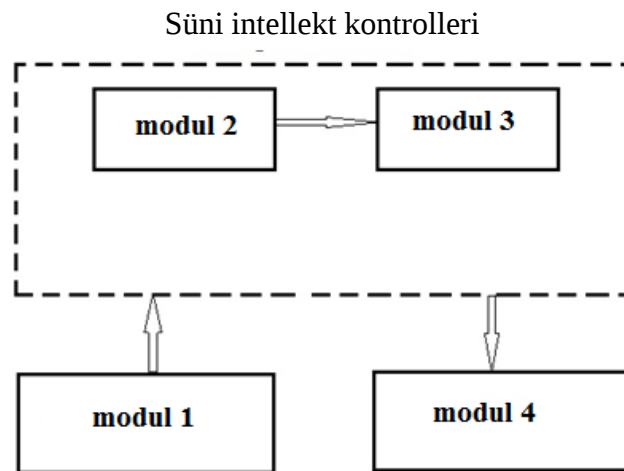
Şəkil 1-də PUA-dan istifadə etməklə atəşə nəzarət üçün intellektual kontrollerin idarəetmə arxitekturasının ümumi görünüşü verilmişdir. İntellektual sistemin idarəetmə kontrollerinin əsas komponentləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- 1 sensorlar modulunun köməyi ilə xarici mühitin vəziyyət parametrləri və müəyyən bir sistemə və ya prosesə təsir göstərə bilən tədqiq olunan hadisələr haqqında məlumat toplanır;

- 2 modulu o cümlədən daxil olan məlumatların emalı və inteqrasiyası, sensorlardan məlumatların sintezi, məntiqi nəticə və şərh, vəziyyətin tanınması, maneələrin tanınması, təhlükənin qiymətləndirilməsi funksiyalarını yerinə yetirir;

- 3 modulu əməliyyatın qiymətləndirilməsi, hərəkətlərin planlaşdırılması və korreksiyası (məsələn, PUA-nın uçuş rejimləri), missiyanın icrası planının hazırlanması, istisnalar, vəziyyətin monitorinqi üçün nəzərdə tutulmuşdur;

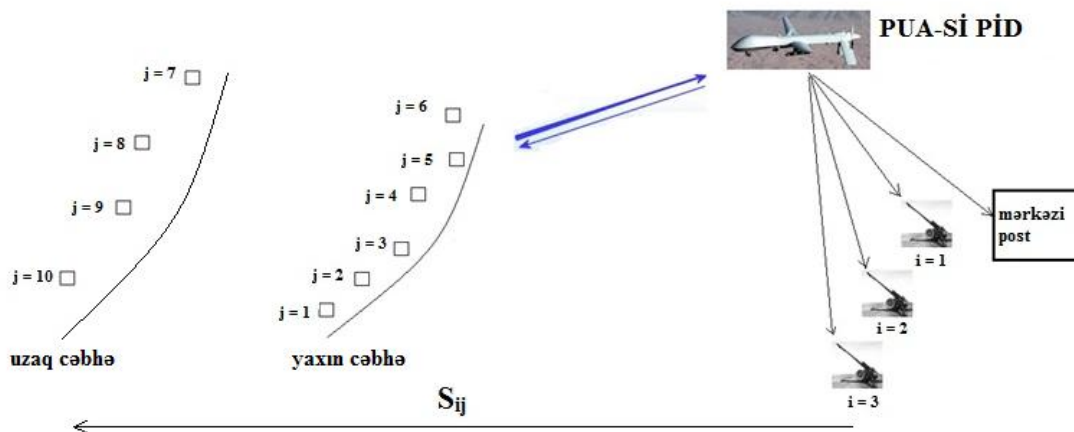
- 4 modulu kamera, avtopilot və digər avtonom kontrollerlərdə əməllər yaratmaq üçün sistemə daxil edilmişdir.



Şəkil 1. Atəşə nəzarət etmək üçün intellektual kontrollerin idarəetmə arxitekturası

Şəkil 2-də Sİ əsasında PUA-dan istifadə etməklə atəşə nəzarətin diaqramla təqdimatı verilmişdir. Bu nəzarətin prinsipini qısa olaraq aşağıdakı kimi təsvir etmək olar.

PUA yaxın və uzaq nəzarət zonasının kəşfiyyatını həyata keçirir, eyni zamanda gündəlik yerüstü kəşfiyyat məlumatlarından istifadə edir. “Yaxın” nəzarət xətti şərti olaraq $S_{ij} = 2 \div 5$ km, “uzaq” nəzarət xətti isə $S_{ij} = 15 \div 20$ km məsafədə yerləşir. PUA silahların növlərini təyin edir, onların əhəmiyyət kateqoriyalarını K müəyyənləşdirir.



Şəkil 2. Sİ əsasında PUA-dan istifadə etməklə atəşə nəzarət diaqramı

Əməliyyatın növündən asılı olaraq mütəxəssislər həmin K kateqoriyalara məxsus silah və avadanlığın K_s əhəmiyyətini müxtəlif dərəcədə qiymətləndirirlər (cədvəl 1) [8]. Müxtəlif kateqoriyaya aid silah və avadanlıqlar üçün cədvəldə göstərilən bu K_s - nin qiymətləri nisbi xarakter daşıyır, ekspertlərin rəyindən asılı olaraq onların qarşılıqlı nisbəti mənbələrə görə müxtəlif qiymətlər ala bilər.

Cədvəl 1. Silah kateqoriyasının əhəmiyyəti

Kateqoriyalar, K	Silah və avadanlığın adı	Kateqoriyaların əhəmiyyəti, K_s	
		Hücumda	Müdafiədə
I	Atıcı silah	3,3	3,7
II	Tank	100	94
III	BMP, BMD	69	71
IV	BTR, BRDM	36	30
V	TƏV (tank əleyhinə vasitə)	55	73
VI	Top	92	95
VII	YARS (yaylım artilleriya-raket sistemi)	95	99
VIII	Minaatan	48	55
IX	Helikopter	89	109
X	HHM (hava hücumundan müdafiə) vasitələri	44	56

Silah və avadanlığın əhəmiyyəti K_s yüksək olarsa, onun məhv edilməsi daha vacibdir və ilk növbədə sıradan çıxarmaq lazım gəlir. Bu prinsip işlənmiş kompleksin idarəetmə proqramına daxil edilmişdir.

PUA yaxın və uzaq məsafədə yerləşən hər bir hədəfə olan S_{ij} məsafəsini təyin edir. K_s və S_{ij} qiymətlərinə əsasən PUA qərarlar hazırlayır və həmin qərarları qərar qəbul edən məsul şəxslərə göndərir.

Süni intellektə malik PUA-lardan istifadə etməklə işlənilmiş pilotsuz atəşə nəzarət sisteminin əsas üstünlüyü ətraf mühitin (vəziyyətin), silahların növünün və onların əhəmiyyətlik kateqoriyasının çevik qiymətləndirilməsindən və hərbi obyektlərə qədər olan məsafənin qiymətləndirilməsi əsasında insanın müdaxiləsi olmadan sürətli qərar qəbul edilməsindən ibarətdir.

Atəşə nəzarətin avtomatlaşdırılması problemlərinin təhlilindən göründüyü kimi [9,10] mövcud və gələcək avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin taktiki səviyyədə inkişafı demək olar ki, həmişə məhdud sayda artilleriya sistemləri kontekstində həyata keçirilir. Buna görə də məsul şəxs üçün avtomatlaşdırılmış iş stansiyasının optimal sintezi probleminin ilk məqsəd funksionalı kimi onun tərkibinə daxil olan komponentlərin ümumi atəş gücündən istifadə etmək təklif olunmuşdur.

Bu optimallaşdırma problemi aşağıdakı məqsəd funksiyasından istifadə etməklə həll edilmişdir:

$$P_0 = \sum_{i=1}^{n1} P_1 \cdot x_{1i} + \sum_{i=1}^{n2} P_2 \cdot x_{2i} + \dots + \sum_{i=1}^{nm} P_m \cdot x_{mi} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Burada, P_1 – çapı 1 olan artilleriya qurğusunun atəş gücü (cədvəl 1), n_1 – çapı 1 olan artilleriya qurğularının sayı; P_2 – çapı 2 olan artilleriya qurğusunun atəş gücü, n_2 – çapı 2 olan artilleriya qurğularının sayı; P_m – çapı m olan artilleriya qurğusunun atəş gücü, n_m – çapı m olan artilleriya qurğularının sayı; x_{mi} – xüsusi komponentlərin seçimidir.

Beləliklə, düşmən artilleriya qurğularının P_e atəş gücünü bilərək və (1) funksiyasından istifadə etməklə, atəşi yatırmaq üçün lazımi minimum atəş gücünü (onların rəşional sayı) belə təxmin edə bilərik:

$$P_0 > P_e.$$

Bundan əlavə artilleriya sistemlərinin atəş gücündən rəşional istifadə etmək üçün dinamik güc metodu tətbiq oluna bilər [11].

Avtomatlaşdırılmış artilleriya atəşinə nəzarət etmək üçün pilotsuz bir kompleksin texniki vəziyyəti ilə bağlı məsələlərin aktual olduğunu nəzərə alsaq, avtomatlaşdırılmış kompleksin texniki vasitələrinin tərkibini seçmək üçün başqa bir meyar təklif etmək olar ki, bu da etibarlılıq göstəricisi, yəni cihazın nasazlığına qədər orta vaxtdan ibarətdir.

Avtomatlaşdırılmış kompleksin ən etibarsız elementini nəzərdən keçirək. Etibarlılığını artırmaq şərti ilə bu meyar belə yazıla bilər:

$$T = \min\{t_1, t_2 \dots t_k\} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Burada $t_1, t_2, \dots, t_k$ –avtomatlaşdırılmış kompleksin seçilmiş k komponentlərinin sıradan çıxması arasındakı orta vaxtdır.

Bu parametrlər $\{x_{ij}; i=1, n; j=1, m\}$ dəyişənlərinin mənası nəzərə alınmaqla və aşağıdakı (2) düsturundan istifadə etməklə belə hesablanı bilər:

$$t_1 = \sum_{j=1}^{n_1} T_{1,j} \cdot x_{1j}; \dots; t_k = \sum_{j=1}^{n_m} T_{k,j} \cdot x_{kj}.$$

Beləliklə, süni intellektə malik PUA-lardan istifadə etməklə işlənmiş pilotsuz artilleriya atəşinə məsafədən nəzarət kompleksi təqdim edilmişdir. İşlənmiş pilotsuz robotik kompleksə ətraf vəziyyətin qiymətləndirilməsi, məlumatların toplanması və emalı, planlaşdırma və qərar qəbulətmə və s. üçün sensor modullar daxil edilmişdir. Avtomatlaşdırılmış iş stansiyasının optimal sintezi problemini həll etmək üçün məqsəd funksiyası kimi onun tərkibinə daxil olan komponentlərin ümumi atəş gücündən istifadə etmək təklif olunmuşdur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. В.Н. Красильников, А.Н. Козар, В.С. Моисеев, О.В. Красильников. Переносные комплексы автоматизированного управления огнём артиллерии тактического звена. Казанское высшее артиллерийское командное училище. Казань, 2009. 144 с. ISBN 978-5-9222-0229-9

2. В. А. Левченко, М. Ю. Сергин, В. А. Иванов, Г. В. Зеленин. Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений. Тамбовский Государственный Технический Университет. Тамбов. 2004. 170 с.

3. Ольгин С.А., Григорьев А.С. Перспективные оптоэлектронные средства разведки, наблюдения и целеуказания для артиллерии / Зарубежное военное обозрение, № 9. – М.: Воениздат, 2004. – с. 32-35.

4. Комплекс управления огнем артиллерии «КАПУСТНИК БМЭ». <https://bte.by/katalog/tekhnika-sukhoputnykh-voysk/sistemy-upravleniya-ognem-tankov-i->

[bmp.html](#). Дата последнего обращения 20.05.2024.

5. Комплексы автоматизированного управления огнём артиллерии. <https://ru-artillery.livejournal.com/201348.html>. Дата последнего обращения 23.05.2024

6. S.S.Suleymanov, A.A. Bayramov. Artificial Intelligence Application for Unmanned Aerial Vehicle Navigation. Modeling, control and information technologies: Proceedings of VI International scientific and practical conference. November 9-11, 2023, Rivne, No. 6. pp. 21-24. doi.org/10.31713/MCIT.2023.004

7. S.S.Suleymanov, A.A. Bayramov. The fourth industrial revolution: application of artificial intelligence and fuzzy logic in UAV control based on the PID controllers. Proceedings of The 2nd International Scientific Conference "Sustainable development strategy: Global Trends, National Experience and New Goals". II vol. Mingachevir, 8-9 December 2023. pp. 56-58.

8. S.M.Babayev, E.N.Sabziev, A.A. Bayramov. Mathematical Formulation of Optimal Composition of the Mobile Tactical Groups During the Attack. IEEE Proceeding. 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). 792p, May 31 – June 2, 2017, Brno: University of Defence, 2017, Czech Republic. p.325-329.

9. Красильников В.Н., Зайдуллин С.С. Технология системной интеграции компонентов типовых программно-аппаратных комплексов / Теория и практика системной динамики // Материалы 2-й Всероссийской научной конференции. - Апатиты: ИИММТП, 2007. с. 27-29.

10. В.Н. Красильников, А.Н. Козар, В.С. Моисеев, О.В. Красильников. Переносные комплексы автоматизированного управления огнём артиллерии тактического звена. Казанское высшее артиллерийское командное училище. Казань, 2009. 144 с. ISBN 978-5-9222-0229-9

11. E.N. Sabziev, A.A. Bayramov, S.B. Babayev. Optimization of the tactical group composition with minimum manpower losses. Informatics and Control Problems. vol. 44, Is. 1 (2024). P.9-15. <https://doi.org/10.54381/icp.2024.1.02>

Ф.Н. Абдуллаев, А.А. Байрамов, С.С. Сулейманов

Дистанционное управление огнём с использованием беспилотных летательных аппаратов на основе искусственного интеллекта

Резюме

Представлен разработанный беспилотный комплекс дистанционного управления огнём с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащённых системой искусственного интеллекта. Комплекс включает модули сенсоров для оценки окружающей обстановки, сбора и обработки информации, планирования и принятия решений. Основным преимуществом предложенного робототехнического комплекса является способность к оперативному принятию решений без участия оператора, благодаря быстрому анализу окружающей среды и точной оценке расстояния до цели.

F.N.Abdullayev, A.A.Bayramov, S.S.Suleymanov

Remote fire control using AI-Powered Unmanned Aerial Vehicles

Abstract

The developed unmanned remote fire control system using unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with an artificial intelligence system is presented. The system includes sensor modules for assessing the environment, collecting and processing information, planning and decision-making. The main advantage of the proposed robotic system is the ability to quickly make decisions without operator participation, thanks to rapid analysis of the environment and accurate assessment of the distance to the target.

E.B.İsgəndərzadə, Ə.F.Əhmədov, Ö.A.Hüseynov, R.H.Ramazanov, N.Ş.Əbilova

(MAKA-nın Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutu)

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA KAMERA STEREOCÜTÜ VASİTƏSİLƏ ALINMIŞ TƏSVİRLƏRİN TƏHRİFİNİ AZALTMAQ ÜÇÜN PUA-NIN OPTİMAL UÇUŞ HÜNDÜRLÜYÜNÜN MÜƏYYƏNLƏŞDİRİLMƏSİ

Giriş. Mənbə [1]-də qeyd edildiyi kimi, PUA-dan istifadə nəzəri cəhətdən axtarış və kəşfiyyat əməliyyatlarının səmərəliliyini artırır, lakin operatorlar tərəfindən nəzarət tələb olunur. Avtomatlaşdırılmış PUA-nın meydana çıxması bir operatorun bir neçə PUA-ya nəzarətmə rejiminə keçməyi mümkün etmişdir. Bununla belə, operatorun bu cür fəaliyyəti kompleks və tanış olmayan ətraf mühitin təsirinə məruz qalır [2]. Mənbə [3]-ə görə axtarış və kəşfiyyatın avtomatik rejiminin effektivliyi məlumatların əldə edilməsinin kifayət qədər qiymətli və faydalılığı ilə izah olunur. Eyni zamanda axtarış-kəşfiyyat missiyası kəşfiyyatın aparıldığı yerlər, marşrutlar, müşahidələrin müddəti barədə məlumatlarla əvvəlcədən təmin olunmalıdır [4].

Mənbə [5]-də qeyd edildiyi kimi avtomatik aşkarlama və kəşfiyyat sistemləri üçün əsas məsələ müxtəlif anomaliyaları aşkar etməkdən, yəni ardıcıl müşahidələr arasındakı intervalda müşahidə olunan obyektlərdə dəyişikliklərin əmələ gəlməsi faktorundan ibarətdir. Bununla belə təsadüfi həndəsi təhriflər PUA-dan alınan təsvirlərin etibarsızlığına və qeyri-dəqiqliyinə gətirib çıxarır. Bu cür təhriflərə səbəb olan əsas səbəblərdən biri ekspozisiya zamanı kameranın irəli və yanlara doğru hərəkət etməsidir. Kameranın hərəkəti nəticəsində təsvirin təhriflərinin aradan qaldırılması məsələlərinə kifayət qədər mənbələrdə baxılmışdır [6,7,8]. Belə ki, mənbə [6]-da 3D kameranın hərəkətinin hesaba alınmasına baxılmışdır. Mənbə [7]-də təsvirin fəza-invariant təhrifinin aradan qaldırılması üçün dekonvolyusiya metodu nəzərdən keçirilmişdir. Mənbə [8]-də isə təsvirin bərpası üçün Bayesin interaktiv metodu təklif edilmişdir.

Mənbə [9]-a görə kamera səbəbindən təsvirin yaygınlığı aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

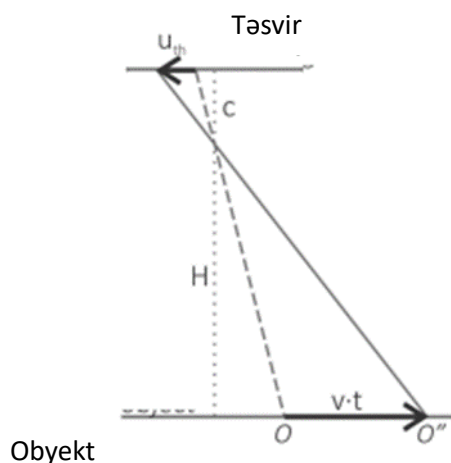
$$L = vt \frac{f}{ch} 10^3. \quad (1)$$

Burada L -hərəkətin uzunluğu (ölçüsü), piksellərlə; v - ekspozisiya zamanı kameranın hərəkətinin xətti sürəti, $km/saat$ -la; t - ekspozisiya müddəti; f - fokus məsafəsi; h - uçuşun hündürlüyü; c – kameranın piksel ölçüsüdür, mikronlarla.

(1) düsturunu daha sadələşdirilmiş şəkildə belə yazmaq olar [10]:

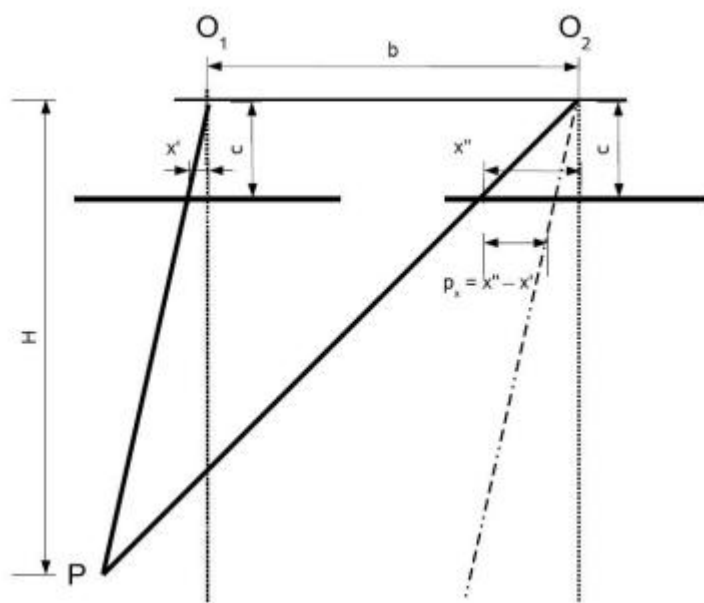
$$U_T = \frac{cvt}{H}. \quad (2)$$

Burada U_T - t ekspozisiya dövrü ərzində müşahidə olunan obyektin və ya kameranın hərəkəti nəticəsində təsvirin təhrifinin nəzəri qiyməti, H -uçuş hündürlüyü; c isə fokus məsafəsidir (şəkil 1). Daha sonra v - dən asılı olaraq H - ın qiymətinin optimal seçilməsi məsələsi də nəzərdən keçirilmişdir.



Şəkil 1. v sürəti ilə hərəkətdə olan kameranın və ya təsvirlərin yaratdığı təhriflərin əmələ gəlməsi prosesi

PUA-dan alınan məlumatın keyfiyyətini təmin etmək üçün vacib tədbirlərdən biri uçuş hündürlüyünün sabitliyini təmin etmək üçün stereocüt kameralardan istifadə edilməsidir. Stereocüt kameralarda parallaksın görünüşü şəkil 2-də sxematik şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 2. Stereocüt kameraların köməyiylə obyektin müşahidəsi zamanı parallaksın əmələ gəlməsi prosesi

Şəkil 2-dən göründüyü kimi, P obyektini müşahidə etmək üçün fokus məsafəsi c və baza məsafəsi b olan iki O_1 və O_2 kameralarından istifadə olunur. Bu zaman yaranan P_x parallaksı

$$P_x = x'' - x' \quad (3)$$

kimi müəyyən edilir.

Mənbə [10]-a əsasən σ_H və σ_{P_x} orta kvadratik meyillər arasında aşağıdakı münasibət doğrudur:

$$\sigma_H = \frac{H}{b} m \sigma_{P_x}. \quad (4)$$

Burada

$$m = \frac{H}{c} \quad (5)$$

m-miqyas əmsalıdır.

(4) və (5) ifadələrini nəzərə alsaq, alırıq:

$$\sigma_H = \frac{H^2}{bc} \sigma_{P_x}. \quad (6)$$

Baxılan halda işin məqsədi PUA-dan bir kamera ilə alınan təsvirlərdə minimal təhrif əldə etmək üçün H ilə v arasında və σ_H orta kvadratik meylin qiymətini azaltmaq üçün isə H və b arasında optimal münasibətin müəyyən edilməsindən ibarətdir.

Materiallar və metodlar. Birinci məsələnin həllini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, n sayda PUA uçuşları planlaşdırılır və icazə verilən H_j ; ($j = \overline{1, n}$) uçuş hündürlüklərinin sayı n -ə bərabərdir. Yəni, eyni zamanda

$$V = \{v_i\}, \quad (7)$$

$$J = \{H_j\} \quad (8)$$

çoxluqları nizamlıdır, başqa sözlə,

$$v_i = v_{i-1} + \Delta v; \Delta v = const; v_0 = 0; \quad (9)$$

$$H_j = H_{j-1} + \Delta H; \Delta H = const; H_0 = 0. \quad (10)$$

Elə

$$H_j = f(v_i) \quad (11)$$

optimal münasibəti müəyyən edilməlidir ki, təsvirin təhrifinin orta integral qiyməti minimuma çatsın. Aşağıdakı məhdudlaşdırıcı şərti qəbul edək:

$$\sum_{i=1}^n H_i = c_1; c_{1g} = const. \quad (12)$$

Yuxarıdakıları nəzərə alaraq baxılan məsələnin kəsilməz modelinə keçərək (9) ifadəsini belə yazırıq:

$$H = f(v). \quad (13)$$

(12) şərtini aşağıdakı kimi çevirək:

$$\int_0^{v_{max}} f(v) dv = c_{1H}; \quad c_{1H} = const. \quad (14)$$

(2) və (13) ifadələrini nəzərə alaraq məqsəd funksionalını F_1 kimi işarə edək:

$$F_1 = \int_0^{v_{max}} \frac{cvt}{f(v)} dv. \quad (15)$$

(14) və (15) ifadələrini nəzərə alsaq, şərtsiz variasiya optimallaşdırmasının F_{01} məqsəd funksionalını aşağıdakı kimi təyin edirik:

$$F_{01} = \int_0^{v_{max}} \frac{cvt}{f(v)} dv + \lambda_1 \left[\int_0^{v_{max}} f(v) dv - c_{1H} \right]. \quad (16)$$

Burada λ - laqranj vuruğudur.

Mənbə [11]-ə əsasən (16) məsələsinin həlli

$$\frac{d\left\{\frac{cvt}{f(v)} + \lambda f(v)\right\}}{df(v)} = 0 \quad (17)$$

şərtini ödəməlidir.

(17) şərtindən alırıq:

$$-\frac{cvt}{f^2(v)} + \lambda = 0. \quad (18)$$

(16) ifadəsindən tapırıq:

$$f(v) = \sqrt{\frac{cvt}{\lambda}}. \quad (19)$$

(14) və (19) ifadələrini nəzərə alsaq, alırıq:

$$\sqrt{\frac{ct}{\lambda}} \cdot \int_0^{v_{max}} \sqrt{v} dv = c_{1H}. \quad (20)$$

(20) bərabərliyindən tapırıq:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{\sqrt{ct} \cdot 2v_{max}^{\frac{3}{2}}}{c_{1H} \cdot 3} \quad (21)$$

və ya

$$\lambda = \frac{4ct}{9c_{1H}^2} v_{max}^3. \quad (22)$$

(19) və (22) ifadələrini nəzərə alaraq yekunda aşağıdakı ifadəni ala bilərik:

$$f(v) = \sqrt{\frac{9v c_{1H}^2}{4v_{max}^3}} = \frac{3}{2} \frac{c_{1H} \sqrt{v}}{v_{max}^{\frac{3}{2}}}. \quad (23)$$

Göstərmək olar ki, (23) həlli daxilində F_{01} funksionalı minimuma çatır, belə ki, (18) ifadəsinin $f(v)$ üzrə törəməsi həmişə müsbət kəmiyyətdir. (23) həllindən alırıq:

$$F_{01} = \int_0^{v_{max}} \frac{cvt v_{max}^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2} c_{1H} \sqrt{v}} dv = \frac{2ctv_{max}^{\frac{3}{2}}}{3c_{1H}} \int_0^{v_{max}} \sqrt{v} dv = \frac{2c_2 v_{max}^{\frac{3}{2}}}{3}. \quad (24)$$

Burada

$$c_2 = \frac{2}{3} ct v_{max}^{\frac{3}{2}}. \quad (25)$$

Beləliklə, təhrifin orta integral kəmiyyəti belə təyin edilə bilər:

$$U_{T.or} = \frac{2}{3} c_2 \sqrt{v_{max}}. \quad (26)$$

Birinci məsələni həll etmək üçün yuxarıda tətbiq olunan proseduru ikinci məsələnin şərtlərinə analoji təkrarlamaqla, baxılması üçün $b = \Psi(H)$ model funksiyasını belə təqdim edə bilərik:

$$\int_0^{H_{max}} \psi(H) dH = C_3; \quad C_3 = const. \quad (27)$$

Məhdudlaşdırma şərtlərini daxil edək:

(6) ifadəsinə nəzərə alaraq F_{02} məqsəd funksionalını

$$F_{02} = \int_0^{H_{max}} \frac{H^2}{\psi(H)} \cdot \frac{\sigma_{Px}}{c} dH \quad (28)$$

kimi təyin edək.

(27) və (28) ifadələrini nəzərə almaqla şərtsiz variasiya optimallaşdırmasının F_{03} funksionalını tərtib edək:

$$F_{03} = \int_0^{H_{max}} \frac{H^2}{\psi(H)} \cdot \frac{\sigma_{Px}}{c} dH + \lambda_2 \left[\int_0^{H_{max}} \psi(H) dH - C_3 \right]. \quad (29)$$

(29) məsələsinin həlli

$$\frac{d \left\{ \frac{H^2 \sigma_{Px}}{\psi(H)c} + \lambda_2 \psi(H) \right\}}{d\psi(H)} = 0 \quad (30)$$

şərtini ödəməlidir.

(30) şərtindən tapırıq:

$$\frac{H^2 \sigma_{P_x}}{\psi^2(H)C} + \lambda = 0. \quad (31)$$

(31) ifadəsindən yazı bilərik:

$$\psi^2(H) = \frac{H^2 \sigma_{P_x}}{\lambda C} \quad (32)$$

və ya

$$\psi(H) = H \sqrt{\frac{\sigma_{P_x}}{\lambda C}}. \quad (33)$$

(27) və (33)-ü nəzərə alaraq yazı bilərik:

$$\int_0^{H_{max}} H \sqrt{\frac{\sigma_{P_x}}{\lambda C}} dH = \sqrt{\frac{\sigma_{P_x}}{\lambda C}} \frac{H_{max}^2}{2} = C_3. \quad (34)$$

(34) ifadəsindən alırıq:

$$\lambda = \frac{\sigma_{P_x}}{C_3 C} \cdot \frac{H_{max}^4}{4}. \quad (35)$$

(33) və (34) ifadələrini nəzərə alsaq, yekun olaraq yazı bilərik:

$$\psi(H) = H \sqrt{\frac{C_3^4}{H_{max}^4}} = \frac{H}{H_{max}^2} \sqrt{C_3}. \quad (36)$$

Beləliklə, (36)-nın həlli zamanı F_{03} funksionalı minimuma çatır, çünki (31) funksiyasının $\psi(H)$ üzrə törəməsi həmişə müsbətdir. (36) ifadəsi nəzərə alınarsa, F_{03} funksionalı aşağıdakı kimi müəyyən edilə bilər:

$$F_{03} = \int_0^{H_{max}} \frac{H^2}{CH} \cdot \frac{\sigma_{P_x} H_{max}^2}{\sqrt{C_3}} dH = \int_0^{H_{max}} \frac{H}{C} \cdot \frac{\sigma_{P_x} H_{max}^2}{\sqrt{C_3}} dH = \frac{\sigma_{P_x} H_{max}^4}{2C\sqrt{C_3}}.$$

Bu halda σ_H orta integral kəmiyyəti

$$\sigma_{Hmin} = \frac{\sigma_{P_x} H_{max}^3}{2C\sqrt{C_3}}$$

kimi müəyyən edilir.

Müzakirələr. Beləliklə, iki optimallaşdırma məsələsinə baxılmış, təsvirin yekun təhrifinin minimuma çatdığı $H = f(v)$ funksiyası və σ_H orta integral kəmiyyətinin minimuma çatdığı $b = \psi(H)$ optimal funksiyası müəyyən edilmişdir. Göstərilən

məsələlərin həlli ilə PUA-lar əsasında axtarış və aşkarlama sistemlərinin keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmağa imkan verən analitik ifadələr əldə edilmişdir.

Nəticə. Təsvirin yekun təhrifinin minimuma çatması şərtləri tədqiq olunmuş, PUA-lar əsasında axtarış və aşkarlama sistemlərinin keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırmasına imkan verən optimal qarşılıqlı rejim münasibətləri müəyyənəndirilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Kingston D., Rasmussen S., Humphrey L. Automated UAV tasks for search and surveillance // 2016 IEEE conference on control applications (CCA) // September 19-22. 2016.
2. Cooke N. J., Pedersen H. K. Unmanned aerial vehicles // Handbook of aviation human factors. CRC Press. 2009.
3. Freed M., Harris R., Shafto M. Comparing methods for UAV-based autonomous surveillance // 2004 National conference on artificial intelligence.
4. Sacks S. Evaluation of police patrol patterns // Working papers. 2003. University of Connecticut, department of economics.
5. Zimek A., Schubert E. Outlier detection // Encyclopedia of database systems. Pp. 1-5. 2017.
6. Chabok M. Eliminating and modelling non-metric camera sensor distortions caused by sidewise and forward motion of the UAV // International Archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Vol. XL-1/W2. 2013.
7. Cannon M. Blind deconvolution of spatially invariant image blur with phase // IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process. 24(1). 1976. P. 58-63.
8. Richardson W. H. Bayesian-based iterative method of image restoration // J. Opt. Soc. Am. 62(1). 1972. P. 55-60.
9. Smith M. J., Cope E. The effects of temperature variations on single-lens-reflex digital camera calibration parameters // International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Vol. XXXVIII. Part 5. 2010. Commission V Symposium. Newcastle upon Tyne, UK.
10. Nasrullah A. R. Systematic analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) derived product quality. Thesis submitted to the Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation.

Э.Б.Искендерзаде, А.Ф.Ахмедов, О.А.Гусейнов, Р.Х.Рамазанов, Н.Ш.Абилова

Определение оптимальной высоты полета БПЛА для уменьшения искажений изображений, полученных камерами стереопар дистанционного зондирования

Резюме

Рассмотрены вопросы определения высоты полета БПЛА с учетом появляющегося смаза в формируемых стереопарой изображениях. Сформированы и решены две оптимизационные задачи: определение оптимальной зависимости высоты от скорости полета, при которой суммарный смаз изображения достигает

минимума и определение оптимальной зависимости режимного показателя b от высоты, при которой среднеинтегральная величина смаза достигает минимума. Определены оптимальные режимные соотношения, при которых удастся улучшить качественные и количественные показатели систем поиска и обнаружения на основе БПЛА.

E.B.Iskenderzadeh, A.F.Ahmadov, O.A.Huseynov, R.H.Ramazanov, N.Sh.Abilova

**Determining the optimal UAV flight altitude to reduce distortion of images
obtained by remote sensing stereopair cameras**

Abstract

The article considers the issues of determining the altitude of UAV flight taking into account the blur that appears in the images formed by a stereopair. Two optimization problems are formulated and solved: determining the optimal dependence of the altitude on the flight speed at which the total blurring of the image reaches a minimum and determining the optimal dependence of the regime indicator b on the altitude at which the average integral value of blurring reaches a minimum. Optimal regime ratios are determined at which it is possible to improve the qualitative and quantitative indicators of UAV-based search and detection systems.

K.Ə.Həsənova, N.Ə.Əliyeva, N.Ə.Kürdov
(MAKA-nın Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu)

TERMOVİZORLARIN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

Giriş. Hal-hazırda infraqırmızı diapazonda (3-5 mkm və 8-14 mkm) işləyən optik-elektron termovizor sistemləri sənayedə, hərbi texnikada, aviasiyada, mühafizə sistemlərində, kosmik tədqiqatlarda, tibb sahəsində, fəvqəladə hallarda geniş istifadə olunur. Bir çox hallarda termovizorlar infraqırmızı şüalar ilə uzaq məsafədən müxtəlif obyektləri aşkarlayır və təsvirini vizuallaşdırır. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən müddət istifadə edildikdən sonra termovizorun qəbuledicisi və elektron sisteminin elementlərinin parametrləri təhriflərə (xətalara) uğrayır. Bu səbəbdən termovizorların parametrlərinin korrektə olunması (dəqiqlik, xətanın minimuma endirilməsi), termovizorlardan alınan termogramlardakı obyektlərin temperaturlarının kəmiyyətə ölçülməsi zərurəti yaranır. Ölçmələr nəticəsində alınan məlumatların dürüstlüyünü təmin etmək üçün termovizorlar mütləq dərəcələnməlidir. Termovizor cihazları dərəcələndikdə görmə sahəsində alınan təsvirlərdəki qeyri-dəqiqliklər aşkar olunur və ölçü şkalasının göstəricilərinin yüksək dəqiqliyi təmin edilir. Belə dərəcələnmə prosedurları laboratoriya şəraitində aparıla bilər.

İşin yerinə yetirilmə mərhələləri. Infraqırmızı (İQ) diapazonlarda işləyən termovizorların, radiometrlərin və pirometrlərin dərəcələnməsi prosedurlarında etalon şüalandırıcı kimi mütləq qara cisim (MQC) modelindən istifadə olunur. Termovizorların dərəcələnməsi zamanı ətraf mühitin temperaturu, eləcə də termovizorun öz daxili hissələrinin temperaturu dəyişə bilər. Dərəcələnmə zamanı ətraf mühitin təsirindən başqa müəyyən faktorların təsirini də nəzərə almaq lazımdır. Belə ki, MQC-in sabit temperaturunda da termovizorun çıxış siqnalları dəyişir [1]. Buna görə də qeydiyyat zamanı termovizor siqnalının temperaturdan asılılıq xüsusiyyəti nəzərə alınmalıdır. MQC-in temperatur diapazonunun sabilliyinin təmin olunması üçün bəzi faktorlar araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, MQC-in temperatur diapazonunun sabilliyinin təmin edilməsi aşağıdakı bir neçə amildən asılıdır:

- MQC –in qida gərginliyi mümkün qədər sabit olmalıdır;
- MQC-in temperaturunu ölçən elektron termometrin çıxış siqnalı əvvəlcədən verilmiş gərginliklə müqayisə olunmalıdır ki, yaranmış fərq qızdırıcıya təsir edərək MQC –in temperaturunu sabit saxlasın.

Təyinatından asılı olaraq istehsal olunan MQC-in həndəsi ölçüləri, texniki xarakteristikaları, spektral diapazonları bir-birindən fərqlənir. Bununla əlaqədar müxtəlif mütləq qara cisimləri xarakterizə edən əsas parametrlər araşdırılmışdır. Bir çox hallarda MQC seçilərkən sadəliyə və etibarlılığa üstünlük verilmişdir. Müqayisəli analiz aparılaraq optimal variant olaraq verilmiş tələblərə uyğun olan ИАЧТ-80 (Паспорт БИ 1.00.01.00) имитатору (MQC şüalandırıcısı) seçilmişdir. Seçilmiş ИАЧТ-80 markalı şüalandırıcının görünüşü şəkil 1-də, parametrləri isə cədvəl 1-də göstərilmişdir.

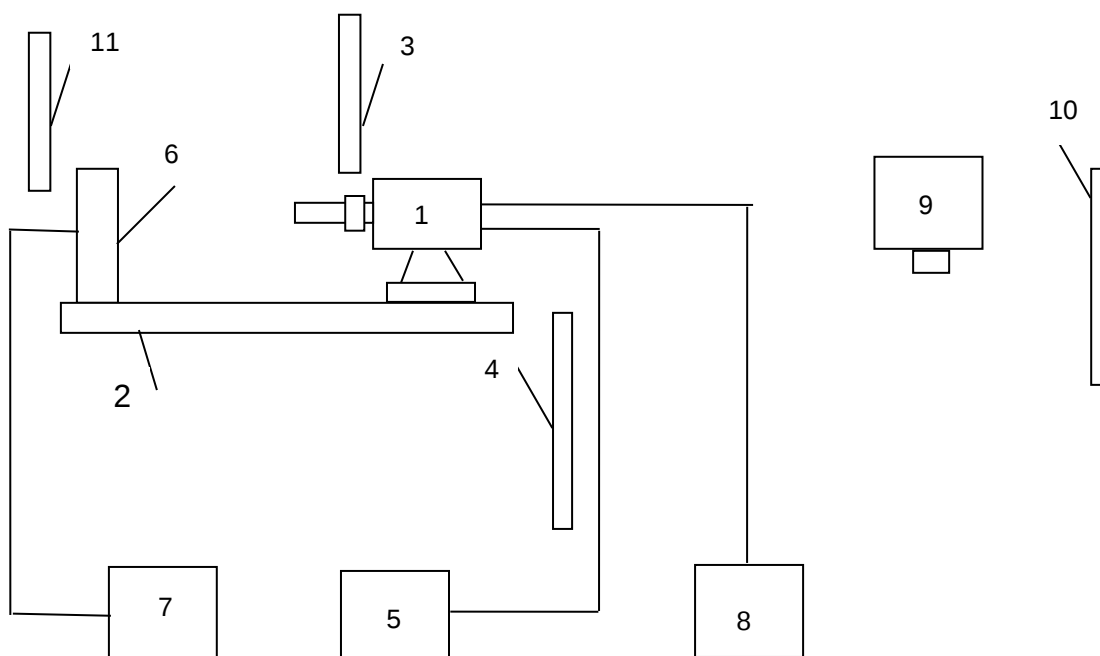


Şəkil 1. ИАЧТ-80 markalı MQC-in görünüşü

Cədvəl 1. ИАЧТ-80 markalı şüalandırıcısının parametrləri

Parametrlər	Kəmiyyət göstəriciləri
Etalon şüalandırıcının səthinin diametri, mm	80
Temperaturlar diapazonu, °C	+20 ÷ +60
Şüalanma qabiliyyəti, az olmayaraq	0,997
Bir stasionar rejimdən başqa rejimə keçmə müddəti, çox olmayaraq, dəqiqə	3
Stasionar rejimdə şüalandırıcının 15 dəqiqə ərzində temperatur dreyfi, çox olmayaraq, °C	± 0,1
Stasionar rejimə çıxış vaxtı, çox olmayaraq, dəqiqə	20
Temperatur dəyişikliyi, çox olmayaraq, °C	± 0,1
Temperaturun saxlanma xətası, çox olmayaraq, °C	± 0,1
İşçi səthdə temperatur düşməsi, çox olmayaraq, °C	0,5
Temperaturun əks olunması zamanı şüanın energetik qiyməti, °C	0,1
Verilmiş temperaturun 15 dəqiqə ərzində qeyri-stabil saxlanması, çox olmayaraq, °C	0,05
Saxlanılma temperaturu, °C	-30...+50
İstismar zamanı ətraf mühitin temperaturu, °C	25 ± 2
İstismar zamanı havanın nisbi rütubətliyi, çox olmayaraq, %	80
İstismar zamanı atmosfer təzyiqi, кПа	84 - 106

- hər dəfə temperatur stabilləşdikdən sonra termovizorun çıxışında müvafiq signal yaranır;
- bu signal həm voltmetrdə, həm də kompüterdə qeyd olunur;
- bu qeydlərə əsasən termovizorun dərəcələnmə qrafiki çəkilir;
- bununla da termovizorun çıxış siqnalları dərəcələnməmiş olur.



Şəkil 3. Laborator stendinin klassik variantda blok – sxemi: 1-termovizor; 2-termovizorun və MQC - in yerləşdirilməsi üçün optik skamya; 3- termovizorun obyektivinin temperaturunu ölçmək üçün termometr; 4- termovizorun korpusunun temperaturunu ölçmək üçün termometr; 5- termovizorun qida mənbəyi; 6- mütləq qara cisim; 7- mütləq qara cismin idarəetmə qurğusu və qida mənbəyi; 8- gərginliyin qeydə alınması üçün voltmetr; 9- fərdi kompüter; 10- ətraf mühitin temperaturunu ölçmək üçün termometr; 11- mütləq qara cismin temperaturunu ölçmək üçün termometr

Dərəcələnmə vaxtı aşağıdakılara nəzarət etmək lazımdır:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| - qida gərginlikləri, V | - ~ 220 Volt 50 Hz/2A; +12, ±15, +27; |
| - ətraf mühitin temperaturu, °C | - +20 - +25; |
| - ətraf havanın nisbi rütubəti, % | - 30 – 80; |
| - atmosfer təzyiqi, kPa | - 80 – 100 |

Nəticə. Məlum ölçü vasitələrində göstərilmiş materialların şüalanma əmsallarının qiymətləri real şəraitlərdə ölçmələrin böyük xətasına səbəb olduğu qeyd edilmişdir. Ardıcıl olaraq MQC və müşahidə olunan obyektin şüaları termovizorla ölçülərək fərqi klassik üsulla sorğu kitablarında qeyd olunur. Bu zaman məlum olur ki, eyni əmsalları müxtəlif şüa qəbuledicilərində istifadə etmək yolverilməzdir. Bu onunla izah edilir ki, müxtəlif materiallar üçün şüalanma əmsalının temperaturdan və dalğa uzunluğundan asılılığı müxtəlifdir. Məlum olmuşdur ki, bir çox materialların şüalanma əmsalı temperatur dəyişdikcə nəticə etibarı ilə 1,5 - 2 dəfə dəyişir.

Termovizorların dərəcələnmə xüsusiyyətlərini araşdıraraq belə nəticəyə gəlmək olur ki, temperatur ölçmələrinin metroloji vahidliyini təmin etmək üçün termovizor cihazları etalon şüalandırıcı olan mütləq qara cisimlərlə dərəcələnməlidir. Alınmış nəticələrdən müxtəlif sahələrdə işlədilən termovizorların dərəcələnməsi üçün istifadə oluna bilər.

Ədəbiyyat siyahısı

1. И. С. Гибин, П. Е. Котляр. Модели абсолютно черного тела (обзор).

УДК 621.396,538,9,681,7 Представлен обзорно-аналитический материал по инфракрасным источникам.

2. «МИРЭА- Российский технологический университет» РТУ МИРЭА Физико-технологический институт, Кафедра оптико-электронные приборы и системы по дисциплине «Лидарные системы экологического и кризисного мониторинга» 2020г.

К.А.Гасанова, Н.А. Алиева, Н.А.Курдов

Градуировка тепловизоров

Резюме

В работе рассматривается задача высокоточного определения параметров измерительной шкалы тепловизионных приборов.

K.A.Hasanova, N.A. Aliyeva, N.A.Kurdov

Grading of thermal imagers

Abstract

The paper considers the problem of high-precision determination of the parameters of the measuring scale of thermal imaging devices.

R.N.Nəbiyev, A.A.Abdullayev (Milli Aviasiya Akademiyası)

PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARI VASİTƏSİLƏ STRATEJİ OBYEKTŁƏRİN AXTARIŞI ÜSULLARI

Giriş. Dövlətlərin öz müdafiə və təhlükəsizlik qüdrətlərinin gücləndirməsi və təhlükəsizliklərinə zamanətin artırılması mülki və hərbi təyinatlı pilotsuz aviasiya komplekslərinin inkişafına böyük təkan vermişdir. 90-cı illərdən başlayaraq süni intellekt, radioelektron və rəqəmsal yüksək texnologiyaların inkişafı pilotsuz aviasiya komplekslərinin yaradılması və onların istehsalı istiqamətində tədqiqatların aparılması zərurətini qarşıya çıxarmışdır. Taktiki əməliyyat şəraitinə uyğun seçilmiş PUA kompleksləri ilə qarşıya qoyulmuş mülki və hərbi tapşırıqların (ətraf mühitin monitorinqi, xəritəçəkmə, kənd təsərrüfatı, havadan kəşfiyyatın aparılması, zərbələr endirilməsi, REM və REK və s.) yerinə yetirilmə şərtləri və tələbləri tapşırığın qoyulması mərhələsində formalaşır [1,2,3,4].

Əməliyyata aşağı orta və yüksək hündürlüklərdə uçmaq imkanına sahib olan fərqli uçuş davamiyyətli kiçik, orta və yüksək sürətli PUA-lar da cəlb edilir. Daha sonra əməliyyat taktiki şəraitə uyğun PUA-ların tətbiqi ilə havadan elektron-optik müşahidənin aparılması üçün meteoroloji vəziyyət dəyərləndirilir, dinamik və statik obyektlərin ehtimal olunan koordinatları peyk görüntüləri vasitəsi ilə dəqiqləşdirilir.

Bu məqsədlə hazırda istehsalçıların qarşısında orta və böyük ölçülü PUA-ların istehsalı və inkişafı ilə paralel olaraq uçuş sürəti aşağı salınmaqla idarə edilməsinin mümkünlüyü və maksimal qalxış çəkisində faydalı yükün (FY) kütlə faizinin yüksəldilməsi istiqamətində tendensiya davam etdirilir [5,6,7,8,9,10].

İşin məqsədi pilotsuz uçuş aparatları ilə strateji obyektlərin müşahidəsi zamanı axtarış üsullarının və tətbiqinin effektivliyinin qiymətləndirilməsindən ibarətdir.

PUA ilə müşahidə aparılan zaman effektivliyinin qiymətləndirilməsi. Havadan müşahidə aparılmasının əsas tapşırıqlarından biri baxılan ərazidə olan obyektlər haqqında kəşfiyyat məlumatlarının toplanılması, hədəfin axtarışı və izlənməsi, eləcə də nəzarət altında saxlanmasıdır. Maraqlı doğuran strateji obyektlərin axtarışı aşkar edilmə ehtimalından, hərəkətiliyindən, ölçüsündən, hədəf haqqında digər mənbələrdən əldə edilmiş kəşfiyyat məlumatlarının təhlilindən, yerləşmə yerindən və sıxlığından asılı olaraq həyata keçirilir [11,12,13,14,15].

Strateji obyektlərin axtarışının əsas üsulları aşağıdakılardır:

- müəyyən bir lokal ərazidə axtarış-müşahidə;
- maraqlı doğuran zonada axtarış;
- obyektlərin üzərindən uçmaqla axtarış;
- verilmiş nöqtəyə uçmaqla obyektin havadan müşahidəsinin aparılması;
- verilmiş bucaq sektorlarında obyektin axtarışı;
- verilmiş uçuş marşrutunda obyektin axtarışı.

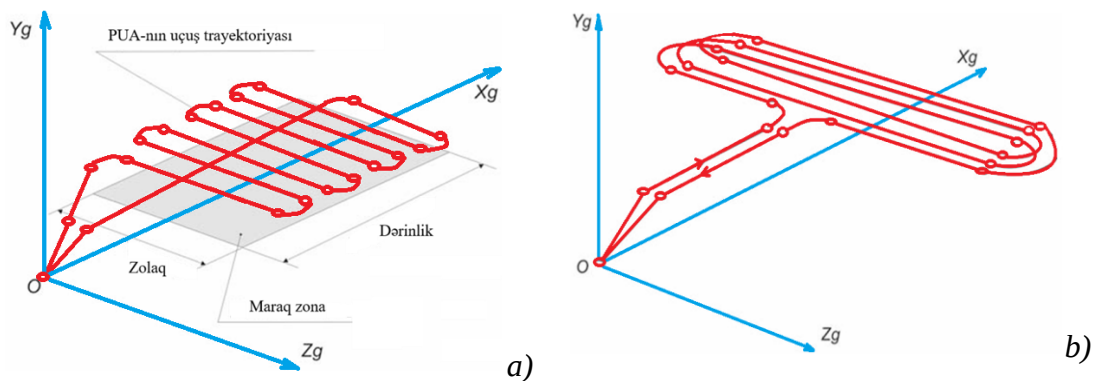
Müəyyən bir lokal ərazidə axtarış-müşahidə. Bu üsul taktiki və orta əməliyyat dərinliklərində tək və qrup halında olan hədəflərin, həmçinin Hərbi Dəniz Qüvvələrinin (HDQ) və yaxud sahil mühafizəsinin qayıq əleyhinə tapşırıqlarında və digər güc strukturlarının axtarış tədbirlərində istifadə olunur. Bu üsulun üstünlüyü müşahidənin

(kəşfiyyatın) planlaşdırılmasının nisbətən sadə, əldə olunmuş göstəricilərin digər PUA-ların nəticələri ilə birlikdə təhlilinin və analizinin asan olmasıdır. Uçuş uzaqlığına, uçuş müddətinə və enerji təminatına görə təsnifatlanmaya əsasən orta və böyük ölçülü PUA-ların uzaq məsafəyə uçmaq və ona geroskopik-stabilizasiya platformalı elektron-optik faydalı yükün integrasiya olunma imkanları əldə olunan nəticələrin keyfiyyətinin yüksəlməsinə səbəb olur [16,17,18,19,20].

Kəşfiyyat fəaliyyəti zamanı PUA ilə obyekt arasında məsafə az olduqda, gizliliyin təmin edilməsinin mürəkkəb olması bu üsulun əsas çatışmayan cəhətidir. Belə ki, Hava Hücumundan Müdafiə (HHM), Radioelektron Mübarizə və Radioelektron Kəşfiyyat (REM və REK) sistemlərinin aktiv fəaliyyəti şəraitində bu üsuldan istifadə etdikdə kəşfiyyat PUA-sının aşkar edilmə və zərərsizləşdirmə ehtimalı yüksək olur [15, 21] (şəkil 1).

Maraq doğuran zonada axtarış. Taktiki dərinliklərdə vəziyyətin müşahidə olunması üçün əsas kəşfiyyat üsulu hesab edilir. Bu zaman kəşfiyyat məlumatları canlı olaraq yerüstü idarəetmə stansiyasına (YİS) ötürülür. HHM sistemlərinin aktiv təsir sektoruna daxil olmadan məsafədən elektron-optik FY-dən istifadə etməklə ərazinin görüntüsünün əldə edilməsi təmin edilir. Lakin bu üsuldan istifadə edildikdə operatorun əməliyyat şəraitinə dair dəqiq məlumatları (yüksək ayırdetməli görüntü ilə təmin edilməsində) əldə etməsində çətinliklər yaranır.

Daha yaxşı nəticələr PUA-ların uzun müddətli uçuşları zamanı əldə olunur (20 saatdan artıq). Lakin bu halda PUA-nın uçuş sürətinin aşağı olması səbəbindən PUA-YİS arasında olan telemetriya və görüntü mübadiləsinin (Tx, Rs) aşkar edilməsi və nəticədə PUA-nın REM və REK vasitələrinin təsirinə məruz qalmasına səbəb olur (şəkil 1).

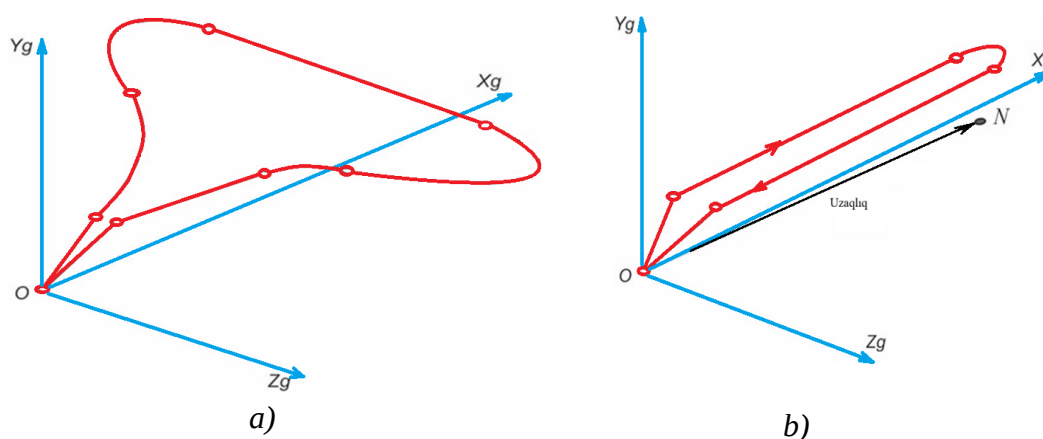


Şəkil 1. Obyektlərin PUA ilə axtarış üsullarının sxematik təqdimatı: a) müəyyən bir lokal ərazidə, b) maraq doğuran zonada axtarış

Obyektlərin üzərindən uçmaqla axtarış. Gizlilik və aşağı aşkaredilmənin təmin edildiyi üçün bu üsul ən effektiv üsullardan biri sayılır. Burada məlumatların real vaxtda mübadiləsi vacibdir. Bir qayda olaraq bu üsuldan HHM vasitələrinin aktiv fəaliyyəti zamanı istifadə olunur. Əməliyyat və strateji dərinliklərə uçan zaman passiv kəşfiyyat vasitələrindən (elektron-optik, REK) istifadə edildikdə PUA-nın itirilmə riski aşağı olur. Hədəf axtarışının bu üsulu PUA-larda aparılan hava kəşfiyyatı üçün texniki cəhətdən ən vacibidir. Bu üsul öz geniş tətbiqini RTK, nəzarət-müşahidə kəşfiyyatı və sərhəq təhlükəsizliyinin təşkilində keçirilən fəaliyyətlərdə tapmışdır. Bu üsulun tətbiqi zamanı

müahidə olunan sektorun düz xəttliliyi epizodik xarakterli olur ki, bu da müəyyən hallarda informasiyanın aktuallığının itirilməsinə səbəb olur. Əlaqə kanallarının PUA-nı kəşfiyyat vasitələri üçün asan hədəf edə bilməsi bu üsulun çatışmayan cəhətləri kimi xarakterizə olunur (şəkil 2) [22,23,24,25].

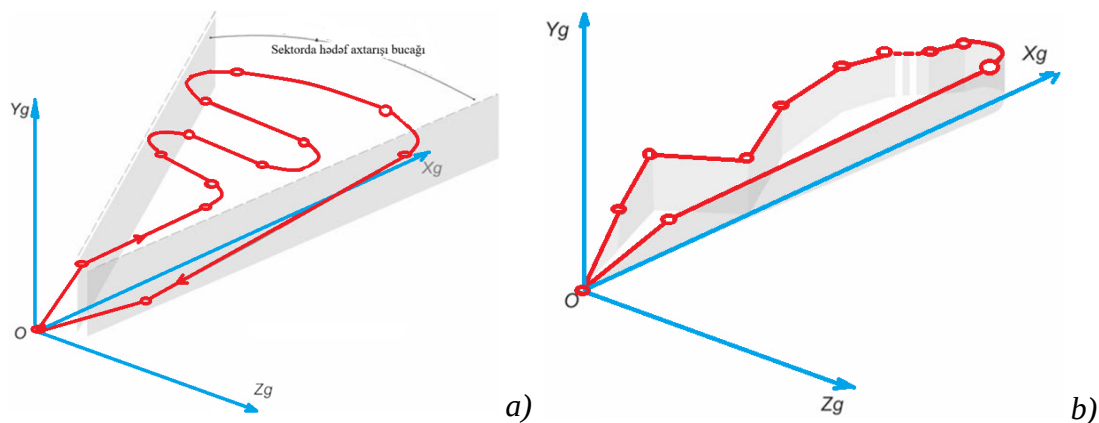
Verilmiş nöqtəyə uçmaqla obyektin havadan müşahidəsinin aparılması (şəkil 2). Bu üsul təkrar yoxlama kəşfiyyatında konkret obyektlərin döyüş düzümü dərinliyində verilmiş nöqtəyə çıxışı və onu ötüb keçməklə kəşfiyyatın aparılması üçün istifadə olunur. Hədəfin koordinatları məlum olduqda və onun vəziyyətinin dəqiqləşdirilməsi tapşırığı qarşıya qoyulduqda bu üsuldən geniş istifadə olunur. Kəşfiyyat zamanı gizlilik və görünməzlik təmin edilir. Bu üsulun çatışmayan cəhəti qəbul edilən məlumatın az həcmli (konkret) olmasıdır. Hədəf axtarışının bu üsulu PUA ilə hava kəşfiyyatının aparılması üçün texniki cəhətdən ən əlverişlisidir.



Şəkil 2. Obyektlərin PUA ilə axtarış üsullarının sxematik təqdimatı: a) obyektlərin üzərindən uçmaqla axtarış, b) verilmiş nöqtəyə uçmaqla obyektin havadan müşahidəsinin aparılması

Verilmiş bucaq sektorlarında obyektin axtarışı. Axtarışın bu üsulu hərəkətli və məhdud hərəkətli obyektlərin digər aviasiya növləri ilə birgə kəşfiyyatı üçün istifadə olunur. Düşmən ərazisində fəaliyyət zonasından uzaq məsafələrdə və maraq doğuran obyektin təxmin olunan yerləşmə yeri məlum olmadıqda istifadə olunur. Bu üsulda maraqlı olan ərazi ayrı-ayrı sektorlara bölünür və hər bir sektorda tapşırığı ayrı-ayrı PUA-lar yerinə yetirir. Maraqlı olan müşahidə sektorunun qısa olduğu hallarda bu üsul yüksək effektivlik nümayiş etdirir (şəkil 3).

Verilmiş uçuş marşrutunda obyektin axtarışı. Coğrafi mövqedən asılı olaraq bir və ya bir qrup obyektlərin yerləşməsi və hərəkət istiqaməti haqqında ilkin məlumat olan halda aşağı hündürlüklərdə obyektlərin müşahidəsində bu üsuldən istifadə etmək əlverişlidir. Obyektin axtarışı və müşahidəsi zamanı PUA-nın bütün marşrutu aralıq nöqtələrə bölünür. Havadan kəşfiyyatın aparılması zamanı əsasən yüksək uçuş davamiyyətinə malik PUA-dan istifadə etmək məsləhət görülür (şəkil 3) [15, 26-30].



Şəkil 3. Obyektlərin PUA ilə axtarış üsullarının sxematik təqdimatı: a) verilmiş bucaq sektorlarında, b) verilmiş uçuş marşrutunda

Kəşfiyyat tapşırıqlarının icrası zamanı PUA-nın tətbiqinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi. İlk növbədə havadan müşahidə aparmağın effektivlik meyarları müəyyənəndirilmişdir. Hava kəşfiyyatı kompleksinin əsas effektiv tətbiq meyarlarına qüvvə və vasitələrin nisbi effektivliyi və hava kəşfiyyatının keçirilmə maraqları daxil edilmişdir:

$$U = \frac{W_K}{W}. \quad (1)$$

Burada W_K , W - hava kəşfiyyatı məlumatlarından istifadə etməklə və istifadə etmədən təyin edilmiş tapşırığın yerinə yetirilmə ehtimalıdır.

Bununla belə praktikada qüvvə və vasitələrin effektivliyinin nisbi qiymətini müəyyən etmək olduqca çətindir. Çünki hər iki hal üçün qüvvə və vasitələrin effektivliyini təyin etmək böyük həcmdə axtarışlar tələb edir. Kəşfiyyat vasitələrinin effektivliyini müəyyən etmək üçün aşağıda qeyd olunan meyarlardan istifadə olunur:

- tapşırığın kəşfiyyat PUA-sı ilə yerinə yetirilmə ehtimalı;
- tapşırığın yerinə yetirilmə qiyməti;
- görüntünün əldə edilmə qiyməti.

Kəşfiyyat PUA-sı ilə tapşırığın yerinə yetirilmə ehtimalı aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$K_T = K_{IYOE} * K_{MTAQE} * K_{Məlumat} * K_{AEE}. \quad (2)$$

Burada K_T - kəşfiyyat PUA-sı ilə tapşırığın yerinə yetirilmə ehtimalı, K_{IYOE} - PUA-nın tam uçuş müddətində istismara yararlı olma ehtimalı və ya nasazlıq olmadan işləmə ehtimalı, K_{MTAQE} - faydalı yükün tətbiq zonasına və yaxud bu zonaya yaxınlaşdıqda mənfi təsirlərin aradan qaldırılma ehtimalıdır [31,32,33,34].

Hərbi təyinatlı PUA-lar üçün $K_{MTAQE} = K_{HHM}$ (düşmənin HHM qüvvələrinin təsirinin aradan qaldırılması ehtimalı) ödənilir, K_{MTAQE} ehtimalı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$K_{MTAQE} = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i * t_{ni}}. \quad (3)$$

Burada λ_i – əlverişsiz i -ci amilin effektiv təsir intensivliyi, λ_{ni} – əlverişsiz i -amilin birbaşa təsiri sahəsində PUA-nın keçirdiyi vaxtdır.

$K_{Məlumat}$ – PUA-nın elektron-optik müşahidə görüntülərinin əldə edilməsindən istifadəçiyə ötürülməsinə qədər keçən müddət ərzində aktuallığını itirməməsi ehtimalı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$K_{Məlumat} = e^{-\frac{Z_{MAÖV}}{Z_{OHP}}} . \quad (4)$$

Burada $Z_{MAÖV}$ - məlumatların aşkarlanması və ötürülməsi vaxtı (operatorun ekran sahəsində hədəfi aşkar etmə, müəyyən etmə və koordinatlarını təyin etmə vaxtlarının cəmi), $\frac{1}{Z_{OHP}}$ - obyektin hərəkətilik parametridir (Z_{OHP} - kəşfiyyat obyektinin müəyyən bir yerdə statik vəziyyətdə olmasının orta vaxtıdır).

K_{AEE} - bir ədəd kəşfiyyat obyektinin FY-nin baxış sahəsində aşkar edilmə ehtimalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$K_{AEE} = \frac{F_{BS}}{F_S} . \quad (5)$$

Burada F_{BS} - bir uçuşda PUA ilə müşahidə aparılan ərazinin sahəsi, F_S – döyüş tapşırığının icrası zamanı hədəfi axtarmaq üçün axtarış keçirilən yerin ümumi sahəsidir.

Müşahidənin yerinə yetirilməsinin dəyəri bir tapşırığı yerinə yetirmək üçün çəkilən xərclərin cəmi kimi müəyyən edilir.

$$MYYD_{1T} = \frac{D_{UA}}{n_T} + D_{\Delta X} + D_{YMX} . \quad (6)$$

Burada D_{UA} – uçuş aparatının qiyməti, n_T – PUA tətbiqlərinin təqribi sayı, $D_{\Delta X}$ - bir uçuşu təmin etmək üçün sərf olunan əlavə resurs və xərclər (mühərrik, servoötürücü və s.), D_{YMX} - yanacaq və material xərclərinin (yanacaq-sürtkü materialları, texniki qazlar və s.) qiymətidir [15, 35,36,37,38,39].

Yer səthinin təyin edilmiş sahəsindən müşahidə aparmaqla məlumatın əldə edilməsinin dəyəri universal bir spesifik meyar olmaqla hər bir kəşfiyyat PUA-sının sağ qalma imkanını, qiymətini və faydalı yükün imkanlarını nəzərə alaraq tətbiqinin effektivliyi aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$D_M^- = \frac{MYYD_{1T}}{K_T * F_{\Sigma}^1} . \quad (7)$$

Burada F_{Σ}^1 - 1 uçuşda PUA ilə müşahidə aparılan yer səthinin ümumi baxış sahəsidir.

PUA-nın havadan müşahidəsinin effektivliyi. Optimallaşdırma hesablatlarında vahid sahədən əldə olunan müşahidə məlumatlarına çəkilən xərclərin müqayisəsini əsas meyar kimi götürmək məqsədəuyğundur. Bu zaman kəşfiyyat komplekslərinin effektivliyi üçün bütün digər meyarlar tam şəkildə nəzərə alınmalıdır. Bu meyarlara daxil edilmiş komponentlərin qiymətlərinin müəyyən edilməsi hər bir PUA-nın uçuş rejimləri və hündürlükləri nəzərə alınmaqla aparılır. Belə ki, PUA-nın üstünlüklərinin müəyyən olunması uçuş rejimi və uçuş hündürlüklərinin hesabı ilə yerinə yetirilir.

Hərəkətli hədəfin yer səthinin düzənlik, açıq ərazilərində aşkar olunması mümkündür. Lakin digər mürəkkəb şəraitlərdə yer səthində olan bu tip komponentlərin aşkarlanması müəyyən çətinliklərlə bağlıdır. Təhlillərə əsasən müəyyən edilmişdir ki, kəşfiyyat PUA-sı ilə tapşırığın yerinə yetirilmə ehtimalı (K_T) PUA vasitəsi ilə FY-nin

baxış sahəsində bir ədəd kəşfiyyat obyektinin aşkar edilmə ehtimalı ilə (K_{AEE}) xarakterizə olunur.

Nəticə. Göstərilmişdir ki, PUA vasitəsi ilə strateji obyektlərin axtarışı və aşkar edilmə ehtimalı obyekt haqqında digər mənbələrdən əldə edilmiş kəşfiyyat məlumatlarının təhlilindən, hərəkətliyiindən, ölçüsündən, yerləşmə yerindən, eləcə də müşahidə aparılan ərazinin tərkib sıxlığından və obyektlərin mövcudluğundan asılı olaraq həyata keçirilir. Müşahidə zamanı PUA ilə obyekt arasında məsafə az olduqda gizliliyin təmin edilməsi mürəkkəbləşir və fəaliyyətin müvəffəqiyyətlə sona çatması PUA idarə edən pilot-operatorun peşəkarlığından asılı olur. Müşahidə tapşırığı planlanan zaman müşahidə aparılan ərazinin coğrafi relyefinin, meteoroloji vəziyyətin və uzaqlığın, eləcə də PUA-nın vizual, akustik və termal aşkaredilmə göstəricilərinin kompleks şəkildə nəzərə alınmasının zəruriliyi qeyd edilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. R.N. Nəbiyev and A.A. Abdullayev. About convertiplane type UAV: current situation and perspectives. *Scien. Jour. Nati. Aviat. Acad.*, Vol 22, №3-4, 2020. pp. 14-26. <https://doi.org/10.34826/NAA.2020.23.3.004>
2. A.A. Abdullayev. Tendency development of UAVs tilt-rotor type. *Tendencii razvitiya nauki i obrozovaniya*, №63/07/2020, Vol 1, Samara, pp. 84-90. <https://doi.org/10.18411/lj-07-2020-21>
3. K.İ. Kuant. (2022) Determination of aerodynamic characteristics of fixed-wing unmanned aerial vehicle by analytical techniques. *Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics*, 78, 112 – 124. <https://doi.org/10.17223/1998821/78/9>
4. R.N. Nəbiyev and A.A. Abdullayev. About convertiplane type unmanned aerial vehicles: current situation and perspectives. *Estestbennie i texniceskie nauki. M.*, №3 (154), 2021, pp. 146-162, doi: 10.25633/ETN.2021.03.13
5. D.Magdalena and T. Piotr et.al. Hybrid Fuel Cell - Battery System as a Main Power Unit for Small Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8 (2013) 8442 - 8463.
6. R.N. Nəbiyev, G.I. Garayev and A.A. Abdullayev. Conceptual functional design of hybrid energy source of unmanned convertiplane. *Proceedings of the IOP Conference Series: Conference Scopos. Materials Science and Engineering*. 862, 022043, 2020, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/2/022043>
7. Torres, L.G., Nieukirk, S.L. et.al. Drone up! Quantifying whale behavior from a new perspective improves observational capacity. *Front. Mar. Sci.* 2018, 5, 319. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00319>
8. R.N. Nəbiyev, A.A. Abdullayev and G.İ. Garayev. Structural drafting of convertiplane-type unmanned aerial vehicle. *Norwegian Journal of development of the International Science*, №94, 2022, pp. 45-51, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7198424>
9. R.N. Nəbiyev, A.A. Abdullayev, et.al. Determination of the center of gravity of an unmanned aerial vehicle of a tiltrotor type. *İzvestiya SfedU. Engineering sciences*, № 5 (229), 2022, pp.258-268, DOI 10.18522/2311-3103-2022-5-258-268
10. Evans, I.; Jones, T.H.; Pang, K.; et.al. Use of drone technology as a tool for behavioral research: A case study of crocodilian nesting. *Herpetol. Conserv. Biol.* 2015, 10, 90–98.

11. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev et.al. Requirements for UAVs on multi-rotational basis. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. 2018. № 9, pp. 3-11, DOI: 10.25791/aviakosmos.09.2018.166
12. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, et.al. Comparative analysis the features of the lithium-based accumulator batteries. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. № 9. 2019, pp. 42-55. DOI: 10.25791/aviakosmos.09.2019.867
13. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev and G.İ. Garayev. Processing a Conceptual Functional Diagram of an Unmanned Convertiplane With a Hybrid Energy Source. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. №5. 2021, pp. 03-18, DOI: 10.25791/aviakosmos.5.2021.1217
14. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev et.al. Analysis of the features of hydrogen as an energy source. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. 2021. № 3. pp. 41-58. DOI: 10.25791/aviakosmos.3.2021.1211
15. Rastopcin V.V. Elementarnie osnovie ocenki effektivnosti primeneniya bespilotnix avioconnix sistem dlya vozdushnoy razvedki. [Electronic resource]: www.uav.ru, 2006. 15 c.
16. R.N. Nabiyev and A.A. Abdullayev. Research of the basic aerodynamic parameters of the unmanned aircraft planer of convertoplan type. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. № 4, 2022, pp. 17-33, DOI: 10.25791/aviakosmos.4.2022.1274
17. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, et.al. Structural drafting of convertiplane-type UAV. Jour. Aeros. Instru.-Mak., M. № 6. 2022, pp. 03-13, DOI: 10.25791/aviakosmos.6.2022.1281
18. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, et.al. The project of an UAV of the tiltrotor type. Scien. Jour. Nati. Aviation Academy, Vol 24, №1, 2022. pp. 1-10. doi: 10.34826/NAA.2022.24.1.002
19. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, et.al. Determination of the center of gravity of an UAV of a tiltrotor type. Scien. Jour. Nati. Aviation Academy Vol. 24. №4. 2022. pp. 1-8, doi: 10.34826/NAA.2022.24.4.002
20. Nabiyev R.N., Abdullayev A.A., Garayev G.I. Inter. Scien. Confe. Energy Management of Municipal Facilities and Environmental Technologies (EMMFT-2024) E3S Web of Conf. Vol. 592, 06024 (2024), DOI: 10.1051/e3sconf/202459206024
21. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev, et.al. On-board control and measuring complex for small-sized convertiplane unmanned aerial vehicles type Scien. Jour. Nati. Aviation Academy, Vol 25, №4, 2023. pp. 1-12. <https://doi.org/10.30546/EMNAA.2023.25.4.1>
22. Fang, Z.; Savkin, A.V. Strategies for Optimized UAV Surveillance in Various Tasks and Scenarios: A Review. Drones 2024, 8, 193. <https://doi.org/10.3390/drones8050193>
23. Sykora-Bodie, S.T.; Bezy, V.; et.al. Quantifying nearshore sea turtle densities: Applications of UASs for population assessments. Sci. Rep. 2017, 7, 17690. DOI: 10.1038/s41598-017-17719-x
24. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev and G.İ. Garayev. (2024) On-board control-measurement system for micro convertiplane-type unmanned aerial vehicles. Eurasian Physical Technical Journal. 21, 2(48), 61-69. <https://doi.org/10.31489/2024No2/61-69>
25. Rastopcin V.V., Dmitriev M.L. Primenenie cifrovix opticeskix sistem dlya bespilotnix apparatov // [Electronic resource]: <http://uav.ru/articles/opteq_uav.pdf>.

26. Linchant, J.; Lisein, J.; et.al. Are unmanned aircraft systems (UAS s) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Rev.* 2015, 45, 239–252.
27. Maddern W., Pascoe G., et.al. Real-time Kinematic Ground Truth for the Oxford RobotCar Dataset. [Electronic resource].
28. Groves, P.A.; Alcorn, B.; Wiest, et.al. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys. *Facets* 2016, 1, 187–204. <https://doi.org/10.1139/facets-2016-0019>
29. R.N. Nabiyev, A.A. Abdullayev and G.İ. Garayev. Study of flight-technical parameters of convertoplan-type unmanned micro aircraft in multicopter mode. *Scien. Jour. Nati. Aviation Academy*, Vol 26, №1, 2024. pp. 17-29. <https://doi.org/10.30546/JNAA.2024.26.1.17>
30. E.Evqeniy. Bepilotnie letetelnoe apparati i zashita qranic. [Electronic resource]. <http://uav.ru/articles/granitsa.pdf>.
31. Hu, S., Yuan, X. Visual Camouflage and Online Trajectory Planning for UAV-Based Disguised Video Surveillance: Recent Advances and a Case Study. *IEEE Veh. Technol. Mag.* 2023, 18, 48–57. DOI: [10.1109/MVT.2023.3263329](https://doi.org/10.1109/MVT.2023.3263329)
32. Kiszka, J.J., Mourier, J. et.al. Using UAVs to investigate shark and ray densities in a shallow coral lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2016, 560, 237–242. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps11945>
33. Sweeney, K.L., Helker, V.T. et.al. Flying beneath the clouds at the edge of the world: Using a hexacopter to supplement abundance surveys of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *J. Unmanned Veh. Syst.* 2015, 4, 70–81. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0010>
34. Chrétien, L.P.; Théau, J.; Ménard, P. Visible and thermal infrared remote sensing for the detection of white-tailed deer using an unmanned aerial system. *Wildl. Soc. Bull.* 2016, 40, 181–191. <https://doi.org/10.1002/wsb.629>
35. Wich, S., Dellatore, D. et.al. A preliminary assessment of using conservation drones for Sumatran orang-utan (*Pongo abelii*) distribution and density. *J. Unma. Veh. Syst.* 2015, 4, 45–52. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0015>
36. Win KoKoOo, Hla MyoTun et.al. “Design of vertical take-off and landing aircraft system”. *Interna. jour. of scien. & techno. rese..* Vol. 6, issue 04.04. 2017 ISSN 2277-8616. p.179-183.
37. A.A. Abdullayev. Accumulator batteries and fuel elements. *Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency*. Vol 24, №3 (24), 2021, pp. 61-69.
38. A.A. Abdullayev. Selection of hybrid power sources and propulsion systems for hybrid tiltrotor-type unmanned aerial vehicles. *Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency*. Vol 25, №1 (25), 2022. pp. 47-55.
39. A.A. Abdullayev. Flight study of VTOL micro UAV in different flight modes with on-board control-measurement system. *International Conference on Artificial intelligence: from theory (AICON-2024)*, 17-18 september 2024, Nakhchvan, Azerbaijan. pp. 271-277. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14031849>

Р.Н. Набиев, А.А.Абдуллаев

Методы поиска стратегических объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов

Резюме

Представлены методы оценки эффективности поиска и наблюдения за стратегическими объектами с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Показано, что для достижения успешного результата в первую очередь необходимо учитывать опыт оператора, управляющего БПЛА, оперативные условия на момент планирования миссии, метеорологическую обстановку и особенности района проведения наблюдения. Определены ключевые критерии эффективности воздушного наблюдения, приведены прикладные методы расчёта площади наблюдаемой территории за один полёт, стоимости выполнения миссии и получения информации с заданного участка поверхности. Отмечено, что определение преимуществ применения БПЛА связано с выбором оптимальных режимов и высот полёта.

R.N.Nabiyev, A.A.Abdullayev

Methods of searching for strategic objects using unmanned aerial vehicles

Abstract

Methods for assessing the effectiveness of search and surveillance of strategic objects using unmanned aerial vehicles (UAVs) are presented. It is shown that in order to achieve a successful result, it is necessary to first of all take into account the experience of the operator controlling the UAV, operational conditions at the time of mission planning, meteorological conditions and features of the observation area. Key criteria for the effectiveness of aerial surveillance are defined, applied methods for calculating the area of the territory observed in one flight, the cost of completing the mission and obtaining information from a given surface area are given. It is noted that determining the advantages of using UAVs is associated with the choice of optimal flight modes and altitudes.

CİHAZQAYIRMA ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

S.F.Şükürlü, S.M.Qasımlı (Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosu)

SƏNAYE ROBOTLARI: NƏİLİYYƏTLƏR, PROBLEMLƏR VƏ HƏLLƏR

Müasir dövrdə sənayenin avtomatlaşdırılması sürətlə həyata keçirilir, məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının səmərəliliyi, dəqiqliyi və təhlükəsizliyi artırılaraq müasir istehsal proseslərinin ayrılmaz hissəsinə çevrilir və onların tətbiqi istehsal sənayesini dəyişdirir [1]. Belə robotlar uzaq məsafədən idarə oluna və izlənilə bilər, beləliklə, istehsal sənayesində daha yüksək dəqiqlik və səmərəliliyə imkan verir. Sənaye robotları istehsal və sənaye parametrlərinə görə materialların işlənilməsi, montaj, rəngləmə və qaynaq da daxil olmaqla müxtəlif fəaliyyətləri avtomatlaşdırmaq üçün istifadə olunan sistemlərdir. Bu robotlar istehsal sənayesində inqilab edərək məhsuldarlığı artırır və məsrəfləri azaldaraq məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırır. Məsafədən idarə olunan robotlar artan məhsuldarlıq, təkmilləşdirilmiş dəqiqlik və insanlar üçün daha təhlükəsiz iş mühiti kimi bir sıra üstünlüklər təklif etdiyinə görə sənaye şəraitində mühüm alətə çevrilmişdir [2]. Əşyaların interneti, bulud hesablamaları və süni intellekt kimi qabaqcıl texnologiyaların ortaya çıxması məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının inkişafını daha da asanlaşdırır [3]. Bu robotlar uzaq məsafədən idarə oluna və izlənilə bilər ki, bu da işçilərə onları təhlükəsiz idarə etməyə imkan verir [4,5,6,7].

Robot texnologiyasındakı irəliləyişlər, o cümlədən sensorlar, aktuatorlar və idarəetmə sistemlərindəki təkmilləşdirmələr sayəsində sənaye robotlarının inkişafı mümkün olmuşdur. Bu robotlar yüksək dərəcədə proqramlaşdırıla bilər, onlara geniş spektrli tapşırıqları dəqiq və sürətlə yerinə yetirməyə imkan verir, sərt və təhlükəli mühitlərdə işləyə bilər, işçilərin xəsarət alma riskini azaldır.

Məsafədən idarə olunan sənaye robotları konsepsiyası 1940-cı illərin əvvəllərinə, İkinci Dünya Müharibəsi zamanı ilk məsafədən idarə olunmaqla bombanın zərərsizləşdirmə robotlarının işlənilib hazırlanması dövrünə təsadüf edir [8]. Belə erkən robotlar dizayn baxımından sadə olmuş, kabellər və qollar vasitəsilə idarə edilmişlər. Müharibə bitdikdən sonra məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının inkişafı davam etdirilmiş və ilk sənaye robotları 1960-cı illərdə hazırlanmışdır [9]. Bu robotlar ilk növbədə avtomobil sənayesində nöqtəli qaynaq üçün istifadə olunmuş və bərk simli sistemlərlə idarə edilmişlər.

1980-ci illərdə mikroprosessorların və kompüter dəstəkli dizayn (CAD) sistemlərinin tətbiqi ilə məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının inkişafı daha da sürətlənmişdir [10]. Belə texnologiyalardan istifadə təkmilləşdirilmiş idarəetmə sistemləri və yüksək dəqiqliyə malik daha mürəkkəb robotların hazırlanmasına imkan vermişdir. Bundan əlavə simsiz rabitə sistemlərinin inkişafı robotların məsafədən işləməsinə təmin etmiş və beləliklə, onların çoxfunksionalılığı artmışdır.

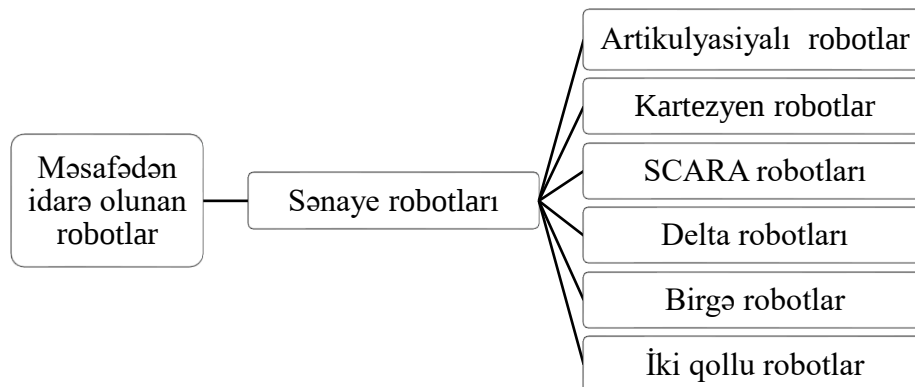
Məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının tarixi sənaye avtomatlaşdırmasının digər formaları ilə müqayisədə nisbətən qısa olsa da, onların tətbiqi istehsal sənayesinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Belə robotlar istehsal proseslərində daha yüksək dəqiqliyə, səmərəliliyə və təhlükəsizliyə imkan yaradır, nəticədə məhsulun keyfiyyəti

yaxşılaşır və istehsal xərcləri azalır [1]. Bundan əlavə məsafədən idarə olunan robotlar təhlükəli işlərin avtomatlaşdırılmasına imkan yaradır, bununla da işçilərin təhlükəsizliyini təmin edir və iş yerində qəza riskini azaldır [12]. Məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının davamlı inkişafının gələcək illərdə istehsal sənayesini daha da dəyişdirəcəyi gözlənilir (şəkil 1).



Şəkil 1. Sənaye robotları istehsal sahəsində

Sənaye robotlarının əsas növləri aşağıda təqdim olunmuşdur (şəkil 2) [13]:



Şəkil 2. Sənaye robotlarının növləri

- **artikulyasiyalı robotlar** [14]. Bu robotlarda yüksək sərbəstlik dərəcəsi ilə hərəkət etməyə imkan verən fırlanan birləşmələr vardır. Onlar adətən qaynaq, rəngləmə və materialların işlənilməsi kimi tətbiqlərdə istifadə olunur;

- **kartezyen robotlar** [15]. Bu robotlar üç ox (X, Y və Z) boyunca xətti şəkildə hərəkət edir. Onlar tez-tez seçmə və yerləşdirmə əməliyyatları, montaj kimi tətbiqlərdə istifadə olunur;

- **SCARA robotları** [16]. Seçici Uyğunluq Assambleyası Robot Qolu (SCARA) robotları yüksək dəqiqlik və təkrarlanma qabiliyyətinə malik olmaq üçün nəzərdə tutulub. Tez-tez elektronikanın yığılması və qablaşdırılması kimi tətbiqlərdə istifadə olunur;

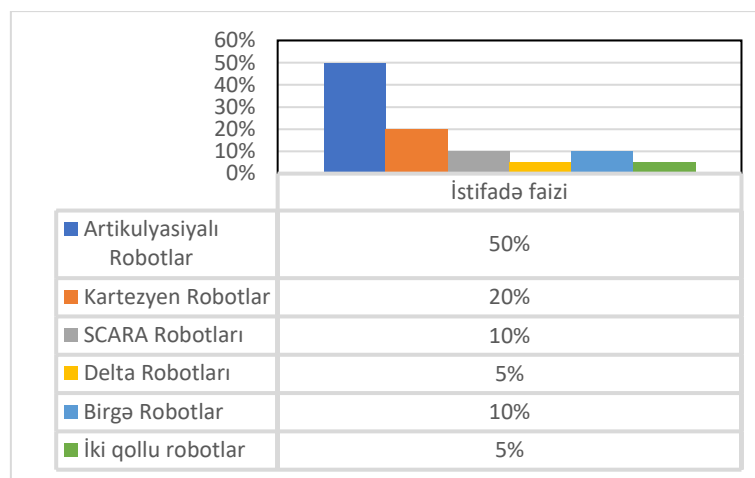
- **Delta robotları** [17]. Bu robotlar mərkəzi platformaya bərkidilmiş üç qola malikdirlər. Onlar tez-tez qablaşdırma və qida emalı kimi tətbiqlərdə istifadə olunurlar;

- **Birgə robotlar** [15]. Bu robotlar insanlarla birgə işləmək üçün nəzərdə tutulub, toqquşmaların və digər qəzaların qarşısını almaq üçün sensorlar və təhlükəsizlik funksiyaları ilə təchiz olunmuşlar. Onlar tez-tez montaj və materialların işlənməsi kimi tətbiqlərdə istifadə olunur.

- **iki qollu robotlar** [18]. Bu robotların tapşırıqları yerinə yetirmək üçün müstəqil və ya birlikdə işləyə bilən iki qolu vardır. Onlar tez-tez montaj və materialların işlənməsi kimi tətbiqlərdə istifadə olunur.

Araşdırmalardan məlum olur ki, sənaye robotlarının istifadəsi illər ərzində əhəmiyyətli dərəcədə artmış, özünəməxsus imkanlara və üstünlüklərə malik müxtəlif növ robotlar istifadəyə verilmişdir.

Aşağıda dünya üzrə altı növ sənaye robotundan istifadə faizləri təqribi rəqəmlərlə göstərilmişdir. Faiz göstəriciləri müxtəlif mənbələrdən alınmış statistik məlumatlara əsaslanır və mənbədən asılı olaraq bir qədər dəyişə bilər (şəkil 3).



Şəkil 3. Sənaye robotlarının dünya üzrə təqribi istifadə faizi

Artikulyasiyalı robotlar sənaye robotlarının ən çox istifadə edilən növüdür və ümumi istifadənin təxminən 50%-ni təşkil edir (şəkil 4). Artikulyasiyalı robotlar çoxfunksiyalıdır və mürəkkəb hərəkətləri yerinə yetirə bilər ki, bu da onları montaj, materialların idarə edilməsi və qaynaq tətbiqləri üçün ideal edir [19].

Portal robotları kimi də tanınan Kartezyen robotlar ümumi istifadənin təxminən 20%-ni təşkil edir (şəkil 5). Kartezyen robotlar materialın daşınması, seçilməsi, yerləşdirilməsi və qablaşdırma kimi düz xətt üzrə və ya əvvəlcədən müəyyən edilmiş yolda dəqiq hərəkətlər tələb edən tətbiqlər üçün idealdır.

Selective Compliance Assembly Robot Arm (SCARA) söz birləşməsindən əmələ gələn robotları ümumi istifadənin təxminən 10%-ni təşkil edir. SCARA robotları yığma və materialla işləmə kimi yüksək sürətli, təkrar və dəqiq hərəkətlər tələb edən proqramlar üçün ən uyğundur (şəkil 6).

Delta robotları ümumi istifadənin təxminən 5%-ni təşkil edir. Bu robotlar yüksək sürətli tətbiqlər üçün nəzərdə tutulub. Adətən qida və içki sənayesində qablaşdırma və götür-qoy tətbiqləri üçün istifadə olunur (şəkil 7).

Kobotlar kimi də tanınan birgə robotlar ümumi istifadənin təxminən 10%-ni təşkil edir. Bu robotlar insan işçilərlə birlikdə təhlükəsiz və səmərəli işləmək üçün nəzərdə

tutulmuşdur. Bu da onları montaj və yoxlama kimi işlərdə insanlar və robotlar arasında əməkdaşlıq tələb edən tətbiqlər üçün ideal hala gətirir (şəkil 8).

İki qollu robotlar ümumi istifadənin təxminən 5%-ni təşkil edir. Bu da onları montaj və materialla işləmə kimi mürəkkəb hərəkətlər və koordinasiya tələb edən tətbiqlər üçün ideal edir (şəkil 9).



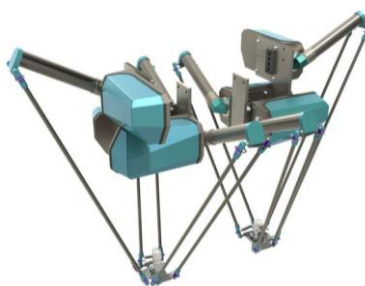
Şəkil 4. Artikulyasiyalı robotlar



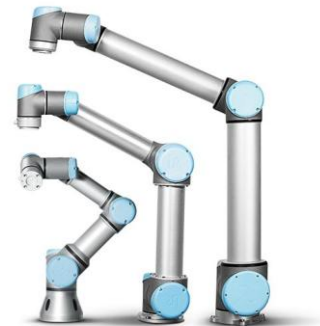
Şəkil 5. Kartezyen robotlar



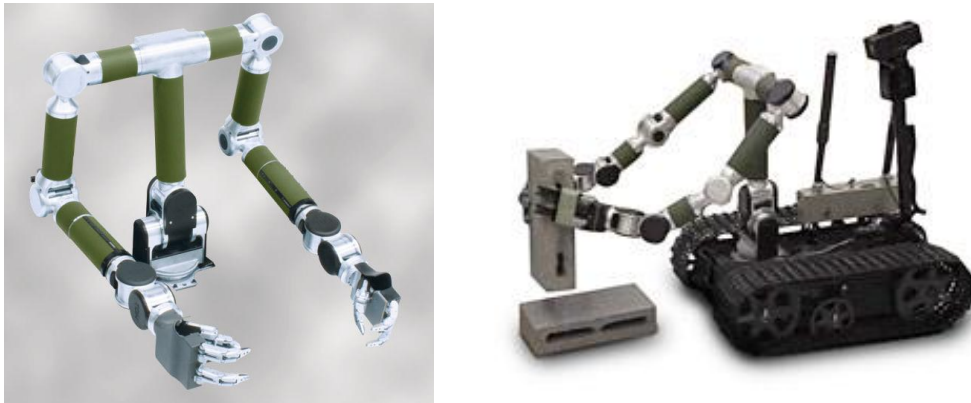
Şəkil 6. SCARA robotu



Şəkil 7. Delta robotu



Şəkil 8. Birgə robotlar



Şəkil 9. İki qollu robotlar

Təqdim olunan məlumatlar sənaye sahələrinin ehtiyac və tələblərinə ən yaxşı uyğun gələn robot növünü seçərkən əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə kömək edə bilər [20,21,22,23,24,25].

Araşdırma nəticəsində məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının əsas nailiyyətlərini və üstünlüklərini aşağıdakı kimi şərh etmək olar:

1. Artan səmərəlilik. Məsafədən idarə olunan sənaye robotları tapşırıqları sadələşdirmək və avtomatlaşdırmaqla istehsal və digər sənaye proseslərinin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır. Bu robotlar 24/7 fasiləsiz işləyə bilər ki, bu da daha yüksək məhsuldarlığa səbəb olur.

2. Təkmilləşdirilmiş təhlükəsizlik. Məsafədən idarə olunan sənaye robotları insanlar üçün təhlükəli və ya zərərli olan işləri yerinə yetirə bilər. Bu vəzifələri yerinə yetirmək üçün robotlardan istifadə etməklə şirkətlər iş yerində xəsarət alma və ya ölüm riskini azalda bilər.

3. Təkmilləşdirilmiş keyfiyyət. Robotlar öz işlərində dəqiq və ardıcıl olmaqla istehsal proseslərində səhvlərin və uyğunsuzluqların olma ehtimalını azaldır, daha keyfiyyətli və daha az qüsurlu məhsulların istehsalı ilə nəticələnir.

4. Xərclərə qənaət. Məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının istifadəsi şirkətlər üçün əhəmiyyətli xərclərə qənaət etməyə səbəb ola bilər. Tapşırıqları avtomatlaşdırmaqla şirkətlər əmək xərclərini azalda, həmçinin materiallara, enerjiyə və digər resurslara qənaət edə bilərlər.

5. Artırılmış çeviklik. Məsafədən idarə olunan sənaye robotları müxtəlif vəzifələri yerinə yetirmək üçün asanlıqla proqramlaşdırıla bilər ki, bu da onları dəyişən istehsal ehtiyaclarına yüksək dərəcədə uyğunlaşdırır. Belə ki, şirkətlər dəyişən bazar tələblərinə cavab vermək üçün əməliyyatlarını tez bir zamanda tənzimləyə bilərlər.

6. Təkmilləşdirilmiş məlumatların toplanması. Robotlar real vaxt rejimində istehsal prosesləri haqqında məlumatları toplaya və təhlil edə, şirkətlərə öz əməliyyatlarını optimallaşdırmaq üçün dəyərli tövsiyələr təqdim edə bilər.

7. Təkmil baxım. Məsafədən idarə olunan sənaye robotları müntəzəm texniki xidmət tapşırıqlarını yerinə yetirmək, dayanma müddətini azaltmaq və avadanlığın xidmət müddətini artırmaq üçün proqramlaşdırıla bilər.

8. Təkmilləşdirilmiş iş şərtləri. Təhlükəli və ya təkrarlanan tapşırıqlar üçün robotlardan istifadə etməklə şirkətlər insanlar üçün iş şəraitini yaxşılaşdırır, yaralanma və

gərginliklə bağlı xəstəliklər riskini azalda bilər.

Bütövlükdə məsafədən idarə olunan sənaye robotları istehsal və digər sənaye proseslərini dəyişdirərək daha yüksək effektivliyə, təhlükəsizliyə, keyfiyyətə, xərclərə qənaətə, çevikliyə və iş şəraitinin yaxşılaşdırılmasına gətirib çıxarır.

Məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının təklif etdiyi çoxsaylı üstünlüklərə baxmayaraq, hələ də həll edilməli olan bəzi problemlər qalmaqdadır. Bu problemlərə qoşulma və kommunikasiya sistemləri ilə bağlı təhlükəsizlik problemləri, həmçinin robotları idarə etmək üçün xüsusi təlimlərə ehtiyacın olması məsələləri daxildir [26]. Bundan əlavə avtomatlaşdırma əl əməyini əvəz etməyə davam etdiyindən insanların potensial iş yerlərinin itirilməsi ilə bağlı narahatçılıqlar da mövcuddur [27]. İstehsalçılar bu texnologiyaları qəbul etməyə davam etdikcə, sənaye robotlarının faydalarının işçilərin təhlükəsizliyinə və rifahına xələl gətirməsinə yol verməməli, mühüm olan bu problemlərin həllini təmin etməlidirlər.

Araşdırmalara əsaslanaraq məsafədən idarə olunan sənaye robotları üçün aşağıdakı bəzi çatışmazlıqlar da qeyd edilməlidir:

1. Gecikmə və əlaqə gecikmələri. Operatorla robot arasındakı əlaqənin gecikməsi cavab müddətində əhəmiyyətli gecikmələrə səbəb ola bilər ki, bu da səhvlərə və qəzalara gətirib çıxara bilər.

2. Məhdud sensor əlaqəsi. Operatorlar məsafədən məhdud sensorlara malikdirlər, bu da onların ətraf mühitdəki dəyişiklikləri qavramasını və onlara reaksiya verməsini çətinləşdirir.

3. Təhlükəsizlik narahatçılıqları. Artan qoşulma ilə məsafədən idarə olunan robotlar kiberhücumlara və haker hücumlarına qarşı həssas olur və bu, əhəmiyyətli təhlükəsizlik risklərinə səbəb ola bilər.

4. Təlim və bacarıq tələbləri. Məsafədən idarə olunan robotun idarə edilməsi bütün operatorların malik olmadığı xüsusi təlim və bacarıqlar tələb edir ki, bu da potensial bacarıq boşluqlarına və səmərəliliyin azalmasına səbəb olur.

5. Baxım və texniki dəstək. Məsafədən idarə olunan robotlar müntəzəm texniki xidmət və dəstək tələb edir ki, bu da xüsusilə internet bağlantısının məhdud olduğu ərazilərdə məsafədən təmin etmək çətin ola bilər.

6. Xərc. Məsafədən idarə olunan robotlar bahalı ola bilər, onların saxlanması və istismarı ilə bağlı xərclər əhəmiyyətli ola bilər ki, bu da onların kiçik biznes və sənayelər üçün əlçatanlığını məhdudlaşdırır.

7. Hüquqi və etik problemlər. Robotlar daha avtonomlaşdıqca, xüsusilə qəzalar baş verdikdə, onların istifadəsi və hesabatlılığı ilə bağlı hüquqi və etik problemlər yaranır.

Əlbəttə ki, burada məsafədən idarə olunan sənaye robotlarının problemlərinin bəzi potensial həlli yolları mövcuddur ki, bunun üçün də aşağıdakı təklif və tövsiyələr məqsəduyğun hesab edilə bilər:

- gecikmə və əlaqə gecikmələrini aradan qaldırmaq üçün operatorlar fiber optik kabellər və ya 5G şəbəkələri kimi yüksək sürətli və etibarlı rabitə şəbəkələrindən istifadə edə bilərlər. Əlavə olaraq, gecikmənin təsirini azaltmaq üçün hərəkətə nəzarət alqoritmləri və proqnozlaşdırıcı modellərdən istifadə oluna bilər;

- robotlar uzaq operatorlara daha ətraflı rəy bildirmək üçün qabaqcıl sensorlar və kameralarla təchiz oluna bilər. Bundan əlavə, virtual reallıq və artırılmış reallıq texnologiyaları uzaq operatorlar üçün daha immersiv (interaktiv və real) təcrübə təmin edə bilər.

- təhlükəsizlik problemlərini həll etmək üçün uzaq robotlar icazəsiz girişin

qarşısını almaq üçün təhlükəsizlik protokolları və şifrələmə ilə təchiz oluna bilər. Bundan əlavə zəiflikləri müəyyən etmək və onları aradan qaldırmaq üçün müntəzəm təhlükəsizlik auditləri aparıla bilər.

- bacarıq boşluqlarını aradan qaldırmaq üçün robotların operatorlar tərəfindən effektiv idarə edilməsində lazımi bacarıqlara yiyələnmə proqramları hazırlana bilər. Bundan əlavə operatorlar üçün öyrənmə əyrisini azaltmaq üçün robotlar istifadəçi dostu interfeysləri və intuitiv idarəetmə ilə dizayn edilə bilər.

- təmir və texniki dəstəyi həll etmək, yerində dəstək ehtiyacını azaltmaq üçün məsafədən diaqnostika alətləri və avtomatlaşdırılmış texniki xidmət sistemlərindən istifadə edilə bilər. Bundan əlavə məsafədən texniki dəstək videokonfrans və ya məsafədən giriş proqramı vasitəsilə təmin edilə bilər.

- xərc problemini həll etmək, inkişaf xərclərini azaltmaq üçün açıq mənbəli robot platformaları hazırlana və daxilə paylaşıla bilər. Bundan əlavə abunə əsaslı modellər məsafədən robot əldə etmək, ilkin xərcləri azaltmaq üçün istifadə edilə bilər.

- hüquqi və etik problemləri həll etmək, məsafədən robotların təhlükəsiz və məsuliyyətli istifadəsini təmin etmək üçün sənaye standartları və qaydaları müəyyən edilə bilər. Əlavə olaraq qəzalar zamanı operatorların və istehsalçıların məsuliyyətini aydınlaşdırmaq üçün məsuliyyət çərçivələri hazırlana bilər.

Ümumiyyətlə, məsafədən idarə olunan sənaye robotlarından istifadənin nəticələri mürəkkəbdir və həm üstünlüklərin, həm də çatışmazlıqların diqqətlə nəzərdən keçirilməsi tələb olunur. Avtomatlaşdırmanın faydalarının ədalətli şəkildə bölüşdürülməsini və mənfi təsirlərin minimuma endirilməsini təmin etmək üçün şirkətlərin və idarəetmə orqanlarının birgə fəaliyyəti vacibdir.

Robotların istifadəsi həm də istehsalçılara xərcləri azaltmaqla və hasilatı artırmaqla global bazarda daha rəqabətli olmağa imkan verir. Belə robotlar sadə materiallarla işləməkdən tutmuş mürəkkəb montaj və qaynaq əməliyyatlarına qədər geniş spektrli tapşırıqları yerinə yetirməyə qadirdir.

Yekun olaraq demək olar ki, sənaye robototexnika sahəsi uzun bir yol keçməklə yanaşı, həm də perspektivli gələcəyə malikdir. Texnologiyalar inkişaf etdikcə, sənaye robotlarının imkanları artmağa davam edəcək və onlar istehsal sənayesində getdikcə daha vacib rol oynayacaqlar [28,29,30].

Ədəbiyyat siyahısı

1. <https://lpiresearch.wordpress.com/2018/12/27/articulated-robot-market-analysis-growth-demand-research-report-2018-2023/>
2. A.Kanani. "Advantages and Disadvantages of Industrial Robots". Robotics and Automation News, 2019. Available: <https://roboticsandautomationnews.com/2019/02/26/advantages-and-disadvantages-of-industrial-robots/20822/>
3. M. K. Halim, M. N. Mohd Nawi, and N. A. Mohd Radzi. "Remote Control Mobile Robot System for Industrial Applications". International Journal of Engineering and Technology (IJET), vol. 8, no. 2, pp. 917-923, 2016.
4. K. Yoshikawa. "Robots in manufacturing: Recent trends and future prospects". Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 17, no. 3, pp. 214-221, 2005.
5. The benefits of industrial robots: <https://www.roboticsbusinessreview.com/manufacturing/6-benefits-of-industrial->

robots/

6. SCARA robots: <https://blog.robotiq.com/how-to-choose-the-right-industrial-robot-for-your-application>

7. S. S. Sasi. "Robots and automation will take over jobs – but not all of them". World Economic Forum, 2018. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2018/03/robots-and-automation-will-take-over-jobs-but-not-all-of-them/>

8. G. S. Chirikjian and M. S. Peshkin. "History of remote center-of-motion robotics". Journal of Mechanisms and Robotics, vol. 5, no. 2, pp. 021003-1-021003-11, 2013.43

9. R. V. Patel, M. R. Kumar, and B. B. Biswal. "Robots in hazardous environments: A review". Journal of Manufacturing Processes, vol. 23, pp. 240-251, 2016.

10. A.F. Bicchi and V. Kumar. "Robotic grasping and contact: A review". Proceedings of the IEEE, vol. 87, no. 6, pp. 922-939, 1999.

11. J. Chen, Y. Chen, and Y. Chen. "Design and control of remotely operated industrial robot system". International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 85, no. 1-4, pp. 623-633, 2016.

12. R. Khandelwal and P. Tiwari. "Cloud Robotics: Concepts, Issues, and Challenges". International Journal of Computer Applications, vol. 111, no. 9, pp. 1-5, 2015.

13. Types of industrial robots: <https://www.robotics.org/types-of-robots/industrial-robots>

14. https://en.wikipedia.org/wiki/Articulated_robot

15. https://en.wikipedia.org/wiki/Cartesian_coordinate_robot

16. https://en.wikipedia.org/wiki/Dual-arm_robot

17. https://en.wikipedia.org/wiki/Collaborative_robot

18. https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_robot

19. <https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA>

20. Articulated robots: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Industrial-Robotics-Market-Share-2018/99>

21. Cartesian robots: <https://blog.robotiq.com/how-to-choose-the-right-industrial-robot-for-your-application> 103

22. Collaborative robots: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Industrial-Robotics-Market-Share-2018/99>

23. Delta robots: <https://blog.robotiq.com/how-to-choose-the-right-industrial-robot-for-your-application>

24. Dual-arm robots: 24. Dual-arm robots: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Industrial-Robotics-Market-Share-2018/99>

25. Safety considerations for industrial robots: <https://www.osha.gov/robotics-industry> 95

26. G. Kaur and N. P. Singh. "A Study on Security Issues in Industrial Internet of Things". Procedia Computer Science, vol. 85, pp. 995-1002, 2016.

27. S. M. Suh and M. J. Kim. "Industrial robot technology and applications: A review". International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 16, no. 5, pp. 945-965, 2015.

28. Applications of industrial robots:

<https://www.robotics.org/applications/industrial-robots>

29. Current trends in industrial robotics:
<https://www.roboticsbusinessreview.com/manufacturing/10-trends-industrial-robotics/>
30. Future outlook for industrial robotics:
<https://www.therobotreport.com/news/outlook-2021-industrial-robots-keep-factories-operating-despite-pandemic>

С.Ф.Шукурлу, С.М.Гасымлы

Промышленные роботы: достижения, проблемы и решения

Резюме

Представлен обзор истории дистанционно управляемых промышленных роботов, их эволюции и развития. Рассмотрены основные типы, конструктивные особенности и области применения таких роботов. Проанализированы их преимущества и сопутствующие проблемы, включая аспекты безопасности и затрат. Также освещён уровень использования промышленных роботов в различных странах мира и обсуждаются перспективы их внедрения в обрабатывающую промышленность. Особое внимание уделено потенциальному влиянию роботизации на производственные процессы, а также предложены возможные пути решения актуальных проблем, связанных с эксплуатацией промышленных роботов.

S.F.Shukurlu, S.M.Gasimli

Industrial robots: achievements, problems and solutions

Summary

This article provides an overview of the history of remotely controlled industrial robots, their evolution and development. The main types, design features and areas of application of such robots are considered. Their advantages and associated problems, including safety and cost aspects, are analyzed. The level of use of industrial robots in various countries of the world is also covered and the prospects for their implementation in the manufacturing industry are discussed. Particular attention is paid to the potential impact of robotics on production processes, and possible solutions to current problems associated with the operation of industrial robots are proposed.

M Ü N D Ə R İ C A T

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA***F.İ.İsmayılov, Ç.Ə.Abdurahmanov, N.S.Cəlilov***

Peyk məlumatları əsasında Azərbaycan ərazisində atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin tematik xəritələrinin yaradılması metodu və alqoritmi 4

N.Y.Əhədi

Məsafədən zondlama verilənləri əsasında Cəbrayıl rayonu ərazisinin torpağın səth temperaturuna görə təsnifatlaşdırılması 15

EKOLOGİYA***T.İ.Süleymanov, Ş.E.Məmmədov***

Azərbaycan nəqliyyat sektorunda enerji sərfinin azaldılması yolu ilə dekarbonlaşdırma imkanları 23

N.M.Muradov, İ.R.Həsənov, B.A.Şərifova

Su mühitinin ekoloji monitorinqində pilotsuz uçuş və üzən aparatların tətbiqi 31

T.A.Hacıyev, İ.B.Qurbanova, N.Ü.Ələkbərova, A.Z.Abdullazadə, K.R. Zülfüqarlı, A.T.Hüseynli

Təbii fəlakətlərin artmasında global istiləşmənin rolu 37

İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİ***İ.R.Məmmədov, E.M.Hüseynov***

Mobil rabitə sistemlərində radiovericilərin güclərinin idarə olunması alqoritmlərinin təhlili 41

F.N.Abdullayev, A.A.Bayramov, S.S.Süleymanov

Süni intellekt əsasında pilotsuz uçuş aparatlarından istifadə etməklə atışın məsafədən idarə olunması 47

E.B.İsgəndərzadə, Ə.F.Əhmədov, Ö.A.Hüseynov, R.H.Ramazanov, N.Ş.Əbilova

Məsafədən zondlama kamera stereocütü vasitəsilə alınmış təsvirlərin təhrifini azaltmaq üçün PUA-nın optimal uçuş hündürlüyünün müəyyənləşdirilməsi 52

K.Ə.Həsənova, N.Ə.Əliyeva, N.Ə.Kürdov

Termovizorların dərəcələnməsi 60

R.N.Nəbiyev, A.A.Abdullayev

Pilotsuz uçuş aparatları vasitəsilə strateji obyektlərin axtarışı üsulları 65

CİHAZOAYIRMA***S.F.Şükürlü, S.M.Qasımlı***

Sənaye robotları: nailiyyətlər, problemlər və həllər 74

Mündəricat 83

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Ф.И.Исмаилов, Ч.А.Абдурахманов, Н.С. Джалилов

Метод и алгоритм создания тематических карт уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории Азербайджана на основе спутниковых данных 4

Н.Ю.Ахади

Классификация территории Джабраильского района по поверхностной температуре почвы на основе данных дистанционного зондирования 15

ЭКОЛОГИЯ

Т.И.Сулейманов, Ш.Э.Мамедов

Возможности декарбонизации путем уменьшения потребляемой энергии в транспортном секторе Азербайджана 23

Н.М.Мурадов, И.Р.Гасанов, Б.А.Шарифова

Применение беспилотных летательных и плавучих аппаратов в экологическом мониторинге окружающей среды 31

Т.А.Гаджиев, И.Б.Курбанова, Н.У.Алекберова, А.З.Абдуллазаде, К.Р.Зулфикарлы, А.Т.Гусейнли

Роль глобального потепления в увеличении числа стихийных бедствий 37

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

И.Р.Мамедов, Э.М.Гусейнов

Анализ алгоритмов управления мощностью радиопередатчиков в системах мобильной связи 41

Ф.Н. Абдуллаев, А.А. Байрамов, С.С. Сулейманов

Дистанционное управление огнём с использованием беспилотных летательных аппаратов на основе искусственного интеллекта 47

Э.Б.Искендерзаде, А.Ф.Ахмедов, О.А.Гусейнов, Р.Х.Рамазанов, Н.Ш.Абилова

Определение оптимальной высоты полета БПЛА для уменьшения искажений изображений, полученных камерами стереопар дистанционного зондирования 52

К.А.Гасанова, Н.А. Алиева, Н.А.Курдов

Градуировка тепловизоров 60

Р.Н. Набиев, А.А.АбдуллаевМетоды поиска стратегических объектов с использованием беспилотных
летательных аппаратов 65**ПРИБОРОСТРОЕНИЯ*****С.Ф.Шукурлу, С.М.Гасымлы***

Промышленные роботы: достижения, проблемы и решения 74

Содержание 85

C O N T E N T S

REMOTE SENSING

F.I.Ismailov, Ch.A.Abdurahmanov, N.S.Jalilov

Development of a method and algorithm for creating thematic maps of the level of air pollution on the territory of Azerbaijan based on satellite data 4

N.Y. Ahadi

Classification of the territory of Jabrayil district according to the surface temperature of the soil based on remote sensing data 15

ECOLOGY

T.İ.Suleymanov, Sh.E.Mammadov

Decarbonization opportunities in the Azerbaijani transport sector through energy consumption reduction 23

N.M.Muradov, I.R.Hasanov, B.A.Sharifova

Application of unmanned aerial vehicles and floating vehicles in environmental monitoring 31

T.A.Gadjiev, I.B.Kurbanova, N.U.Alekberova, A.Z.Abdullazade, K.R.Zulfugarli, A.T.Huseynli

The role of global warming in increasing natural disasters 37

INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

I.R.Mammadov, E.M.Huseynov

Analysis of power control algorithms of radio transmitters in mobile communication systems 41

F.N.Abdullayev, A.A.Bayramov, S.S.Suleymanov

Remote fire control using AI-Powered Unmanned Aerial Vehicles 47

E.B.Iskenderzadeh, A.F.Ahmadov, O.A.Huseynov, R.H.Ramazanov, N.Sh.Abilova

Determining the optimal UAV flight altitude to reduce distortion of images obtained by remote sensing stereopair cameras 52

<i>K.A.Hasanova, N.A. Aliyeva, N.A.Kurdov</i>	
Grading of thermal imagers	60

<i>R.N.Nabiyev, A.A.Abdullayev</i>	
Methods of searching for strategic objects using unmanned aerial vehicles	65

INSTRUMENT ENGINEERING

<i>S.F.Shukurlu, S.M.Gasimli</i>	
Industrial robots: achievements, problems and solutions	74

Contents	87
----------------	----

Çapa imzalanmışdır: 18.06.2025
Sifariş № 79. Sayı 300
Həcmi 11 ç.v. Formatı 60 x 84, 1/8