

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

№ 3 (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

№ 3 (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

Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyi,
əsrin qeydiyyatı haqqında şəhadətnamə № 723,18.01.2005

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

№ 3 (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

T.N.Əhmədli, M.İ.Heydərov, A.N.Bağırılı (Milli Aerokosmik Agentliyinin Xüsusi
Konstruktor Texnoloji Bürosu)

TORPAQ İSTİFADƏÇİLİYİ MƏSƏLƏLƏRİNDƏ PEYK
VERİLƏNLƏRİNDƏN İSTİFADƏ

Peyk verilənlərinin emalı standart mərhələlərdən ibarət olsa da, bu mərhələlərin həyata keçirilməsi çox vaxt istifadə olunan proqram təminatından asılıdır. Bu gün peyk verilənlərinin emal sistemində işlək stansiyalar və yüksək sürətli prosessorlu, iri həcmli yaddaş qurğuları olan fərdi kompüterlər standartda çevrilmişdir ki, bu da verilənlərin emal əməliyyatlarında uyğun tələbləri ödəyir. İndiki zamanda peyk verilənlərini və təsvirləri emal etmək üçün bir çox tətbiqi proqramlar yaradılmışdır. Ümumi təyinatlı təsvirlərin rəqəmsal emalı üçün Adobe PhotoShop, Corel Photo-Paint və s. ixtisaslaşmış proqram vasitələrinin gələcək inkişafı nəticəsində peyk verilənlərinin emalı üçün sistemlər işlənmişdir. Hər iki sistemlər ortaq cəhətə malikdir: rastr modellərlə işləyirlər, analoq riyazi cihaza əsaslanan üsullardan istifadə edərək təsvirləri emal edirlər. Lakin peyk verilənləri ilə bağlı aşağıdakı bir sıra fərqlər qeyd edilməlidir:

- peyk verilənləri səmərəli iş üçün xüsusi vasitə olmaqla yanaşı, həmçinin xüsusi formatlar tələb olunan iri həcmli fayllardır;
- peyk verilənlərində pikselin rəqəmləri çəkilmiş hər hansı obyekt səciyyələrinin sahələrini bərpa edərkən vacib sayılır;
- peyk verilənləri RGB təsvirləri kimi şərh olunmasına icazəsi olmayan planalmanın spektral hissələrin çoxölçülü verilənləri, sayı və parametrləridir, bundan başqa verilənlərdə digər koordinat ölçmələri də istifadə oluna bilər;
- peyk verilənləri ilkin həndəsi və radiometrik təshihə ehtiyac duyur;
- peyk verilənləri koordinat bağlantısı olan məkan informasiyalarıdır;
- verilənlərin emalının proqram təminatının vacib xüsusiyyəti ilkin emaldan və tematik deşifrələmədən, coğrafi informasiya vasitələri ilə modelləşdirmə və məkan analizinin icra edilməsinə cəld keçid imkanındır [1].

Peyk materialları xəritəçilikdə əsasən daha səmərəli hesab olunan aeroplanalmaya yaxınlaşır. Bu materiallar digər xəritə tərtibi üçün mənbələrlə müqayisədə aşağıdakı mühüm üstünlüklərə malikdir [2]:

1. Kosmik təsvirlər hərtərəfli planalma zamanı qlobal əhatədən onlarca kilometrə qədər iri məkanların səmərəli xəritələşdirilməsini təmin edir.
2. Eyni ərazinin ölçülməsinin generalizasiya ilə kosmosdan planalması müxtəlif miqyaslı xəritələri yaratmağa və yeniləşdirməyə imkan verir.
3. Təsvirin qurulduğu mərkəzi proyeksiya, proyeksiyalamağın daha böyük yüksəkliyində ortoqonal proyeksiyaya yaxındır ki, bu da xəritələrin yaradılmasında fotoqrammetrik emalı asanlaşdırır.
4. Verilmiş periodda təkrar planalmalar zamana görə tez dəyişən təbii proseslərin dinamik monitorinqini və xəritələşdirilməsini təmin edir.
5. Mürəkkəb mövqeli səhraların, yüksək dağlıq və s. ərazilərin xəritələşdirilməsini təmin edir.
6. Kosmik fotoşəkillərin informativliyi və əyaniliyi yeni kartoqrafik məhsul

növlərinin, o cümlədən yer səthinin biofiziki xarakteristikalarının peyk və fotoxəritələrinin yaradılmasına şərait yaradır.

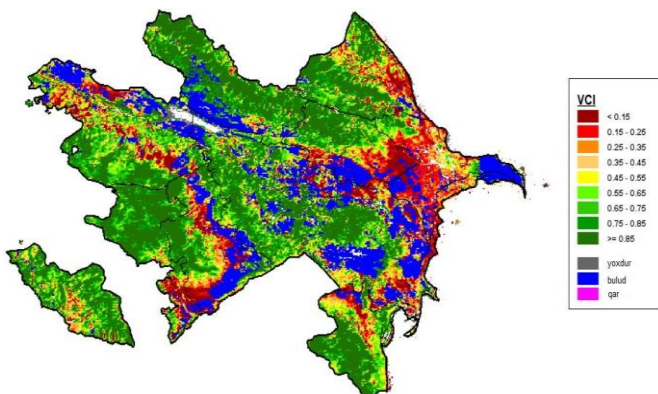
7. Bir fotosəkildə bütün yer landşaftlarının kompleks ifadəsi xəritələşdirilmiş obyektlərin məkan əlaqələrinin daha düzgün təyin edilməsinə imkan verir.

Fotoşəkillər yalnız sosial – iqtisadi tədqiqatlarda deyil, həmçinin kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün də istifadə olunur. Aqrar sənaye hər bir ölkədə aparıcı rol oynayır, qida məhsullarının gəlirli istehsalı hər bir dövlətin marağındadır. Kənd təsərrüfatı bitkiləri yerləşən geniş əraziləri dəqiq xəritələr, məntəqə şəbəkələri, yerüstü stansiyalar, həmçinin meteoroloji aviasiya dəsti və s. olmadığından nəzarətdə saxlamaq nisbətən çətin olur. Müxtəlif təbii proseslərin təsiri ilə əkin sahələrinin sərhədlərinin, torpağın xüsusiyyətlərinin və müxtəlif sahələrdə vegetasiya şərtlərinin dəyişməsi baş verir [3].

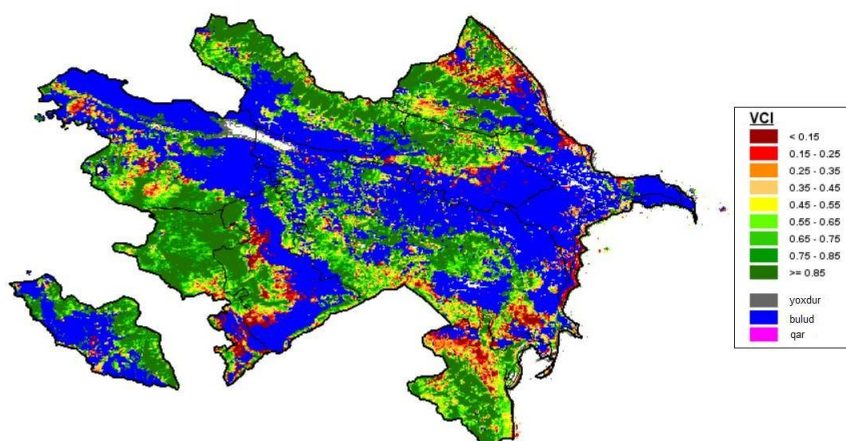
Bütün bu amillər mövcud vəziyyətin qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün dürüst, cəld informasiyanın alınmasına maneçilik törədir. Nəticədə kənd təsərrüfatı məhsuldarlığının artırılması, torpaq istifadəçiliyinin optimallaşdırılması, məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması, xərclərin azaldılması və gəlirin artırılması mümkünsüz olur. Peyk texnologiyaları kənd təsərrüfatı ərazilərinin idarə edilməsində bu cür məsələlərin həllində yardım edə bilər. Peyk monitorinqi vasitəsilə aqrotekniki işlərin keyfiyyətini, müddətini nəzarət altında saxlamaq və kənd təsərrüfatı istehsalının idarə edilməsini optimallaşdırmaq mümkün olur. Fotoşəkillər əsasında əkinlərin beynəlxalq torpaq istifadəçiliyinin təsnifatlaşdırılması əsasında inventarlaşdırılması və xəritələşdirilməsi aparılır [4]. Mütəmadi planalmaların icra edilməsi ilə kənd təsərrüfatı bitkilərinin və məhsuldarlığın proqnozlaşdırılmasında inkişaf dinamikası müşahidə olunur. Məsələn, müxtəlif bitkilər üçün kənd təsərrüfatı təqvimini nəzərə alaraq vegetasiya dövründə bitki örtüyünün spektral parlaqlığının dəyişməsi əsasında təsvirdə sahələrin rəng çalarına görə onların aqrotekniki vəziyyəti və bitkilərin tərkibi haqda fikir yürütmək olar.

Bitkilərin inkişafının meteoroloji amillərin təsirini nəzərə alaraq qiymətləndirilməsi, məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması üçün kosmik informasiyadan istifadə xüsusi aktuallığa malikdir.

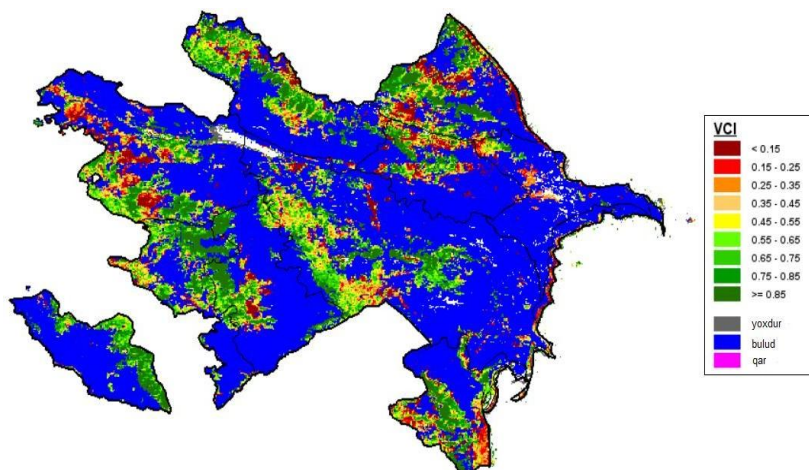
Qış fəslindən sonra payızlıq bitkilərin vəziyyəti sağlam və məhv olmuş bitkilərin rəng müxtəlifliyi ilə, payızlıq və yazlıq bitkilərin vəziyyəti məhsulun yığımindən əvvəl, torpaq səthinin cücərtilər ilə örtülməsi və onların bərabər paylanma dərəcəsini nəzərə alaraq qiymətləndirilir. Yüksək ayırdetməli fotosəkillər əsasında əkinlərin eynicinsliyi və ya donması, islanması, küləyin təsirindən əyilməsi, zərərvericilərlə zədələnmə dərəcəsi qiymətləndirilir [5]. Bununla əlaqədar Azərbaycan ərazisi üçün 2020-ci ilin iyununda əldə edilmiş kosmik təsvirlər əsasında vegetasiya indeksləri dekadalar üzrə hesablanmış və nəticələr elektron kartoqrafik təqdim edilmişdir (şəkil 1, şəkil 2, şəkil 3, şəkil 4).



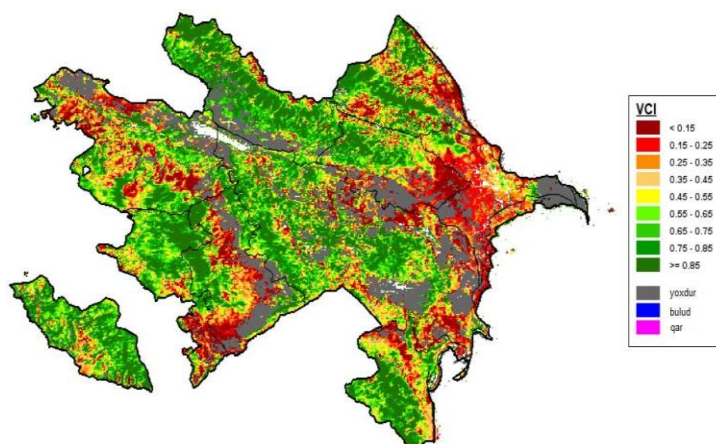
Şəkil 1. 2020-ci ilin iyun ayının birinci dekadası üçün Azərbaycan ərazisinin vegetasiya indeksi xəritəsi



Şəkil 2. 2020-ci ilin iyun ayının ikinci dekadası üçün Azərbaycan ərazisinin vegetasiya indeksi xəritəsi



Şəkil 3. 2020-ci ilin iyun ayının üçüncü dekadası üçün Azərbaycan ərazisinin vegetasiya indeksi xəritəsi



Şəkil 4. 2020-ci ilin iyun ayı üçün Azərbaycan ərazisinin vegetasiya indeksi xəritəsi

Bununla da peyk verilənlərinin kənd təsərrüfatında tətbiqi ilə aşağıdakı məsələlərin həll edilməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir [6]:

- kənd təsərrüfatı bitkilərinin növlərinin təsnifatı;
- əkinlərin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi (əkinlərin inkişafı, yetişməsi və s.);
- payızlıq əkinlərin donma sahəsinin, quraqlığın əvvəlcədən təyini;
- eroziya, bataqlıq, şorlaşma və səhrələşmə sahələrinin seçilməsi;
- məhsuldarlığın proqnozlaşdırılması (kəmiyyət və keyfiyyət göstəriciləri);
- müxtəlif kənd təsərrüfatı aqrotexniki tədbirlərin keyfiyyətinə nəzarət;
- kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin ümumi monitorinqi.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Matthew M.W., Adler-Golden S.M., Berk A., Richtsmeier S.C., Levine R.Y., Bernstein L.S., Anderson G.P. (2000), Status of Asmospheric Correction Using a MODTRAN4-based Algorithm, SPIE Procceding Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral imagery VI, 4049, (199-207)
2. Зотов Р.В.3-88 Аэрогеодезия: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 2 /Р.В.Зотов. – Омск:СибАДИ, 2012. – 218 с.
3. Булавицкий В.Ф. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории : учеб.пос. / В.Ф. Булавицкий, Н.В. Жукова, Хабаровск, Изд-во ТОГУ, 2016, 129 с.
4. Bernardos J.N., Viglizzo E.F., Jouvet V., Lértora F.A., Pordomingo S.J., and Aid F.D. (2001). The use of EPIC modelto study the agroecological change during 93 years of farming transformation in the Argentine pampas.
5. Agricultural Systems, 69: pp. 215-234.

T.N.Ахмедли, М.И.Гейдаров, А.Н.Багирли

Использование спутниковых данных в задачах землепользования

Резюме

Рассмотрены задачи использования космических данных в задачах инвентаризации сельскохозяйственных угодий, определение их продуктивности и прогнозирования урожайности. На основе разновременных спутниковых изображений определены значение вегетационных индексов и полученные результаты представлены в виде многослойных электронных карт.

T.N. Akhmedli, M.I. Geydarov, A.N. Bagirli

Using satellite data in land management

Abstract

This paper examines the use of satellite data in agricultural land inventory, productivity assessment, and yield forecasting. Using multi-temporal satellite images, vegetation indices were determined, and the results are presented as multilayer electronic maps.

N.Y.Əhədi (MAKA-nın doktorantı)

CƏBRAYIL RAYONU ƏRAZISINDƏ RADİASIYA SƏVİYYƏSİNİN VƏ YERİN SƏTH TEMPERATURUNUN QARŞILIQLI ƏLAQƏLƏRİNİN EKSPERİMENTAL TƏDQİQİ

Giriş. Məlumdur ki, yer səthinin emissiya qabiliyyəti səthin enerji yayma qabiliyyətinin ölçüsüdür. Bu dəyər səthin temperaturu və radiasiya xüsusiyyətlərini təyin etmək üçün istifadə olunur və adətən 0 ilə 1 arasında qiymət alır. Yüksək emissiya dəyərləri səthin enerji yayma qabiliyyətinin yüksək olduğunu, aşağı dəyərlər isə səthin enerji yayma qabiliyyətinin aşağı olduğunu göstərir. Yer səthinin emissiyası bir səthin ətrafına yaydığı enerji və ya radiasiya miqdarına aid bir termdir. Torpaq səthinin temperaturunun hesablanması zamanı yer səthi emissiyası (ε) önəmli bir parametrdir.

Yer səthinin emissiyası. Emissiya yer səthinin enerji yayma tutumudur və bitki örtüyünün növü, torpaq tipi və s. kimi faktorlarla əlaqəlidir. Yer səthinin emissiyası bitki örtüyü indeksindən (NDVI) istifadə olunaraq aşağıdakı kimi hesablanır [1,2].

$$\varepsilon = 0.004 \times \text{NDVI} + 0.986.$$

Bununla əlaqədar ArcMap proqram təminatı bazasında Raster Calculator aləti vasitəsilə yuxarıda qeyd olunmuş yer səthinin emissiyası düsturu hesablanmışdır. Hesablamalarda may və aprel ayları üçün buludsuz hava şəraitində əldə olunmuş peyk görüntülərindən istifadə edilmiş, nəticədə emissiyanın qiymətlərinin 0.95 – 1.0 diapazonunda dəyişdiyi müəyyən olunmuşdur.

Qeyd edildiyi kimi torpaq səthinin emissiyası adətən 0 ilə 1 arasında qiymətlər alır, lakin müəyyən bir ərazinin bütün səth növləri nəzərə alınarsa, bu qiymətlər 0,95-dən yuxarı ola bilər. Emissiyanın yüksək qiymətləri ümumiyyətlə bitki örtüyünün sıx və sağlam olduğunu və ya səthin yüksək enerji yayma qabiliyyətinə malik olduğunu göstərir. Cəbrayıl rayonunun relyefi üçün əldə edilmiş ən aşağı səthi emissiya qiyməti 0,95 olmuşdur. Bunun əsas səbəbi bitki örtüyünün həddindən artıq sıx olmasıdır.

Bitkilər və meşəliklər ümumiyyətlə yüksək emissiya qabiliyyətinə malikdirlər, çünki onlar enerjini səmərəli şəkildə yayırlar. İkinci səbəb isə torpağın səth xüsusiyyətləri ilə bağlıdır. Torpağın növü və səthin fiziki xüsusiyyətləri də səthin emissiyasına təsir göstərə bilər. Məsələn, nəmli və üzvi maddələrlə zəngin olan torpaqlar yüksək emissiya qabiliyyətinə malikdirlər. Digər əsas səbəb kimi torpaqdan istifadə qaydalarını, kənd təsərrüfatı fəaliyyətini, bataqlıq əraziləri və s. göstərmək olar. Sonuncu səbəb kimi hava şəraiti və iqlim xüsusiyyətləri qeyd edilməlidir. Məsələn, rütubətli və yağışlı ərazilərdə səthin emissiyası daha yüksək olur.

Əldə olunmuş nəticələr beş kateqoriyaya bölünmüş və bunların hər biri yer səthinin müəyyən emissiyası diapazonunu əhatə etmişdir (şəkil 1) [3,4].

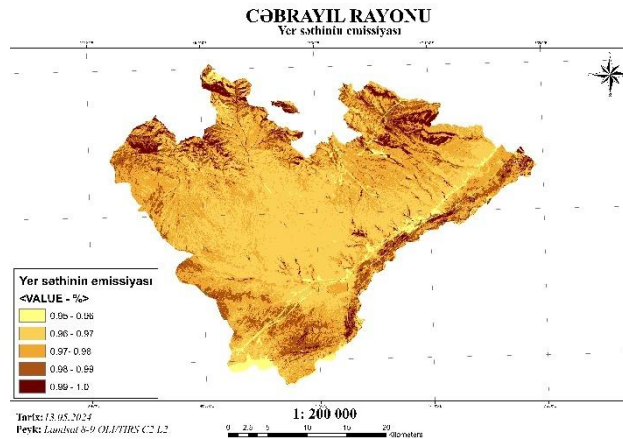
0,95 - 0,96. Bu diapazon ən aşağı səth emissiya dəyərlərinə malik sahələri təmsil edir. Bu o deməkdir ki, səth aşağı enerji yayma qabiliyyətinə malikdir. Ümumiyyətlə, çıpaq torpaq və ya bitki örtüyü az olan ərazilər belə qiymətlər alırlar.

0,96 - 0,97. Emissiya qabiliyyəti bir qədər yüksək olan ərazilərə aiddir. Belə səthlər enerjini bir qədər az miqdarda yayırlar. Seyrək və ya nazik bitki örtüyü olan ərazilər bu diapazonda cəmləşirlər.

0,97 - 0,98. Orta səth emissiyasını göstərir və belə səthlər enerjini daha səmərəli şəkildə yayırlar. Orta sıxlıqlı bitki örtüyü və ya əkinçilik sahələri bu diapazona uyğun gəlir.

0,98 - 0,99. Yüksək səth emissiyası olan sahələri təmsil edir və belə səthlər enerjini çox effektiv şəkildə yayırlar. Sıx bitki örtüyü və ya sağlam meşə sahələri bu diapazonu əhatə edir.

0,99 - 1,0. Ən yüksək səth emissiya dəyərlərinə malik sahələri göstərir. Bu o deməkdir ki, səthin enerji sərfetmə qabiliyyəti maksimum səviyyədə olur. Bu silsilədə çox sıx və sağlam bitki örtüyü və ya tamamilə qapalı meşə sahələri cəmləşir.



Şəkil 1. Cəbrayıl rayonunun ərazisi üçün yer səthinin emissiya qiymətlərinin dəyişmə intervalları

Səth emissiyası və radioaktivlik arasında birbaşa əlaqə yoxdur, lakin dolayısi yolla müəyyən əlaqələr mövcuddur. Belə ki, radioaktiv çirklənmə torpağın münbitliyinə və bitkilərin sağlamlığına mənfi təsir göstərə bilər. Bu isə bitki örtüyünün azalmasına və ona görə də səth emissiyasının da azalmasına səbəb ola bilər. Emissiyanın aşağı qiymətləri radioaktiv çirklənmənin yüksək ola biləcəyi sahələri göstərə bilər. Digər əlaqə isə bitki örtüyü və radioaktiv material ehtiyatı ilə bağlıdır. Sağlam və sıx bitki örtüyü radioaktiv maddələrin torpaqda saxlanması və yayılmasının qarşısını ala bilər. Emissiyanın yüksək qiymətləri bitki örtüyünün sıx olduğu və radioaktiv çirklənmənin az olduğu əraziləri göstərə bilər. Sonuncu əlaqə isə torpaq və səth xüsusiyyətləri ilə bağlıdır ki, radioaktiv çirklənmə torpağın fiziki və kimyəvi xassələrini dəyişə bilər. Bu isə səthin emissiyasına təsir göstərər, məsələn, radioaktiv çirklənmə nəticəsində torpağın dəyişməsi səthin enerji buraxma qabiliyyətini azalda bilər.

Yer səthinin temperaturu. Yer səthinin temperaturu müəyyən bir anda yer səthindən yayılan termal radiasiya ilə ölçülür. Yer səthində radioaktiv maddələr olarsa, radioaktivlik yer səthinin temperaturuna təsir göstərir. Radioaktiv materiallar yer səthinə əlavə istilik yayaraq temperatur ölçmələrini dəyişir. Bundan əlavə, radioaktiv maddələr yer səthinin fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə təsir göstərərək temperaturun paylanması pozuntular yaradır, xüsusilə radioaktiv çirklənmənin intensiv olduğu ərazilərdə yer səthinin temperaturu anomaliyalara səbəb olur.

Yer səthinin temperaturunun hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur [5,6]:

$$LST = \frac{L_{BT}}{1 + \left(\lambda \times \frac{L_{\lambda}}{\rho} \right) \ln(\varepsilon)}.$$

Burada λ - peyk sensorunun mərkəzi dalğa uzunluğu, ρ - Plank sabiti (Boltzmann sabiti və işıq sürətinin kombinasiyası ($1.438 \cdot 10^{-2}$ mK-da)), L_{BT} - spektral radiasiya (parlaqlıq temperaturu – BT), ε - yer səthinin emissiyasıdır.

Məlumdur ki, yer səthinin temperaturu torpağın, bitki örtüyünün və Yer səthindəki digər səthlərin temperaturunu müəyyən edən bir anlayışdır. Belə temperatur günəş işığının enerjisi nəticəsində səthdə yığılan istilik miqdarını əks etdirir və məsafədən zondlama üsulları ilə ölçülə bilər. ArcMap proqram təminatında Raster Calculator aləti vasitəsilə yuxarıda qeyd olunan atmosfer radiasiyası düsturu əsasında hesablamalar aparılmış və may ayında buludsuz hava şəraitində çəkilmiş peyk görüntüləri vasitəsilə həyata keçirilmiş araşdırmada Cəbrayıl rayonu üçün səth temperaturu (şəkil 2) 16.6 – 28.3 C° olmuşdur.

Əldə olunmuş nəticələr beş sinfə bölünmüş və bu siniflərin hər biri aşağıdakı yer səthi temperaturu diapazonunu təmsil etmişdir [3,4].

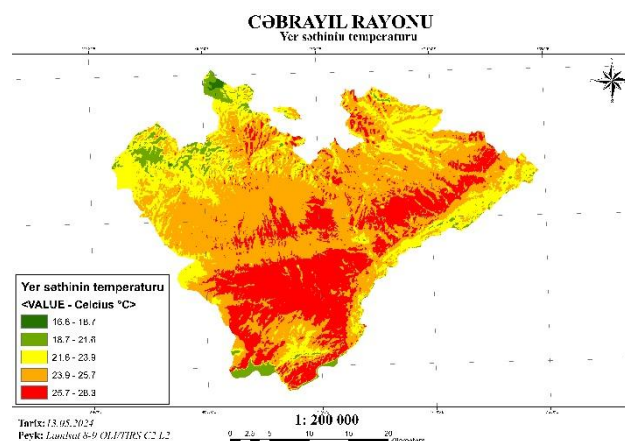
15.4 – 18.7°C. Bu diapazondakı temperaturalar nisbətən sərin səthləri təmsil edir və əsasən su mənbələrinə və ya sıx bitki örtüyünə malik ərazilərə yaxındır.

18.7 – 21.6°C. Bunlar orta dərəcədə isti səthlərdir, kənd təsərrüfatı sahələri və ya yüngül bitki örtüyü olan ərazilər bu diapazonda ola bilərlər.

21.6 – 24.1°C. Bunlar daha isti səthlərdir, çılpq torpaq və ya bitki örtüyü az olan ərazilərə aiddir.

24.1 – 26.8°C. Bunlar çox isti səthlərdir, güclü günəş işığı olan açıq sahələri əhatə edir.

26.8 – 28.3°C. Bunlar ən isti səthlərdir, çılpq qaya, asfaltlanmış yollar və ya süni tikililər bu diapazona aiddirlər.



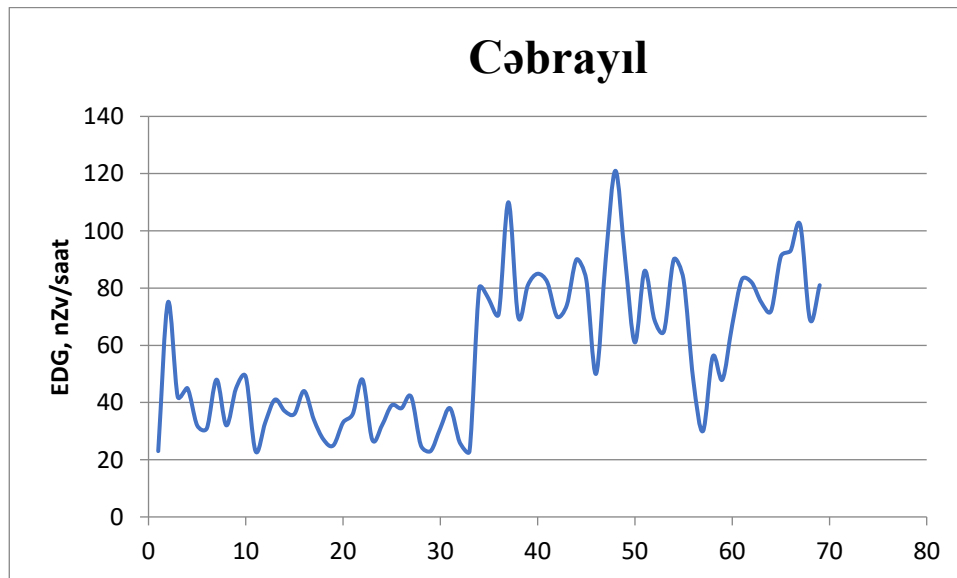
Şəkil 2. Cəbrayıl rayonunda yerin səth temperatur intervalları

Radioaktiv ərazilər ətraflarına istilik yayaraq yer səthinin temperaturunu artırır. Buna görə də yüksək temperatur bölgələri radioaktiv çirklənmənin göstəricisi ola

bilər. Radioaktivliyin tədqiqində yer səthinin temperaturunun araşdırılması olduqca vacibdir və bunun aşağıdakı səbəbləri vardır. İlkən səbəb iqlim dəyişikliyi və ətraf mühitin monitorinqi ilə bağlıdır. Yer səthinin temperaturu haqqında məlumatlar iqlim dəyişikliyi və ətraf mühit dəyişikliklərinin monitorinqində istifadə olunur. Məsələn, temperatur dəyişiklikləri quraqlıqları, meşə yanğınlarını və şəhər istilik adalarının təsirlərini izləmək üçün istifadə edilə bilər. İkinci səbəb kənd təsərrüfatı və su təsərrüfatı ilə əlaqələndirilmişdir. Kənd təsərrüfatı sahələrindəki temperatur dəyişiklikləri suvarma ehtiyaclarını müəyyən etmək və məhsulun sağlamlığına nəzarət etmək üçün istifadə edilə bilər. Növbəti səbəb enerjinin idarə edilməsi ilə bağlıdır ki, şəhərlərdə yer səthinin temperaturu haqqında məlumatlar enerji istehlakını və soyutma ehtiyaclarını qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. Son olaraq təbii fəlakətin idarə olunması qeyd edilməlidir ki, yüksək temperatur yanğın riskini artırma bilər. Buna görə də yer səthinin temperaturu haqqında məlumatlar yanğın riski xəritələrini yaratmaq üçün istifadə olunur.

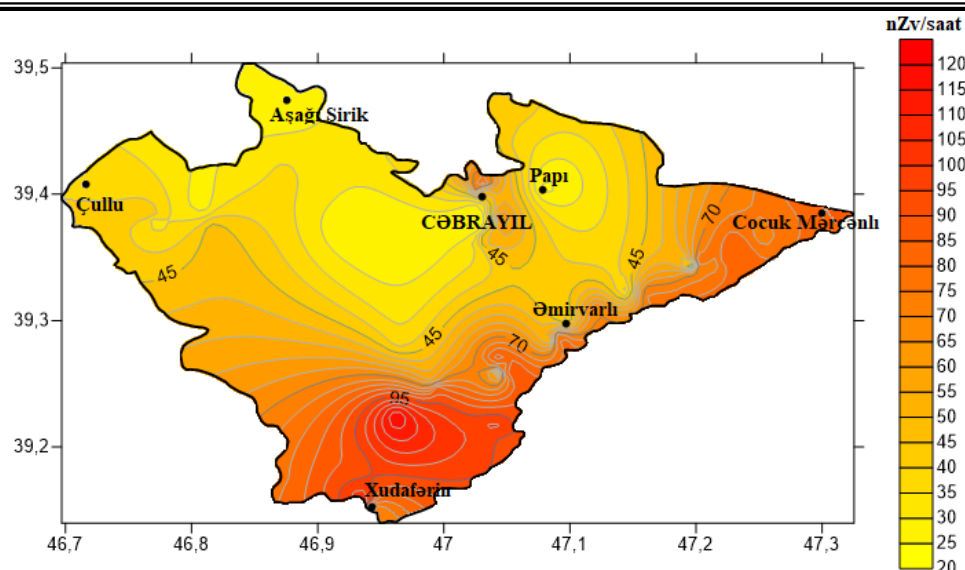
Həyata keçirilmiş çöl tədqiqatları. Cəbrayıl rayonunda çöl-tədqiqat işləri zamanı 69 nöqtədə ölçmə işləri aparılmış, 9 nöqtədən nümunələr seçilərək götürülmüşdür. Nümunələr əsasən əkin sahələrinin və su mənbələrinin yaxınlığından götürülmüşdür. Aparılmış tədqiqatların nəticələrinə əsasən Cəbrayıl rayonu ərazisindən götürülmüş nümunələrdə qamma şüalanmanın ekvivalent dozasının gücü (EDG) 23-121 $\eta\text{Zv/saat}$ arasında dəyişmişdir.

Həmin nöqtələrdə qamma-şüalanmanın ekvivalent doza gücünün təbii fon səviyyəsində olduğu müşahidə olunmuşdur (şəkil 3).



Şəkil 3. Cəbrayıl rayonunda ölçmə aparılmış məntəqələrdə ekspozisiya dozası gücünün paylanması

Əldə olunan nəticələr əsasında Cəbrayıl rayonunun ərazisini tam əhatə edən qamma şüalanmanın ekvivalent dozasının gücünün yayılmasının elektron xəritəsi tərtib edilmişdir (şəkil 4.)



Şəkil 4. Cəbrayıl rayonunda qamma şüalanmanın ekvivalent dozasının gücünün yayılmasının elektron xəritəsi

Nəticə. Aparılmış tədqiqatlarda qamma - radiasiya ölçmələrinin nəticələrinin ümumilikdə təbii fon səviyyələrində olduğu qeydə alınmışdır. Bununla belə nümunə götürülən nöqtələrdə anormal qamma radiasiya ekvivalent doza gücünün qiymətləri də müşahidə edilmişdir. Belə qiymətlər portativ qamma-spektrometrindən istifadə etməklə yoxlanılmış və müəyyən edilmişdir ki, anomaliaların yüksək səviyyəsi kalium elementi ilə bağlıdır. Qamma şüalanma ölçmələrinin aparıldığı nöqtələrdən və ətrafdakı qum və gil nümunələrindən laboratoriya şəraitində aparılmış qamma – spektrometrik analizlərin nəticələri kalium elementinin yüksək miqdarda olduğunu təsdiqləmişdir. Bununla da kaliumun yüksək səviyyədə olması fon radiasiya səviyyələrini artıran amil kimi qiymətləndirilmişdir.

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.

*N.Yu.Axadi***Экспериментальное исследование взаимосвязи поверхностной температуры и уровня радиации на территории Джабраильского района***Резюме*

Представлены основные результаты полевых исследований и гамма-радиационных измерений, проведенных для определения уровня аномальных значений эквивалентной дозы излучения. Все измерения выполнялись с использованием портативного гамма-спектрометра. Основной причиной выявленных аномалий установлено повышенное содержание элемента калия.

*N.Y.Ahadi***Experimental study of the interrelationship between radiation levels and earth surface temperature in the territory of Jabrayil district***Abstract*

The main results of field studies and gamma radiation measurements conducted to determine the level of anomalous values of the equivalent radiation dose are presented. All measurements were performed using a portable gamma spectrometer. The main cause of the detected anomalies is the increased content of the element potassium.

EKOLOGIYA
ЭКОЛОГИЯ

F.İ.İsmayilov, Ç.Ə.Abdurahmanov (MAKA-nın Ekologiya İnstitutu)

**PEYK MƏLUMATLARINA ƏSASƏN TƏBİİ VƏ ANTROPOGEN AMİLLƏRİN
GƏNCƏ-QAZAX REGIONUNUN ATMOSFER HAVASINA TƏSİRİNİN
MÜQAYİSƏSİ**

Giriş. Atmosfer havasının çirklənməsi, keyfiyyət problemi ətraf mühitin mühafizəsi problemləri arasında xüsusi yer tutur. Bu, ilk növbədə hava kütlələrinin hərəkətliliyi səbəbindən atmosferin iqlimə və ekoloji proseslərə təsiri ilə bağlıdır. Bu prosesin səbəb-nəticə əlaqələri həm ilkin çirklənmə mənbələrinin xüsusiyyətləri ilə, həm də atmosferin özünün təbiəti ilə əlaqələndirilir.

Atmosferin çirklənmədən mühafizəsi problemi müxtəlif elmlərin, o cümlədən meteorologiya, klimatologiya və ekologiya ümumi məsələlərinin, eləcə də digər sahələrin – atmosferin fiziki kimyası, biologiya, gigiyena məsələlərinin kəsişməsində geniş bir tədqiqat sahəsini təmsil edir. Son dövrlərdə atmosferin mühafizəsinin müxtəlif sahələri yaranmışdır: ekoloji, bioloji, gigiyenik, tibbi, integrasiya olunmuş şəhərsalma, ekoloji texnologiya və s.

Atmosferin mühafizəsi üsulları və vasitələrinin inkişafı həm atmosfer çirklənməsinin sürətlənmiş artımı ilə, həm də ilk növbədə yanacaq və xammaldan istifadəyə yanaşmaların yenidən qiymətləndirilməsi ilə əlaqədar onun mühafizəsi üçün ilkin meyarların dəyişməsi ilə müəyyən edilir [1, 2, 3]. Bütün bunlar həm regional, həm də bir çox ölkələrin beynəlxalq əməkdaşlığının genişləndirilməsini tələb edir.

Havanın çirklənməsi amillərinin növləri və mənbələri. Atmosferin təbii vəziyyətinin dəyişməsinin əsas səbəbi ona xarakterik olmayan fiziki, kimyəvi maddələrin daxil olması, həmçinin onların təbii konsentrasiyasının dəyişməsidir. Bu həm təbii proseslərin, həm də insan fəaliyyətinin nəticəsi olaraq baş verir. Son zamanlar havanın çirklənməsində antropogen təsir əhəmiyyətli rol oynayır [3].

Atmosferin çirklənməsi amilləri həm təbii proseslər, həm də insan fəaliyyəti ilə əlaqələndirilə bildiyindən, bütün çirklənmə mənbələri adətən təbii və süni amillərə bölünür. Bunlardan birincisinə vulkan püskürmələri və meşə yanğınları nəticəsində atmosfərə daxil olan mineral, bitki və ya mikrobioloji mənşəli təbii çirkləndiricilər daxildir. Bundan əlavə təbii hava çirkləndiricilərinə süxurların dağılması nəticəsində yaranan toz, bitki tozcuqları, heyvanların ifrazatı və s. aiddir. Atmosferin çirklənməsinin antropogen amillərinə isə nəqliyyatın (avtomobillərin, qatarların, hava, dəniz və çay nəqliyyatının) istismarı zamanı və texnoloji proseslər nəticəsində yaranan emissiyalar, həmçinin məişətdə istifadə olunan yanacağın yandırılması və məişət tullantılarının emalı zamanı yaranan emissiyalar və s. aid edilir. Ən çox kimyəvi və fiziki çirklənmənin səbəbi elektrik enerjisinin və avtomobil mühərriklərinin istismarı zamanı karbohidrogen yanacaqlarının yanmasıdır. Sənayeləşmiş ölkələrdə havanın çirklənməsinin əsas mənbəyi avtomobil nəqliyyatı sayılır [4].

Atmosfer çirklənməsinin təsnifatı üçün əsas kimi müxtəlif xassələr götürülür: çirklənmənin mənşəyi, təbiəti, növləri və mənbələrinin növləri.

Çirklənmənin təbiəti fiziki ola bilər. Belə çirkləndiricilərə toz hissəcikləri, radioaktiv şüalanma və izotoplar, müxtəlif növ elektromaqnit dalğaları, yüksək səslər və aşağı tezlikli vibrasiyalar, istilik emissiyaları daxildir. Ətraf mühitin bioloji çirklənməsi əsasən mikrob xarakterlidir. Bunlar ilk növbədə bakteriya və göbələklərin sporları, viruslar, həmçinin canlı orqanizmlərin tullantılarıdır. Atmosfer çirklənməsinin əsas növlərinə karbonmonoksid, azot oksidləri, kükürd dioksidi, karbohidrogenlər, aldehidlər, ağır metallar, ammoniyak və radioaktiv izotopların emissiyaları aid edilir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi atmosfer çirklənməsinin təsnifatı çirkləndirici mənbələrin növünə və tərkibinə görə aparılır. Antropogen çirklənmə mənbələri nəqliyyat, sənaye və məişətə ayrılır. Tərkibinə görə onlar adətən mexaniki (toz və bərk hissəciklər), kimyəvi (kimyəvi reaksiyalara girə bilən qazlar və aerosollar) və radiasiyaya görə təhlükə yaradan radioaktivlərə bölünür. Zərərli tullantıların əsas hissəsini təşkil edən havanın antropogen çirklənməsidir və təbii çirklənmədən fərqli olaraq daha təhlükəlidir. Onların yığılma vəziyyətinə əsasən antropogen atmosfer çirklənməsinin növlərini ayırmaq olar: bərk hissəciklər, mayelər (aerosollar) və qazlar. Sonuncular bütün emissiyaların 90%-dən çoxunu təşkil edir.

Atmosfer havasının çirklənməsinin əsas antropogen mənbələri bunlardır: texnoloji proseslər canlı orqanizmlər üçün təhlükəli olan kimya sənayesi müəssisələri; karbon qazı (istixana qazı), həmçinin zərərli azot oksidləri və digər maddələr buraxan istilik elektrik stansiyaları; dəniz qazı, qurğuşun, azot oksidləri, uçucu üzvi maddələr və his ilə çirkləndirən avtomobil nəqliyyatı; soyuducu avadanlıq və tərkibində freonlar, stratosfer ozonun məhvində və global istiləşməyə kömək edən kimyəvi birləşmələr olan aerosol qutuları [4, 5].

Atmosferdə aqreqat halına görə zərərli maddələrin emissiyaları aşağıdakılardır:

- qaz halında – kükürd dioksidi, azot oksidləri, karbonmonoksid, karbohidrogenlər və s.;
- maye halında – turşular, qələvilər, duz məhlulları və s.;
- bərk maddələr halında – kanserogen maddələr, qurğuşun və onun birləşmələri, üzvi və qeyri-üzvi toz, his, qətranlı maddələr və s.

İnsanın sənaye fəaliyyəti zamanı əmələ gələn əsas hava çirkləndiriciləri – kükürd dioksidi (SO_2), azot oksidləri (NO , NO_2), dəniz qazı (CO) və aerosol hissəcikləridir. Onlar zərərli maddələrin ümumi emissiyalarının təxminən 95%-ni təşkil edir, istehsal olunan əsas qaz məhsulu “istixana qazı” - karbon qazıdır (CO_2). Azot oksidləri yüksək temperaturda havada molekulyar azotun oksidləşməsi nəticəsində, kükürd dioksidi isə karbohidrogen xammalı külünün tərkibindəki kükürdün oksidləşməsi nəticəsində əmələ gəlir. Əsas çirkləndiricilərdən əlavə şəhər və qəsəbələrin atmosfer havasında 60-dan çox zərərli maddələr müşahidə olunsa da, əsas çirkləndiricilərin konsentrasiyası yol verilən həddən artıqdır. Emissiyaların böyük kütləsi olan əsas çirkləndiricilər orta toksiklik və havada yol verilən konsentrasiyaların yüksək dəyərləri ilə xarakterizə olunur, məsələn, $YVQ_{m,b}$ – maksimal birdəfəlik yol verilən qatılıq: CO - 5; NO_2 -1; SO_2 - 0,9 mq/m^3 təşkil edir.

Qalıq yanacaqların yanma məhsulları ilə havanın çirklənməsi nəticəsində hər il istixana qazı kimi təsnif edilən təxminən 20 milyard ton karbon qazı atmosfərə daxil olur. İstixana qazlarının yığılması Yerlə kosmos arasında normal istilik mübadiləsinə mane olur və atmosfer havasında radiasiya balansına güclü təsir göstərir [6, 7].

Atmosfer havasına daxil olan zərərli emissiyalar müxtəlif proseslərə və obyektlərə təsir edən amildir. Bununla belə havanın çirklənməsinin iqlim şəraitinə təsirinin tədqiqi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Havanın çirklənməsinin insanlara təsiri təkcə havada olan çirkləndiricilərin orqanizmin fəaliyyətinə birbaşa təsiri ilə məhdudlaşmır. Belə ki, inqalyasiya edilən havada dəm qazının (karbonmonoksid) olması oksigenin qana daxil olmasına mane olur və bu, insan ölümünə səbəb olur. Avtomobilin işlənmiş qazlarında olan ağır metal duzları ekoloji gərginliyi yüksək dərəcədə artırır. Bundan əlavə çirklənmənin zərərli təsiri dolayı yolla baş verə bilər. Məsələn, antropogen mənşəli hava kütlələri atmosferin yuxarı təbəqələrinə daxil olur, insanları və onlarla birlikdə bütün canlıları sərt ultrabənövşəyi şüalardan qoruyan ozon təbəqəsini parçalayır və zəiflədir.

Havanın çirklənməsinin iqlimə təsiri son nəticədə insan sağlamlığına mənfi təsir göstərir, kənd təsərrüfatı üçün yararlı sahələrin azalmasına, təhlükəli xəstəliklərin daşıyıcılarının dairəsinin genişlənməsinə və əlavə olaraq havanın temperaturunun yüksəlməsi ürək-damar xəstəliklərinin artmasına səbəb ola bilər.

Şəkil 1-də Azərbaycan Respublikası Hidrometeorologiya Departamentinin Gəncə-Qazax bölgəsinin stasionar məntəqələrində atmosfer havasının keyfiyyətinin müşahidələri göstərilmişdir. Müşahidələr zamanı 14 maddə qiymətləndirilir: toz, kükürd dioksidi, karbonmonoksid, azot dioksidi, azot oksidi, hidrogen sulfid, fenol, his, hidrogen xlorid, ammoniyak, formaldehid, metanol, furfural və benzopiren. Müşahidələr mahiyyət etibarı ilə 3 dəfə - yerli vaxtla saat 7:00, 13:00 və 19:00-da aparılır [8, 9].

Cədvəl 1-də Azərbaycan Respublikasının Qərb bölgəsinin hava hövzəsinə atılan çirkləndiricilərin illərə görə miqdarı verilmişdir [9].

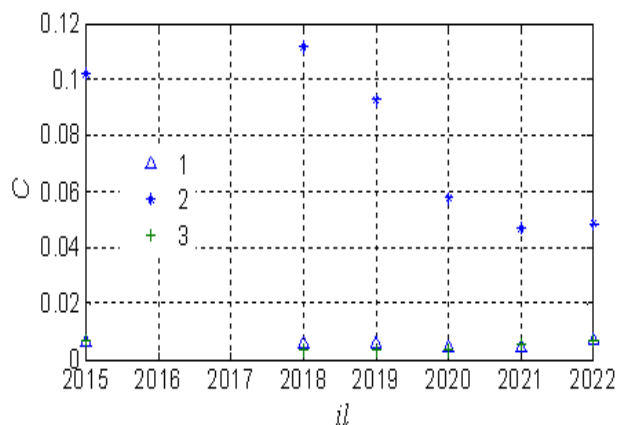


Cədvəl 1-dən göründüyü kimi ərazinin iqtisadi rayonları və eləcə də Gəncə şəhəri üzrə stasionar mənbələrdən çirkləndirici maddələrin atmosfer havasına atılmasında azalma müşahidə olunduğu halda, avtomobil nəqliyyatından atılmış çirkləndirici maddələrin miqdarı artmaqda davam etmişdir.

Şəkil 2-də cədvəl 1-ə əsasən stasionar mənbələrdən və avtomobil nəqliyyatından atmosfer havasına atılmış çirkləndirici maddələrin kütlələrinin nisbəti (C) verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi Gəncə-Daşkəsən iqtisadi rayonunda C nisbətinin illərə görə dəyişməsi nəzərə cəpacaq dərəcədə azalmışdır, Qazax-Tovuz iqtisadi rayonunda və Gəncə şəhərində isə bu nisbətin dəyişməsi az olmuşdur.

Cədvəl 1. Azərbaycan Respublikasının qərb bölgəsində atmosfer havasına atılan çirkləndiricilər

Çirkləndiricilər	İllər					
	2015	2018	2019	2020	2021	2022
Qazax-Tovuz iqtisadi rayonu						
Stasionar mənbələrdən çirkləndirici maddələrin atmosfer havasına atılması, min ton	2,4	2,8	2,1	1,9	2,1	2,2
Atmosfer havasına avtomobil nəqliyyatından atılmış çirkləndirici maddələr, min ton	23,5	25,1	22,6	32,8	44,6	45,4
Gəncə-Daşkəsən iqtisadi rayonu						
Stasionar mənbələrdən çirkləndirici maddələrin atmosfer havasına atılması, min ton	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Atmosfer havasına avtomobil nəqliyyatından atılmış çirkləndirici maddələr, min ton	47,4	52,4	53,2	44,7	44,7	44,7
Gəncə şəhəri						
Stasionar mənbələrdən çirkləndirici maddələrin atmosfer havasına atılması, min ton	0,2	0,1	0,1	0,1	0,16	0,2
Atmosfer havasına avtomobil nəqliyyatından atılmış çirkləndirici maddələr, min ton	28,9	30,3	30,8	28,7	28,7	28,7



Şəkil 2. İllərə görə C nisbətinin dəyişməsi: 1 - Qazax-Tovuz iqtisadi rayonu, 2 - Gəncə-Daşkəsən iqtisadi rayonu, 3 - Gəncə şəhəri

Atmosfer havasının çirklənməsinin keyfiyyət göstəriciləri. Atmosferin mühafizəsinin müasir konsepsiyasına uyğun olaraq atmosferin çirklənməsi atmosfərə xaricdən maddələrin (qaz birləşmələri, maye və bərk hissəciklər) atılması, habelə ona enerji (radiasiya, səs-küy, vibrasiya) ilə hər hansı təsir hesab edilir; torpağın, su və hava hövzələrinin çirklənməsi nəticəsində atmosfer havasının ilkin təbii keyfiyyətinin pisləşməsinə səbəb olan, canlı və cansız təbiətə – bütün ətraf mühitə zərər vuran dolayı təsir. Təbiətinə görə ilkin çirklənməni – birbaşa mənbədən atılan tullantıların nəticələrini və ikinci çirklənməni – atmosferdəki fiziki-kimyəvi dəyişikliklərin nəticələrini fərqləndirirlər.

Atmosfer çirkləndiricilərinin qaz və toz şəklində atmosfer mühitinə daxil olması (ilkin çirklənmə), onların məkanda qarışması və geri dönməz fiziki və kimyəvi çevrilmələrlə müşayiət olunan uzun məsafələrə ötürülməsi – ilkin hissəciklərin dağılması atmosferdə ən böyük toksikliyi (ikinci dərəcəli çirklənmə) ilə xarakterizə olunan yeni qaz birləşmələrinin, ilk növbədə radikalların və turşu buxarlarının, maddənin qaz fazasından yeni ikinci dərəcəli hissəciklərin davamlı olaraq əmələ gəlməsi ilə baş verir. Çirklənmə həm çirkləndiricilərin özlərinin, həm də çirklənmə prosesini gücləndirən mümkün atmosfer şəraitinin təsirinin nəticəsidir (məsələn, fotokimyəvi oksidləşdiricilərin olması və duman əmələgəlmələrə səbəb olan günəş radiasiyasının artması) [3, 10, 11].

Atmosferdəki çirkləndiricilərin bir çoxu aerosol şəklində, bərk və ya maye hissəcikləri şəklində olur. Bunlar atmosferin kimyəvi çirklənməsinin ən təhlükəli elementləridir; tərkibində kimyəvi maddələrin mürəkkəb kompleksləri, o cümlədən yüksək toksiklik dərəcəsinə malik olanlar insan sağlamlığı və bitkilərin canlılığı üçün təhlükə yarada bilər. Atmosferin aerozolla çirklənmə təhlükəsi dərəcəsi, aerozolun qaz dispersiya mühiti və orada asılı halda olan bərk və ya maye dispers fazası hava sisteminin ümumi tərifinə əsasən müəyyən edilə bilər.

Beləliklə, aerosol çirklənməsinin xassələri yalnız dispers fazanın xüsusiyyətləri (ölçüsü, forması və quruluşu, həmçinin kimyəvi tərkibi və hissəciklərin birləşmə vəziyyəti) ilə deyil, həm də dispersiya mühitinin xüsusiyyətləri ilə müəyyən edilir: havanın təzyiqi, temperatur, sıxlıq, rütubət, turbulentlik və s. [3, 11].

Havanın çirklənmə səviyyəsi adətən bir sıra ölçülmüş zərərli maddələr üçün statik xüsusiyyətlər toplusu ilə təsvir olunur. Atmosfer çirklənməsinin dərəcəsini qiymətləndirmək üçün maddələrin maksimal orta konsentrasiyası sanitar-gigiyenik normaya uyğunlaşdırılır. Havanın çirklənməsinin normallaşdırılmış xüsusiyyətlərinə havanın çirklənməsi indeksi ($H\dot{C}\dot{I}$) deyilir [8, 9, 12].

$H\dot{C}\dot{I}$ göstəriciləri 2 əsas qrupa bölünürlər:

- havanın bir çirkləndirici ilə çirklənməsinin vahid göstəriciləri,
- havanın bir neçə maddədən ibarət çirklənməsinin kompleks göstəriciləri ($H\dot{C}KG$).

Atmosfer havasının çirklənmə dərəcəsi çirkləndiricilərin faktiki konsentrasiyalarını (mq/m^3 , mkq/m^3 -lə) atmosfer havasında çirkləndiricinin yol verilən (icazə verilən) qatılıqları (YVQ) ilə müqayisə etməklə qiymətləndirilir, məsələn, hər hansı i -ci çirkləndiricinin təsirini ifadə etmək üçün aşağıdakı əmsaldən istifadə edilir:

$$C_i = C_i^* / YVQ_i . \quad (1)$$

Burada C_i – qatılığı C_i^* olan fərdi çirkləndiricilər tərəfindən atmosfer havasının keyfiyyətinin meyarı kimi istifadə olunur.

YVQ – birbaşa və ya dolaylı mənfi təsir göstərməyən, insanın fəaliyyətini aşağı salmayan, onun rifahını və sanitariya həyat şəraitini pisləşdirməyən konsentrasiyadır. YVQ $1m^3$ hava üçün mq maddə ilə verilir (mq / m^3), maksimal qatılıqları aşağıdakılardır:

$YVQ_{m.b.}$ – çirkləndiricinin yol verilən maksimal birdəfəlik qatılığı, mq/m^3 ;

$YVQ_{o.s.}$ – çirkləndiricinin yol verilən orta sutkalıq qatılığı, mq/m^3 ;

$YVQ_{o.il.}$ – çirkləndiricinin yol verilən orta illik qatılığı, mq/m^3 .

Cədvəl 2-də atmosfer havasında müxtəlif çirkləndiricilərin yol verilən qatılıqları göstərilmişdir.

Cədvəl 2. Çirkləndiricilərin yol verilən qatılıqları

Çirkləndiricilər	Yol verilən qatılıq - YVQ , mq/m^3		
	Maksimal birdəfəlik ($YVQ_{m.b.}$)	Orta sutkalıq ($YVQ_{o.s.}$)	Orta illik ($YVQ_{o.il.}$)
Kükürd dioksidi	0,5	0,05	0,05
Dəm qazı	5	3	3
Azot dioksidi	0,085	0,04	0,04
Azot oksidi	0,4	0,06	0,06
Asılı bərk maddələr	0,5	0,15	0,15

Mövcud qaydalara görə bəzi maddələr üçün onların zərərli təsirləri ümumiləşdirilə bilər. Əgər müvafiq olaraq, C_i^* konsentrasiyaları və YVQ_i yol verilən maksimum konsentrasiyası olan belə inqrediyentlər varsa, aşağıdakı şərtin təmin edilməsi tələb olunur:

$$CHCKG = \sum C_i^* / YVQ_i < 1. \quad (2)$$

Havada eyni vaxtda bir neçə zərərli maddə olduqda onların hər birinin C_i^* faktiki konsentrasiyalarının YVQ_i -yə nisbətlərinin cəmi – $CHCKG$ bir vahiddən çox olmamalıdır.

Atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin integral göstəricisi müəyyən ərazi üçün ən yüksək konsentrasiyaya malik beş inqrediyent əsasında hesablanan və maddələrin təhlükə sinfini nəzərə alan atmosfer havasının çirklənməsi indeksidir ($AÇİ$). $AÇİ$ stasionar müşahidələrin aparıldığı konkret yaşayış məntəqələri üçün atmosfer havasının çirklənmə səviyyəsinin dinamikasını qiymətləndirmək üçün əlverişli sanitariya-gigiyenik xüsusiyyətdir. $AÇİ$ xroniki, uzunmüddətli hava çirklənməsinin səviyyəsini xarakterizə edir. Havanın çirklənmə səviyyəsi $AÇİ$ 5-ə qədər aşağı, 5-dən 7-yə qədər artan, 7-dən 14-ə qədər yüksək və 14-dən yuxarı çox yüksək hesab olunur.

Müasir dövrdə ətraf mühitin mühafizəsi agentlikləri və institutları, alimlər və könüllülər havanın çirklənməsinin insan sağlamlığına zərərli təsirlərini azaltmağa daha dəqiq üsullar axtarırlar. Bunun bir üsulu əhalini havanın keyfiyyətinin aşağı düşməsi və müəyyən növ çirkləndiricilərdən necə qorunmaq barədə məlumatlandırmaqdır; havanın çirklənməsinin monitorinqi daim aparılmalı və məlumatlar asan şəkildə təqdim edilməlidir.

Havanın çirklənmə dərəcəsini qiymətləndirmək üçün hava keyfiyyəti indeksi – AQI (Air Quality Index) hazırlanmışdır [12]. Termin ABŞ-ın Ətraf Mühitin Mühafizəsi Agentliyi – EPA tərəfindən təklif edilmişdir. İndi ətraf mühit təşkilatları tərəfindən

atmosferin vəziyyəti haqqında insanlara məlumat vermək üçün geniş istifadə olunur. Hava keyfiyyəti indeksi aşağıdakı düstura əsasən təyin edilir:

$$I_p = \frac{I_{hi} - I_{l0}}{BP_{hi} - BP_{l0}} (C_p - BP_{l0}) + I_{l0} . \quad (3)$$

Burada I_p – həmin indeksin p çirkləndiricisinə uyğun qiyməti, C_p – p çirkləndiricisinin konsentrasiyası, BP_{hi} – C_p -dən böyük və ya ona bərabər olan konsentrasiya, BP_{l0} – C_p -dən az və ya ona bərabər olan konsentrasiya, I_{hi} – BP_{hi} -yə uyğun gələn AQI , I_{l0} – BP_{l0} -a uyğun gələn AQI -dir.

Nəzərə almaq lazımdır ki, müxtəlif ölkələr milli hava keyfiyyəti standartlarına cavab verən öz AQI -dən istifadə edirlər. Məlumatlar özəl və hökumət monitoring stansiyalarından daxil olur. Cədvəl 3-də AQI kəmiyyətinin qəbul olunmuş qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 3. Atmosfer havasının keyfiyyəti indeksi, AQI

AQI	Havanın çirklənmə səviyyəsi
0-50	Yaxşı
51-100	Qənaətbəxş
101-150	Həssas qruplar üçün ziyanlı
151-200	Qeyri-sağlam

Şəkil 3-də Gəncə şəhəri üçün hava keyfiyyəti indeksi AQI (ətraf havada çirkləndiricilərin konsentrasiyasının və onlarla əlaqəli sağlamlıq risklərinin ölçülməsidir) verilmişdir. Bu şəkildə havanın keyfiyyəti norma daxilində olmuşdur.

Şəkil 4-də Gəncə-Qazax bölgəsinə dair havanın çirklənmə səviyyəsinin xəritəsi göstərilmişdir. Bu xəritə qış mövsümünə aiddir. Xəritədən göründüyü kimi ölkəmizin qərb bölgəsinin hava hövzəsində çirklənmə müşayiət edilmir; hava keyfiyyəti indeksi AQI norma daxilindədir.



Şəkil 3. Gəncə şəhərinin real vaxt rejimində çirklənmə xəritəsi (23 yanvar 2024-cü il)



Şəkil 4. Gəncə-Qazax bölgəsində havanın keyfiyyətinin xəritəsi

Atmosferin ekoloji vəziyyəti haqqında peyk məlumatları. Müasir dünyada iqlim və ekoloji problemlərin həllində peyk şəkilləri və kosmik monitoring getdikcə daha çox istifadə olunur [11]. Kosmik monitoring regional və geniş ərazilər üzrə məlumat əldə etməyə imkan verir ki, bunu da heç bir yerüstü tədqiqatla əldə etmək praktiki olaraq mümkün deyil. Peyk məlumatı ərazi coğrafi informasiya sistemlərində (CİS) xüsusi rol oynayır ki, bu gün də onsuz müasir regional ekoloji fəaliyyətin həyata keçirilməsini təsəvvür etmək mümkün deyil. CİS-də Yer səthinin məsafədən zondlanmasının (YMZ) nəticələri ekoloji məsələlərin həlli üçün zəruri olan və mütəmadi olaraq yenilənən məlumat mənbəyidir [2, 13,14,15,16,17]. Ekoloji monitoring vaxtında ekoloji proseslərin və hadisələrin dinamikasını öyrənmək, səbəbləri təhlil etmək, mümkün proqnozlar vermək üçün tədqiqat üsullarını müəyyən edir.

Yerin süni peyklərinin sayında və müxtəlifliyində davamlı artım kosmik məsafədən zondlama vasitələrinin inkişafını sürətləndirir, eyni zamanda mövcud peyklərin bort avadanlığının informasiya imkanları əvvəlki dövrlərə nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. Hazırda ən informativ kosmik sistemlərin seçilməsi məsələsi xüsusi aktuallıq kəsb edir. Yeni yanaşmadan istifadə zamanı müştəriyə geoportallar və geoserverlər vasitəsilə məsafədən zondlama məlumatlarına daxil olmaq imkanı verilir.

YMZ məlumatlarının virtual qəbulu, öz növbəsində kosmik monitoringi informasiya və analitik baza kimi xüsusilə perspektivli edir. Bu üsul məkan məlumatının operativ alınmasına zəmanət verir [2].

Məsafədən zondlama sistemlərindən istifadənin səmərəliliyi əsasən kosmik informasiyanın paylanması sisteminin xüsusiyyətlərindən asılıdır. Hazırda YMZ məlumatları açıq və kommersiya peyk məlumatlarına bölünməsi ilə xarakterizə olunur.

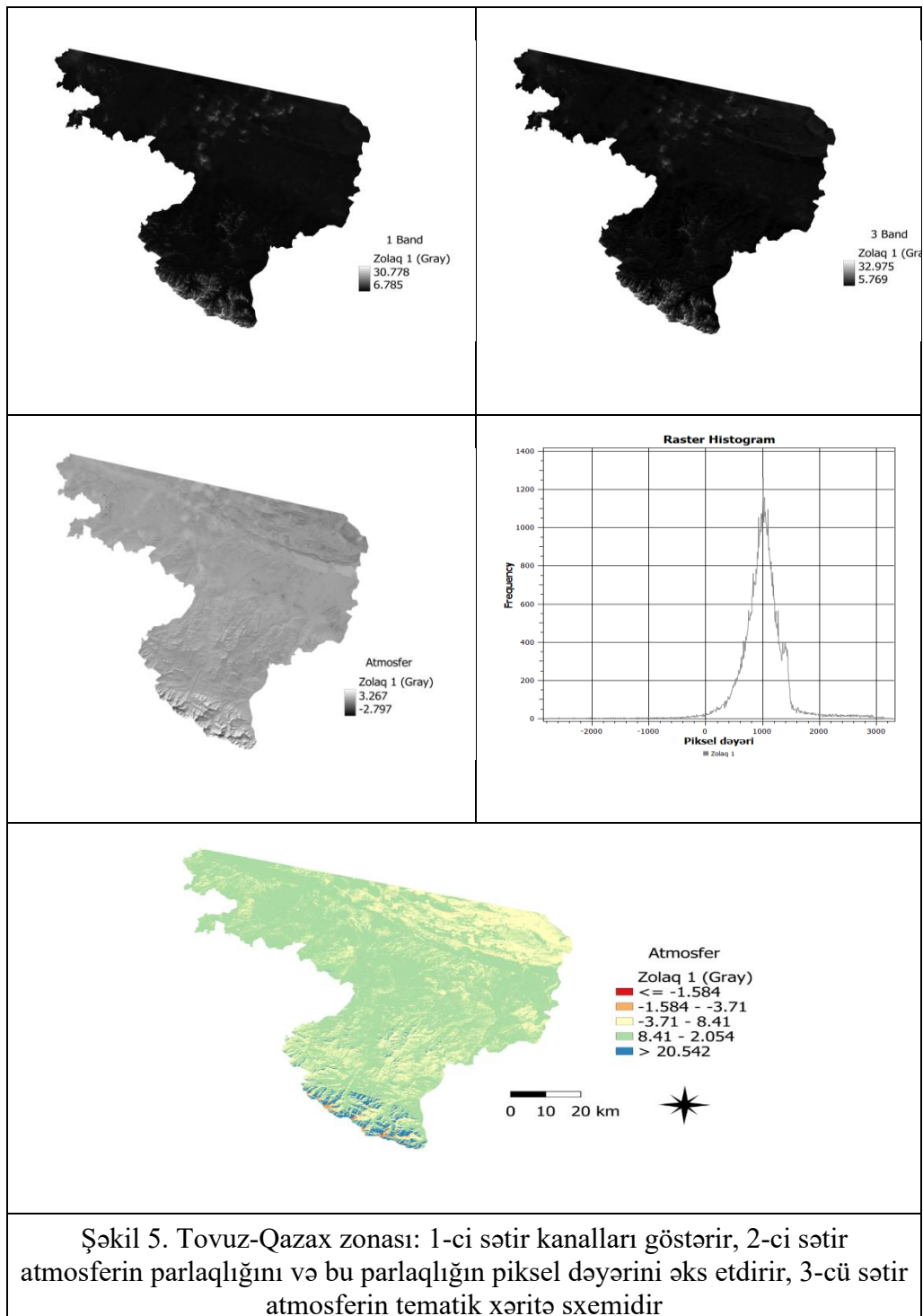
Qeyd edilməlidir ki, peyk təsvirlərinin fərdi multispektral kanalları əks etdirən səthlərin optik xüsusiyyətləri haqqında müxtəlif məlumatlar verə bilər. Məsələn, görünən diapazonun ilk kanalı atmosferin əks etdirici xüsusiyyətlərini xarakterizə edir, bu kanalda atmosferin təsiri özünü əhəmiyyətli dərəcədə göstərir. Günəş işığının effektiv dalğa uzunluğunda ən böyük optik aktivliyi submikron (sbm) ölçüdə olan atmosfer aerozolları göstərir [3, 10].

Yuxarıda geniş şəkildə təsviri verilmiş təbii və antropogen amillərin Gəncə-Qazax regionunun atmosfer havasına təsirini müqayisə etmək üçün Landsat-8 peykindən əldə edilən LC08_L1TP_169032_20230102_20230111_02_T1_B1,B3 (B1,B2 - kanallardır) görüntülərdən istifadə edilmişdir. Bu müqayisə aşağıdakı ifadə əsasında aparılmışdır:

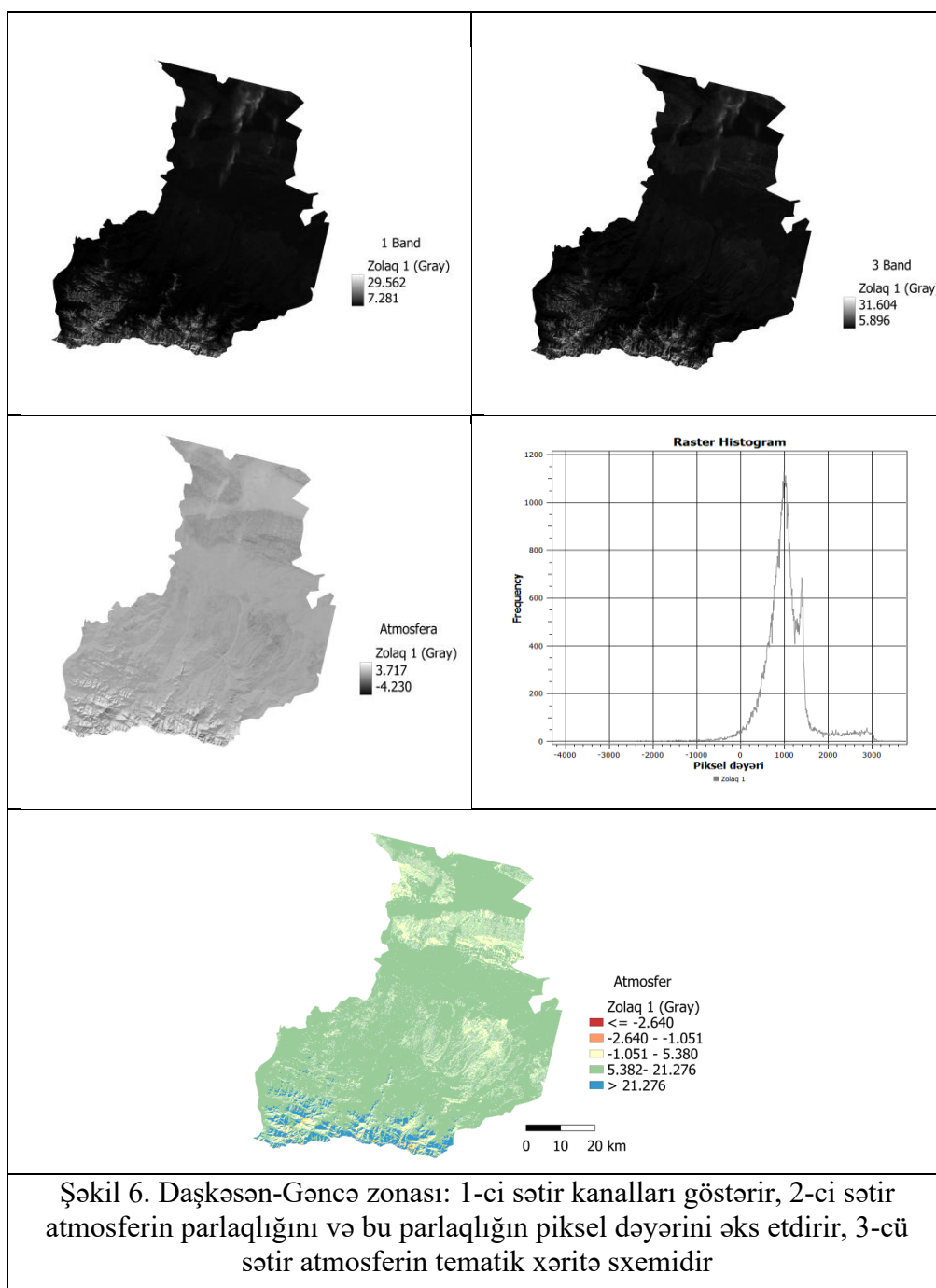
$$M(i, j) = X_{1band}(i, j) - X_{3band}(i, j). \quad (4)$$

Burada $M(i, j)$ – pikselin parlaqlıq dəyərlərini əks etdirən iki ölçülü matrisə, $X_{1band}(i, j)$ və $X_{3band}(i, j)$ – 1-ci və 3-cü kanala uyğun qiymətlərdir (kompüterin yaddaşında rastr fəza təsvirləri ikiölçülü matrisələr şəklində təqdim olunur). Peyk şəkillərinin 1-ci və 3-cü kanallarında: 1-ci kanal əks olunan günəş radiasiyasının zəifləməsinə ən çox təsir edir, 3-cü kanal işıq radiasiyasının diffuz ötürülməsində əhəmiyyətli rol oynayır.

(4) ifadəsinə əsasən Gəncə-Qazax regionunun Tovuz-Qazax və Daşkəsən-Gəncə zonalarının peyk təsvirlərinin müqayisəsi verilmişdir; şəkil 5 Tovuz-Qazax zonasını, şəkil 6 isə Daşkəsən-Gəncə zonasını əks etdirir.



Şəkil 5 və şəkil 6-da histqramların simmetrik olması, ümumilikdə atmosferin bircinsliyini xarakterizə edir. Eyni zamanda relyefin təsiri aydın görünür. Tematik xəritələrdə parlaqlığın zonal paylanması müxtəlifliyi qiymətləndirilir.



Nəticə. Peyk və peykaltı məlumatlar əsasında atmosferi çirkləndirən mənbələrin və atmosfer havasının keyfiyyətinin əsas göstəricilərinin hərtərəfli təhlili aparılmış, həmçinin Gəncə-Qazax bölgəsində atmosfer havasının ekoloji vəziyyətinin müqayisəli təhlili verilmişdir. Gəncə-Qazax bölgəsinin hava hövzəsinin ekoloji vəziyyətinə regional şəraitin təsirinin xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Azərbaycanca iqlim |Azərbaycan coğrafiyası – Kayzen.az (<https://kayzen.az/blog/Azərbaycan-coğrafiyası/24072/azərbaycanda-iqlim.html>).
2. 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/>). Атмосферная коррекция по методу DOS ([gis-lab.info qa/atcorr-dos.html](https://gis-lab.info/qa/atcorr-dos.html)). Вегетационные индексы (<https://gis-lab.info/qa/vi.html>).
3. Исмаилов Ф.И. Атмосферный аэрозоль. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019, 288с. ISBN: 978-613-9-45431-0.
4. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 376 с.
5. Алиев Н.А. (главный редактор). Доля выбросов загрязняющих веществ по отраслям производства: Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Азербайджан 2017 года. – Ziya, Baku, 2017, с. 58-65.
6. Weng, Q., Lu, D. and Schubring, J. (2004) Estimation of Land Surface Temperature Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies. Remote Sensing of Environment, 89, 467-483. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>. (<https://www.earthdata.nasa.gov/eosdis/science-system-description/eosdis-services>).
7. С. Сафаров. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. Издательство «ЭЛМ», 2000, 333 с.
8. Azərbaycanın Dövlət Statistika Komitəsi: Gəncə-Qazax iqtisadi rayonu. Arxivləşdirilib. 2012-05-11 at the Wayback Machine.
9. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. Regionlar (<https://www.stat.gov.az/source/regions/>).
10. Исмаилов Ф.И. Параметризация эффектов рассеяния света субмикронным аэрозолем. Баку, 1992, канд. дис., с. 103-108.
11. Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е., Попов С.М. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Изд. МИИГАиК. 2008 г., 145 с.
12. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). EPA-454/B-16-002 May 2016, p.20 (<https://web.archive.org/web/20201026120832/https://www.airnow.gov/sites/default/files/2018-05/aqi-technical-assistance-document-may2016.pdf>).
13. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва, Техносфера, 2008, 288 с., ISBN 978-5-94836-178-9.
14. Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://gislab.info/qa/ndvi.html>.
15. Chavez P.S. Image-based atmospheric correction – revisited and improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996, 62(9), 1025 – 1036.
16. Dubovik, O., A. Smirnov, B. Holben and et al., 2000: Accuracy assessments of aerosol optical properties retrieved from Aerosol Robotic Network (AERONET) sun and

sky radiance measurements. JGR, 105 (D8), 9791-9806.

17. Leonard W. Abreu et al. System for modeling moderate resolution atmospheric propagation, Publication date 1994-05-24, US005315513A.

Ф.И.Исмаилов, Ч.А.Абдурахманов

**Сравнение воздействия природных и антропогенных факторов на
атмосферный воздух Гянджа-Газахского региона по данным
спутниковых данных**

Резюме

Проведен комплексный анализ атмосферных источников загрязнения, основных показателей качества атмосферного воздуха, а также сравнительный анализ экологического состояния атмосферного воздуха в Гянджа-Газахском регионе на основе спутниковых и подспутниковых данных.

Изучены особенности влияния региональных условий на экологическое состояние воздушного бассейна Гянджа-Газахского региона.

F.I.İsmailov, Ch.A.Abdurahmanov

**Comparison of the impact of natural and anthropogenic factors on atmospheric air
of the Ganja-Gazakh region based on satellite data**

Abstract

A comprehensive analysis of pollution sources, key indicators of air quality, and a comparative analysis of the environmental state of atmospheric air in the Ganja-Gazakh region based on satellite data were conducted.

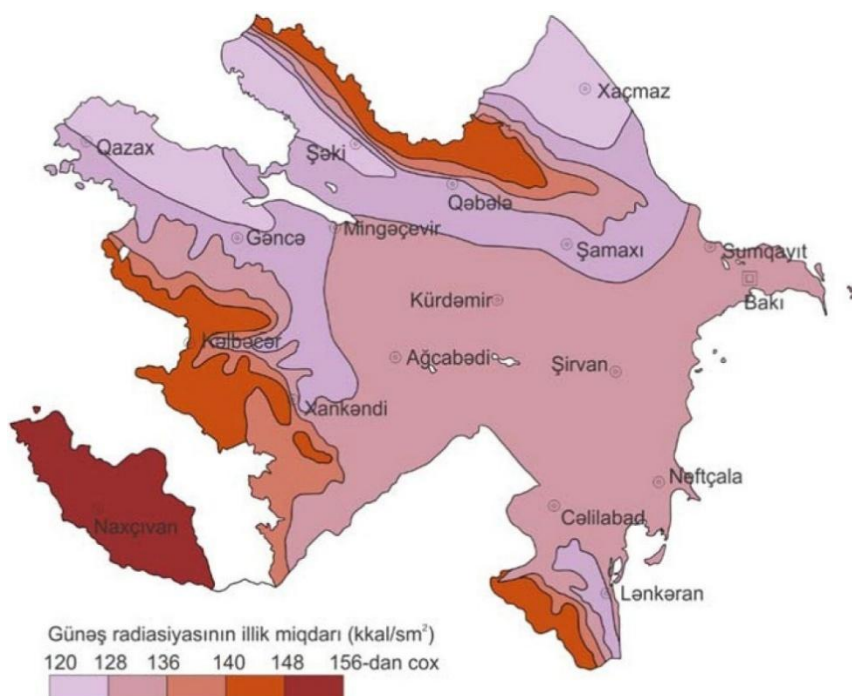
The features of the influence of regional conditions on the environmental state of the air basin of the Ganja-Gazakh region were studied.

F.F.Məmmədov, N.E. Nəcəfzadə (Milli Aerokosmik Agentliyi)

AZƏRBAYCANDA ENERJİ ŞƏBƏKƏSİNƏ QOŞULAN FOTOVOLTAİK SİSTEMLƏRİN POTENSİALI

Giriş. Son illərdə dünyada enerji tələbatının artması və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə çərçivəsində bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Xüsusilə günəş enerjisi sərhədsiz bir qaynaq olaraq dünya miqyasında enerji istehsalının şaxələndirilməsində mühüm rol oynamağa başlamışdır. Bununla yanaşı, karbon emissiyalarını azaltmaq və enerjinin davamlılığını təmin etmək məqsədilə bir çox ölkələr günəş enerjisinə əsaslanan texnologiyaların tətbiqini genişləndirməkdədir. Fotovoltaik (PV) sistemlər günəş enerjisindən elektrik enerjisi əldə etmək üçün ən geniş yayılmış və effektiv üsullardan biridir. PV sistemlərinin şəbəkəyə qoşulması ilə bu texnologiyalar ənənəvi enerji mənbələrinə alternativ olaraq geniş bir miqyasda tətbiq edilə bilər.

Azərbaycan, zəngin enerji resurslarına malik olan bir ölkə olaraq uzun illər neft və qaz ehtiyatlarına əsaslanan iqtisadi inkişaf siyasətini davam etdirmişdir. Bununla belə global tendensiya və bərpa olunan enerji sektorunun inkişafı fonunda Azərbaycan da enerji istehsalını şaxələndirmək və davamlı enerji mənbələrinə keçid etmək niyyətindədir. Bu kontekstdə ölkənin enerji siyasətində günəş enerjisi kimi təmiz enerji mənbələrinin rolu artmaqdadır. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti tərəfindən qəbul edilmiş 2030-cu ilə qədər Enerji Strategiyasında da bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin genişləndirilməsi prioritet istiqamətlərdən biri olaraq qeyd olunmuşdur (şəkil 1) [1,2].



Şəkil 1. Azərbaycanın günəş radiasiyası xəritəsi

Azərbaycanda günəş enerjisi potensialı böyükdür və ölkənin müxtəlif regionlarında bu potensialın qiymətləndirilməsi istiqamətində müxtəlif tədqiqatlar aparılmışdır. Lakin bu potensialın reallaşdırılması üçün şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin genişmiqyaslı tətbiqi tələb olunur. PV sistemlərinin genişmiqyaslı istifadəsi yalnız enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasına deyil, həm də ekoloji davamlılığın gücləndirilməsinə mühüm töhfə verə bilər. Bu səbəbdən PV sistemlərinin şəbəkəyə inteqrasiyası Azərbaycanda həm texniki, həm də iqtisadi və qanunvericilik baxımından bir sıra problemlərlə üzləşir.

Burada əsas məqsəd Azərbaycanın günəş enerjisi potensialını və şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin inteqrasiyası ilə bağlı çətinlikləri geniş şəkildə təhlil etməkdən ibarətdir. Tədqiqat həm texniki maneələri, iqtisadi məhdudiyyətləri, həm də qanunvericilik və sosial-institusional problemləri nəzərə alaraq həll yollarını müəyyənləşdirməyi hədəfləyir. Şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin həyata keçirilməsi Azərbaycan üçün enerji şəbəkəsinin dayanıqlığını artırmaq və fosil yanacaqlara olan asılılığı azaltmaq baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır. Tədqiqatın nəticələri həm enerji sektorunda qərar qəbul edənlər, həm də potensial investorlar və mütəxəssislər üçün faydalı məlumatlar təqdim edərək Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadənin genişlənməsinə təkan verə bilər [3].

Azərbaycanda günəş enerjisi potensialı. Coğrafi və iqlim potensialı. Azərbaycan günəş enerjisi potensialına görə əlverişli coğrafi və iqlim şəraitinə malik bir ölkədir. Ölkə 39° və 41° şimal enlikləri hüduunda yerləşir ki, bu da günəş radiasiyasının miqdarını artıran mühüm amillərdən biridir. Azərbaycanın coğrafi mövqeyi əksər ərazilərində il ərzində günəş işığının yüksək səviyyədə olması ilə nəticələnir. Xüsusilə Abşeron yarımadası, Kür-Araz ovalığı, Şirvan və Naxçıvan bölgələri kimi yerlər günəş radiasiyasının ən yüksək olduğu ərazilərdən sayılır. Bu regionlar ildə təxminən 2200-2400 saat günəş işığı alır ki, bu da bu ərazilərin günəş enerjisindən istifadə üçün böyük potensial daşdığını göstərir.

Azərbaycanın coğrafi müxtəlifliyi günəş enerjisi potensialının ölkənin ayrı-ayrı ərazilərində müxtəlif səviyyələrdə olmasına şərait yaradır. Cənub rayonlarında günəş radiasiyasının illik orta göstəricisi $1500-1600 \text{ kWh/m}^2$ -ə çatır ki, bu da günəş enerjisi texnologiyalarının istifadəsi üçün kifayət qədər yüksək göstəricidir. Bununla yanaşı Azərbaycanın şimal hissələrində və dağlıq bölgələrində radiasiya dərəcəsi bir qədər aşağıdır, lakin yenə də günəş enerjisindən istifadə üçün əlverişli sayılır. Bu müxtəliflik ölkənin günəş enerjisi potensialının həm lokal, həm də regional miqyasda səmərəli şəkildə istifadəsinə imkan verir [4].

İqlim baxımından Azərbaycan subkontinental və mülayim quru iqlimlərin təsiri altında olduğundan, ölkə ərazisində uzun və quru yay mövsümü müşahidə edilir. Bu da günəş enerjisi texnologiyalarının, xüsusilə də fotovoltaiik sistemlərin istifadəsi üçün əlverişli şərait yaradır. Əksər ərazilərdə yay ayları ərzində günəş işığının demək olar ki, fasiləsiz olduğu bir dövr yaşanır. Belə şərait günəş panellərinin səmərəliliyinin maksimum səviyyədə olmasını təmin edir və ilin əksər hissəsində yüksək enerji hasilatı potensialı yaradır.

Azərbaycanda günəş radiasiyasının paylanması həm də mövsümi olaraq dəyişir. Yaz və yay aylarında radiasiya səviyyəsi kəskin şəkildə artır və bu dövrlərdə günəş enerjisi hasilatı maksimuma çatır [5]. Payız və qış aylarında isə radiasiya səviyyəsi azalır, lakin yenə də bəzi bölgələrdə enerji hasilatının davamlılığı təmin edilə bilər. Bu da onu

göstərir ki, mövsümi fərqlər olsa da, günəş enerjisi texnologiyalarının illik səmərəliliyi yüksək olaraq qalır.

Hava şəraitinin dəyişkənliyi də Azərbaycanda günəş enerjisindən istifadəyə müəyyən təsir göstərə bilər. Atmosfer şəraiti, xüsusilə buludlu günlər və yüksək rütubət dərəcəsi günəş panellərinin səmərəliliyini müvəqqəti olaraq azalda bilər. Lakin bu təsirlər ölkənin əksər bölgələrində yay mövsümündə minimal dərəcədə olur, çünki hava şəraiti əsasən aydın və günəşlidir.

Günəş enerjisi potensialının daha effektiv istifadəsi üçün coğrafi və iqlim şəraitinin nəzərə alınması vacibdir. Bu həm günəş enerjisi layihələrinin yerinin düzgün müəyyən edilməsi, həm də mövcud infrastrukturun daha optimal şəkildə inkişaf etdirilməsi üçün mühüm rol oynayır. Azərbaycanda günəş enerjisi potensialı həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan böyük imkanlar yaradır. Ölkənin strateji coğrafi mövqeyi və əlverişli iqlim şəraiti nəzərə alındıqda, günəş enerjisindən genişmiqyaslı istifadənin təmin edilməsi Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyinin möhkəmləndirilməsində və ekoloji davamlılığın artırılmasında əsas faktorlardan biri ola bilər.

Mövcud günəş infrastrukturunun təhlili. Azərbaycanda günəş enerjisi infrastrukturunun inkişafı son illərdə diqqətəlayiq irəliləyişlər əldə etsə də, bu sahədə hələ də mühüm potensial mövcuddur. Mövcud günəş infrastrukturunun təhlili zamanı əsas diqqət mərkəzində olan amillər ölkədə quraşdırılan günəş enerjisi layihələrinin miqyası, texnoloji səviyyəsi və bu layihələrin enerji şəbəkəsinə inteqrasiyasının səmərəliliyidir. Azərbaycan ümumilikdə yüksək günəş enerjisi potensialına malik olsa da, ölkədə hələlik genişmiqyaslı günəş enerjisi layihələri tam şəkildə həyata keçirilməmişdir.

Hazırda ölkədə mövcud olan günəş enerjisi infrastrukturunun əsas hissəsini kiçikmiqyaslı pilot layihələr və fərdi yaşayış yerlərində quraşdırılmış fotovoltaiq panellər təşkil edir. Bu kiçik layihələr əsasən bərpa olunan enerji texnologiyalarının ilkin sınağı və yerli bazarın tələblərini qiymətləndirmək məqsədilə həyata keçirilir. Məsələn, Naxçıvan Muxtar Respublikası Azərbaycanın digər bölgələrinə nisbətən günəş enerjisi texnologiyalarının tətbiqi üzrə daha çox təcrübəyə malikdir. Burada günəş elektrik stansiyaları artıq müəyyən dərəcədə fəaliyyət göstərir və enerji təchizatında mühüm rol oynayır. Bununla yanaşı, ölkənin digər ərazilərində də günəş enerjisi sahəsində bəzi layihələr reallaşdırılsa da, bu sahədə infrastrukturun miqyası və təsir sahəsi hələ də məhduddur.

Günəş enerjisinin geniş istifadəsini təşviq etmək üçün Azərbaycan hökuməti tərəfindən bir sıra strateji addımlar atılmış, 2020-ci ildə qəbul olunan "Bərpa Olunan Enerji Mənbələrindən İstifadə Haqqında Qanun" bu sahədə hüquqi bazanı gücləndirmişdir. Lakin qanunvericilikdə müəyyən boşluqlar qalır ki, bu da günəş enerjisi infrastrukturunun genişlənməsini və inkişafını müəyyən qədər ləngidən amillərdən biridir. Şəbəkəyə qoşulma və tarif tənzimləmə məsələləri və texniki standartlar hələ də tam şəkildə öz həllini tapmamışdır. Bütün bunlar isə mövcud günəş enerjisi infrastrukturunun inkişafı üçün müəyyən maneələr yaradan səbəblər olaraq qalmaqdadır.

Texnoloji baxımdan ölkədə quraşdırılan günəş panellərinin əksəriyyəti o qədər də səmərəli olmayan texnologiyalara əsaslanmışdır. İnkişaf etmiş ölkələrdə tətbiq edilən daha səmərəli bifasial panellər və ya perovskit texnologiyalar Azərbaycanda hələ də geniş tətbiq edilməmişdir. Bu, ölkədə günəş enerjisi infrastrukturunun inkişafında texnoloji boşluq yaratmaqla ölkənin günəş enerjisi potensialının tam şəkildə reallaşdırılmasında maneçilik yaradır. İnfrastrukturun bu aspekti təkcə texnoloji yeniliklərə deyil, həm də

texnoloji avadanlıqların idxalına və yerli istehsalın stimullaşdırılmasına böyük ehtiyac olduğunu göstərir [6].

Bundan başqa mövcud günəş enerjisi infrastrukturunun enerji şəbəkəsinə inteqrasiyası məsələsi də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Hal-hazırda günəş enerjisinin elektrik şəbəkəsinə qoşulması prosesində texniki və iqtisadi çətinliklər mövcuddur. Xüsusilə də günəş enerjisinin qeyri-sabit təbiəti, enerji hasilatının müəyyən dövrlərdə artıb-azalması kimi problemlər şəbəkəyə qoşulmada əlavə maneələr yaradır. Bu problemlərin həlli üçün şəbəkəyə inteqrasiya prosesində müasir texnologiyaların, xüsusən də enerji saxlama sistemlərinin və ağıllı şəbəkələrin tətbiqi vacibdir.

Enerji saxlama texnologiyaları olmadan günəş enerjisindən alınan elektrik enerjisinin şəbəkəyə etibarlı şəkildə inteqrasiyası çətinlik yaradır. Azərbaycanın enerji infrastrukturunda enerji saxlama sistemlərinin inkişafı hələ ilkin mərhələdədir. Bu cür sistemlərin geniş şəkildə tətbiqi günəş enerjisinin fasiləsiz və davamlı istifadə edilməsinə imkan verəcəkdir. Hazırda isə enerji hasilatı və tələbat arasında balans yaratmaq üçün fosil yanacaqlardan alınan enerji ilə günəş enerjisi birlikdə istifadə edilir.

Mövcud günəş enerjisi infrastrukturunun digər məhdudiyyətləri arasında maliyyə dəstəyi və investisiya çatışmazlığı da mühüm yer tutur. Günəş enerjisi layihələrinin həyata keçirilməsi üçün yüksək ilkin kapital tələb olunur ki, bu da iri miqyaslı günəş elektrik stansiyalarının inşasını ləngidən əsas amillərdən biridir. İnvestorlar üçün dövlət tərəfindən daha çox maliyyə dəstəyi, vergi güzəştləri və digər stimullaşdırıcı tədbirlərin həyata keçirilməsi günəş enerjisi infrastrukturunun inkişafını sürətləndirə bilər [3].

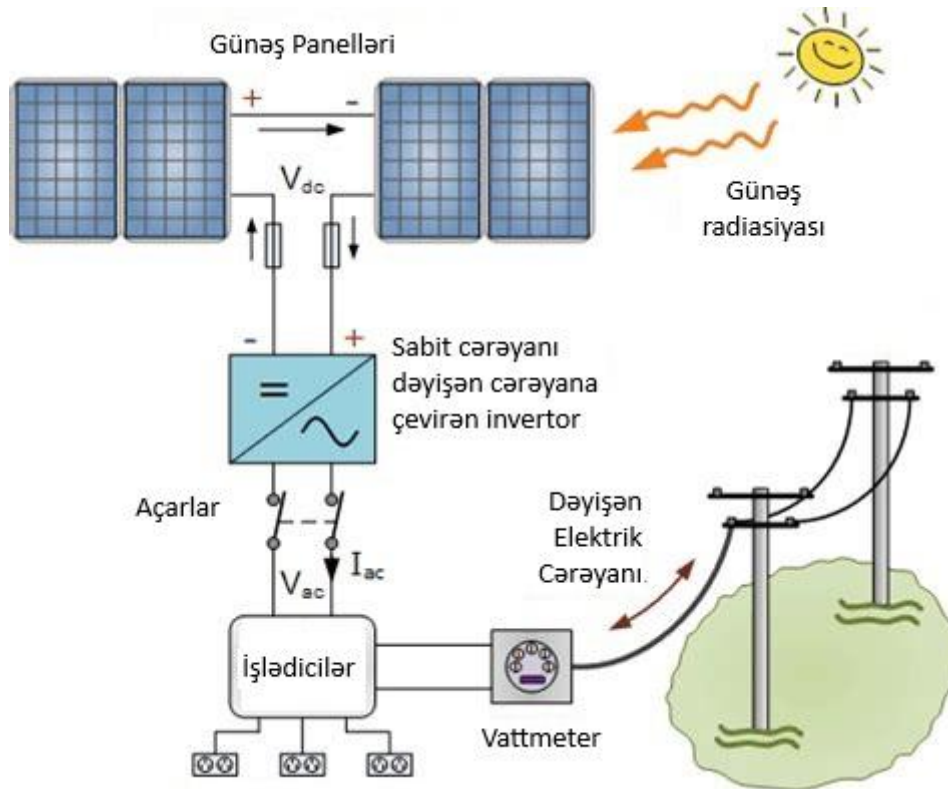
Şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin inteqrasiyası ilə bağlı çətinliklər. Texniki maneələr. Şəbəkəyə qoşulan fotovoltaiik sistemlərin effektiv inteqrasiyası, xüsusilə inkişaf etməkdə olan enerji bazarlarında ciddi texniki maneələrlə üzləşir. Azərbaycanda bu maneələr, ölkənin mövcud enerji infrastrukturunu və günəş enerjisi sistemlərinin xüsusiyyətləri ilə əlaqədar bir sıra çətinliklər yaradır. İlk növbədə şəbəkənin dayanıqlığı və PV sistemlərin şəbəkəyə inteqrasiyası ilə bağlı texniki problemlər qeyd edilməlidir. Günəş enerjisinin təbiətinə görə bu texnologiyalar qeyri-sabit enerji mənbəyidir. Günəş enerjisi yalnız günəş işığı mövcud olduqda elektrik enerjisi hasil edir və bu səbəbdən enerji istehsalı günün müəyyən saatlarında maksimuma çatır, lakin gecə saatlarında və buludlu günlərdə kəskin azalır. Enerji hasilatındakı belə qeyri-sabitlik mövcud şəbəkə infrastrukturunu üçün böyük texniki çətinliklər yaradır.

Şəbəkənin sabitliyini qorumaq və PV sistemlərinin geniş yayılmasını təmin etmək üçün enerji balansını təmin edən texnologiyaların mövcud olması vacibdir. Lakin Azərbaycanda enerji saxlama texnologiyalarının tətbiqi hələ məhdud səviyyədədir. Müasir enerji saxlama texnologiyaları, məsələn akkumulyator sistemləri və ya hidrogen əsaslı enerji saxlama sistemləri şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin qeyri-sabit təbiətini balanslaşdırmağa kömək edə bilər. Ancaq bu texnologiyaların yüksək maliyyə vəsaiti tələb etməsi və texniki olaraq mürəkkəbliyi dolayı yolla onların geniş miqyasda tətbiqini hələlik məhdudlaşdırır. Enerji saxlama texnologiyaları olmadan PV sistemlərinin şəbəkəyə effektiv inteqrasiyası çətinləşir, bu da ümumi şəbəkənin dayanıqlığı və etibarlılığı baxımından risk yaradır.

İkinci texniki maneə şəbəkənin tutumu hesab edilir. Azərbaycanın enerji şəbəkəsi daha çox mərkəzləşmiş fosil yanacaq əsaslı elektrik stansiyaları üçün nəzərdə tutulmuşdur. Mövcud şəbəkə infrastrukturunun PV sistemlərinin şəbəkəyə qoşulmasını dəstəkləmək üçün yenilənməsi və təkmilləşdirilməsi lazımdır. Xüsusilə, iri miqyaslı günəş elektrik stansiyaları şəbəkəyə qoşulduqda, belə stansiyaların hasil etdiyi enerjinin

şəbəkəyə effektiv və təhlükəsiz şəkildə ötürülməsi vacibdir. Bunun üçün şəbəkənin gücləndirilməsi, yeni transformatorlar və ötürücü xətlərin inşası tələb olunur. Mövcud infraqururura uyğun olmayan böyük miqyaslı PV sistemlərinin şəbəkəyə inteqrasiyası elektrik şəbəkəsində gərginlik dəyişikliklərinə və digər texniki problemlərə səbəb ola bilər ki, bu da nəticədə enerji kəsilmələrinə və ya şəbəkənin çökməsinə gətirib çıxara bilər [5].

Bundan əlavə günəş enerjisinin qeyri-bərabər istehsalı şəbəkənin gərginlik tarazlığını pozmaq riski yaradır. Günəş enerjisi günün müxtəlif saatlarında və fəsilələr üzrə fərqli miqdarda enerji hasil edir ki, bu da şəbəkədə gərginliyin dəyişməsinə səbəb olur. Gərginliyin stabil saxlanması üçün avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, ağıllı şəbəkələr və inkişaf etmiş enerji monitoring texnologiyaları tələb olunur. Bu texnologiyalar şəbəkədəki enerji axınını real vaxt rejimində izləyərək enerjinin düzgün şəkildə idarə edilməsini təmin edə bilər. Azərbaycanda bu cür inkişaf etmiş idarəetmə sistemlərinin tətbiqi üçün hələ əhəmiyyətli addımlar atılmamışdır və bunlar texniki inteqrasiya üçün əsas problemlərdən biri olaraq qalmaqdadır (şəkil 2).



Şəkil 2. Günəş enerjisinin inteqrasiyası sxemi

Azərbaycanda texniki maneələrdən biri də PV sistemlərinin texniki xidmət və istismar məsələləridir. PV sistemlərinin şəbəkəyə qoşulmasından sonra onların davamlı və effektiv fəaliyyət göstərməsi üçün mütəmadi texniki xidmət tələb olunur. Xüsusilə, iri miqyaslı günəş stansiyalarında texniki xidmət daha da mürəkkəb ola bilər. Mövcud

şəbəkə və enerji sistemlərinin texniki personalı hələ də yeni PV texnologiyalarının istismarında tam təcrübəyə malik deyil, bu da sistemlərin uzunmüddətli davamlılığı və səmərəliliyi baxımından çətinliklər yaradır. Həmçinin, ölkədə PV texnologiyalarına həsr olunmuş texniki təlim proqramlarının olmaması bu sahədə bilik boşluğunu daha da artırır.

Eynilə qeyd edilməlidir ki, PV sistemlərinin şəbəkəyə qoşulması ilə bağlı texniki tənzimləmələr və standartlar da inkişaf etdirilməlidir. Azərbaycanda PV sistemlərinin şəbəkəyə qoşulması üçün mövcud texniki tələblər və standartlar dünya səviyyəsində qəbul edilən standartlara tam uyğun deyil. Texniki tənzimləmələrin və standartların harmonizasiyası PV sistemlərinin təhlükəsiz və effektiv integrasiyasını təmin edəcək vacib bir addımdır. Şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin təcrübəsi göstərir ki, mövcud texniki infrastruktur və şəbəkə şərtlərinə uyğun olan xüsusi texniki standartlar və tələblərin hazırlanması bu sistemlərin dayanıqlı və səmərəli işləməsi üçün həyati əhəmiyyət daşıyır [3,5].

İqtisadi maneələr. Şəbəkəyə qoşulan fotovoltaiik sistemlərin geniş şəkildə tətbiqinin qarşısını alan əsas maneələrdən biri iqtisadi faktorlardır. PV sistemlərinin və şəbəkə infrastrukturunun ilkin investisiya xərcləri yüksəkdir. Günəş panelləri, invertorlar, akkumulyatorlar və digər köməkçi avadanlıqların alınması və quraşdırılması xüsusilə də böyük miqyaslı layihələr üçün əhəmiyyətli maliyyə sərmayələri tələb edir. Bu xərclər xüsusilə inkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatlar üçün günəş enerjisinə keçidin qarşısını ala biləcək əsas amillərdən biridir.

Azərbaycanda enerji sektoru tarixən fosil yanacaqlara, xüsusilə neft və təbii qaza əsaslanmışdır. Belə enerji mənbələri ilə müqayisədə PV sistemlərinə ilkin sərmayə qoyuluşu daha yüksək ola bilər. Ənənəvi enerji mənbələrinin çox vaxt subsidiyalasdırılması və dövlət dəstəyi alması da bərpa olunan enerji layihələrini iqtisadi baxımdan daha az cəlbedici edir. Geniş miqyasda günəş enerjisinə keçmək üçün Azərbaycanın mövcud enerji bazarında subsidiyaların təkrar nəzərdən keçirilməsi və dövlətin günəş enerjisi layihələrinə daha çox dəstək verməsi vacibdir.

PV sistemlərinin iqtisadi maneələrindən biri də amortizasiya müddətidir. Günəş enerjisi sistemlərinin ilkin investisiya xərcləri yüksək olsa da, onların uzunmüddətli fəaliyyətində enerji istehsalının xərcləri daha aşağı olur. Bununla belə, investorlar və hökumət qurumları üçün bu uzunmüddətli iqtisadi faydalar gözəçarpan olmadığı üçün layihələrin maliyyələşdirilməsi riskli görünə bilər. PV sistemlərinin tam amortizasiya müddəti adətən 10-15 ildən çox ola bilər ki, bu da qısa müddətli mənfəət axtaran investisiya strategiyalarına uyğun gəlmir.

İlkin investisiyaların yüksək olması həm də bu texnologiyalar üçün yerli bazarda maliyyələşmə imkanlarının məhdudluğu ilə əlaqədardır. Azərbaycanda bərpa olunan enerji layihələri üçün kredit və maliyyə mexanizmləri inkişaf etmiş ölkələrdəki kimi geniş yayılmamışdır. Maliyyələşmə resurslarının azlığı həm yerli, həm də xarici investorlar üçün PV sistemlərinin qurulmasında ciddi çətinliklər yaradır. Eyni zamanda günəş enerjisi layihələrinin inkişafı üçün daha uzunmüddətli maliyyə mexanizmlərinin olmaması da iqtisadi maneələri daha da gücləndirir [1].

Bundan başqa, bərpa olunan enerji layihələri üçün stimulların azlığı da Azərbaycanda PV sistemlərinin iqtisadi maneələrindən biridir. Bir çox ölkələr günəş enerjisinə keçidi təşviq etmək üçün vergi güzəştləri, dövlət subsidiyaları və digər iqtisadi stimullar təklif edirlər. Azərbaycanda isə bu cür stimulların yetərsiz olması, günəş enerjisi layihələrinin iqtisadi cəhətdən cazibədarlığını azaltmaqdadır. Bu kimi stimulların tətbiqi PV sistemlərinin geniş miqyasda yayılmasını sürətləndirmək üçün vacibdir.

Azərbaycanda dövlətin daha güclü dəstək siyasətləri tətbiq etməsi investorlar üçün günəş enerjisinə keçid üçün daha da cəlbedici ola bilər.

Eyni zamanda PV sistemlərinin iqtisadi dayanıqlığına təsir edən digər bir amil də enerjinin qiymətləridir. Azərbaycanın enerji bazarında fosil yanacaqlarına əsaslanan enerji hasilatının qiymətləri nisbətən ucuz olduğundan, günəş enerjisinin rəqabət qabiliyyəti məhdudlaşır. Enerjinin qiymətlərinin nisbətən aşağı olması, günəş enerjisi ilə istehsal olunan enerjinin bazarda rəqabət etməsini çətinləşdirir. Bu vəziyyəti dəyişdirmək üçün hökumət tərəfindən günəş enerjisinin təşviq edilməsi və enerji bazarında bərpa olunan enerjilərin payının artırılması üçün strategiyaların hazırlanması lazımdır.

Azərbaycanda iqtisadi maneələrdən biri də günəş enerjisi sistemlərinin istismar və saxlanma xərclərinin müəyyən qədər yüksək olmasıdır. PV sistemlərinin quraşdırılması və istismarı üçün xüsusi texniki bacarıqlar və mütəxəssislər tələb olunur. Texniki xidmət xərcləri də ümumi xərclərin bir hissəsini təşkil edir və bu ümumi iqtisadi rentabelliyyə mənfi təsir göstərə bilər. Texniki xidmətin yüksək səviyyədə həyata keçirilməsi PV sistemlərinin uzunmüddətli effektivliyini təmin etmək üçün vacibdir, lakin bu da əlavə maliyyə yükü yaradır [2].

Nəticə olaraq qeyd edilməlidir ki, Azərbaycanda şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin geniş yayılması üçün əsas iqtisadi maneələr ilkin investisiya xərcləri, maliyyələşmə imkanlarının məhdudluğu və enerji bazarının rəqabət qabiliyyəti ilə bağlıdır. Bu maneələrin aradan qaldırılması üçün dövlətin dəstəyi, maliyyə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi və günəş enerjisinin təşviq olunması vacibdir. Enerji siyasətində ediləcək strateji dəyişikliklər, Azərbaycanın günəş enerjisi potensialından daha geniş şəkildə istifadə etməsinə və bu sahədə iqtisadi səmərəliliyin artırılmasına kömək edə bilər.

Həll yolları və inkişaf perspektivləri. Texniki həllər. Şəbəkəyə qoşulan fotovoltaiq sistemlərinin integrasiyasını uğurla həyata keçirmək üçün bir sıra texniki həllər mövcuddur. İlk növbədə PV sistemlərinin mövcud enerji şəbəkəsinə daha effektiv və davamlı şəkildə qoşulması üçün şəbəkənin modernləşdirilməsi vacibdir. Şəbəkənin tutumunun artırılması, genişləndirilməsi və idarə olunmasının təkmilləşdirilməsi texniki həllərin əsasını təşkil edir. Azərbaycanda mövcud elektrik şəbəkəsinin bəzi bölgələrində günəş enerjisinin qeyri-sabitliyini qarşılayan sistemlər mövcud deyil və bu problem həll edilmədən PV sistemlərinin geniş miqyaslı integrasiyası çətin olur. Bu səbəbdən şəbəkənin avtomatlaşdırılması və adaptiv idarəetmə texnologiyalarından istifadə etməklə, günəş enerjisinin təbii olaraq dəyişkən hasilatına uyğunlaşmağı bacaran sistemlərin quraşdırılması mütləqdir.

İkinci texniki həll kimi enerji saxlanma texnologiyalarının inkişafı və tətbiqi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Günəş enerjisi, xüsusilə də günəş radiasiyasının daha az olduğu vaxtlarda enerji tələbatını ödəməkdə çətinliklər yarada bilər. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün yüksək tutumlu enerji saxlanma sistemləri, xüsusilə də litium-ion və digər qabaqcıl batareya texnologiyaları geniş istifadə edilməlidir. Bu texnologiyalar sayəsində gün ərzində istehsal olunan enerji saxlanılaraq daha sonra istifadə oluna bilər və nəticədə şəbəkədəki enerji sabitliyi təmin olunur. Enerji saxlanma sistemlərinin inkişafı həmçinin enerji kəsintilərini azaltmaqda mühüm rol oynaya bilər, bu da ümumi elektrik sisteminin dayanıqlığını artırır [4].

Günəş enerjisi sistemlərinin texniki həlləri sırasında digər vacib bir amil invertor texnologiyalarının inkişafıdır. İnvertorlar günəş panelləri tərəfindən istehsal olunan DC (güc cərəyanı) enerjisini AC (dəyişən cərəyan) enerjisinə çevirən qurğulardır və şəbəkəyə

qoşulan PV sistemlərinin əsas komponentlərindən biridir. İnvertor texnologiyalarının səmərəliliyi birbaşa PV sistemlərinin ümumi effektivliyinə təsir edir. Bu səbəbdən Azərbaycanda geniş miqyaslı şəbəkəyə qoşulan sistemlərin inkişafı üçün yüksək səmərəli və sabit invertorların quraşdırılması vacibdir. Yeni nəsil invertorlar daha az enerji itkilərinə səbəb olur və şəbəkənin dayanıqlığını təmin etmək üçün qabaqcıl idarəetmə mexanizmlərinə malikdir.

Texniki həllərin digər bir aspekti isə rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin integrasiyasıdır. Bu sistemlər vasitəsilə şəbəkədə enerji istehsalının və istehlakının real vaxtda monitorinqi aparılır və idarə olunur. Rəqəmsal idarəetmə və nəzarət mexanizmləri günəş enerjisinin şəbəkədə balanslaşdırılması və effektiv şəkildə integrasiyası üçün zəruridir. Azərbaycanda belə texnologiyaların tətbiqi şəbəkənin ümumi performansını artırmağa və həmçinin enerji sistemlərinin optimallaşdırılmasına kömək edə bilər. Xüsusilə də SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlərinin geniş tətbiqi ilə enerji istehsalçıları və istehlakçıları arasında koordinasiya gücləndirilə bilər. Bu texnologiya həm günəş enerjisi istehsalçılarının fəaliyyətini izləyərək, həm də şəbəkənin ümumi yük balansını təmin edərək enerji axınını tənzimləyir.

Azərbaycanda texniki həllərin bir hissəsi kimi günəş enerji resurslarının dəqiq və real vaxtda proqnozlaşdırılması da əhəmiyyətlidir. Günəş radiasiyasının dəyişkənliyi və buludlu hava şəraiti günəş enerjisi hasilatına təsir göstərə bilər. Buna görə də qabaqcıl hava proqnozlaşdırma texnologiyaları və günəş radiasiyasının modelləşdirilməsi şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin işini optimallaşdırmaq üçün mühüm rol oynayır. Bu məlumatlar vasitəsilə şəbəkə idarəçiləri enerji hasilatını proqnozlaşdıraraq istehlak tələbatına uyğunlaşdırma strategiyaları qura bilərlər [4]. Bu texnoloji yeniliklər enerjinin daha səmərəli idarə olunmasına və qeyri-müəyyənliklərin minimuma endirilməsinə imkan yaradır.

Bundan əlavə Azərbaycanda texniki həllərin inkişafı üçün təlim və kadr hazırlığı da önəmlidir. PV sistemlərinin quraşdırılması, saxlanması və idarə olunması üçün yüksək ixtisaslı mütəxəssislərin olması zəruridir. Bu sahədə yerli mütəxəssislərin yetişdirilməsi və onların yeni texnologiyalara uyğunlaşdırılması ölkədə günəş enerjisi sistemlərinin texniki səmərəliliyini artırır. Xüsusilə PV sistemlərin saxlanması və texniki xidmətin təmin edilməsi enerji istehsalının dayanıqlığını qorumaq üçün çox vacibdir.

İqtisadi həllər. Azərbaycanda şəbəkəyə qoşulan fotovoltaiк sistemlərinin geniş yayılması üçün iqtisadi maneələrin aradan qaldırılması vacibdir. Bu sahədə irəliləyişə nail olmaq üçün bir neçə iqtisadi həll tətbiq edilə bilər. İlk növbədə investisiya mühitinin yaxşılaşdırılması və PV sistemlərinə qoyulan sərmayələrin cəlb ediciliyinin artırılması tələb olunur. Enerji sektoru ilə əlaqədar qurumlar bu sahədə fəaliyyət göstərən yerli və xarici investorları təşviq edəcək maliyyə dəstəkləri və vergi güzəştləri kimi stimullar təqdim etməlidirlər. İnvestisiyaların artması isə yeni texnologiyaların ölkəyə gətirilməsini və daha geniş miqyaslı günəş enerji layihələrinin həyata keçirilməsini təmin edir.

İkinci vacib iqtisadi həll kimi maliyyələşmə mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi xüsusi diqqət tələb edir. PV sistemlərinin ilkin quraşdırma xərcləri yüksək olduğuna görə kiçik və orta ölçülü müəssisələr, eləcə də fərdi istehlakçılar bu texnologiyalardan istifadə etməkdə çətinlik çəkə bilərlər. Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq üçün dövlət dəstəkli maliyyələşmə proqramlarının yaradılması vacibdir. İri maliyyə institutları və banklar vasitəsilə aşağı faizli kreditlər, uzunmüddətli maliyyə planları təqdim edilə bilər. Bu isə həm fərdi vətəndaşlara, həm də şirkətlərə PV sistemlərinin quraşdırılmasını daha əlçatan edir və investisiya xərclərini tədricən geri ödəməyə imkan verir.

Həmçinin, elektrik enerjisi qiymətlərinin optimallaşdırılması da iqtisadi həllərin mühüm hissəsidir. Mövcud enerjiden əldə olunan gəlirlər günəş enerjisi istehsalçılarının rentabelliğini artırmaq üçün dövlət tərəfindən xüsusi qiymət tənzimlənməsi ilə balanslaşdırıla bilər. Bu çərçivədə "feed-in-tarif" sisteminin tətbiqi Azərbaycanda PV sistemlərinin inkişafı üçün effektiv həll ola bilər. Bu sistem əsasında şəbəkəyə qoşulan günəş enerjisi istehsalçılarına istehsal etdikləri hər kilovat-saat üçün bazar qiymətindən daha yüksək qiymət təklif olunur. Nəticədə, istehsalçılar üçün iqtisadi mənfəət yaranar və bu da günəş enerjisi investisiyalarını daha cəlbedici edir.

Bundan başqa PV sistemlərinin yayılmasını sürətləndirmək üçün subsidiya və qrant proqramları tətbiq edilə bilər. Dövlətin bərpa olunan enerji strategiyasına uyğun olaraq kiçik bizneslərə və fərdi ev sahiblərinə PV sistemlərinin quraşdırılması üçün birbaşa subsidiya verilməsi bu texnologiyanın geniş yayılmasına kömək edir. Subsidiya proqramları vasitəsilə ilkin investisiya xərclərinin bir hissəsi qarşılandığı təqdirdə istehlakçılar üçün günəş enerjisindən istifadə daha sərfəli və əlverişli olur. Qrant proqramları isə PV sistemləri ilə bağlı araşdırma və texnoloji innovasiyaların maliyyələşdirilməsində mühüm rol oynaya bilər.

Digər iqtisadi həllərdən biri də günəş enerjisi sektorunda iş yerlərinin yaradılması və bu sahənin genişlənməsinə təkan verən iqtisadi siyasətin tətbiqidir. Azərbaycanda PV sistemlərinin geniş yayılması ilə yeni iş yerləri, xüsusilə texniki mütəxəssislər və mühəndislər üçün iş imkanları yarana bilər. Bu isə ölkə iqtisadiyyatına müsbət təsir edir, həm də işsizlik səviyyəsini azaldır. Bu kontekstdə dövlət tərəfindən dəstək proqramları və təlim mərkəzlərinin yaradılması, işçi qüvvəsinin PV sistemlərinin quraşdırılması, saxlanması və idarə olunması üzrə ixtisaslaşmasına kömək edə bilər.

Nəhayət, iqtisadi həllər çərçivəsində beynəlxalq əməkdaşlıq da nəzərə alınmalıdır. Beynəlxalq təşkilatlar və inkişaf bankları ilə birgə layihələrin həyata keçirilməsi, Azərbaycan üçün PV sistemlərinin genişlənməsi və bu sahədə texniki və maliyyə dəstəyinin alınması baxımından önəmli ola bilər. Məsələn, Dünya Bankı, Avropa Yenidənqurma və İnkişaf Bankı kimi qurumların maliyyə dəstəyi ilə günəş enerjisi layihələri üçün kreditlər və qrantlar təmin edilə bilər. Bu əməkdaşlıq həm də Azərbaycanda bərpa olunan enerji layihələrinin uzunmüddətli dayanıqlığını təmin etmək üçün lazımi texnoloji bilik və təcrübənin ölkəyə gətirilməsinə şərait yaradır [2].

Nəticə. Azərbaycanda günəş enerjisi potensialının qiymətləndirilməsi və şəbəkəyə qoşulan fotovoltaiq sistemlərinin tətbiqi enerji sektorunda strateji əhəmiyyət daşıyan bir məsələdir. Ölkənin coğrafi mövqeyi və yüksək günəş radiasiya səviyyəsi günəş enerjisindən istifadənin genişlənməsi üçün əlverişli şərait yaradır. Lakin bu potensialın tam reallaşdırılması üçün texniki, iqtisadi, hüquqi və sosial maneələr tam aradan qaldırılmalıdır.

İlk növbədə texniki maneələrə baxdıqda, günəş enerjisinin qeyri-stabil olması və PV sistemlərinin mövcud şəbəkə infrastrukturuna uyğun şəkildə inteqrasiyasının təmin edilməsi vacibdir. Azərbaycanda genişmiqyaslı PV layihələrinin həyata keçirilməsi üçün şəbəkənin tutumunun artırılması və günəş enerjisinin inteqrasiyasına uyğun texnoloji həllərin tətbiqi labüddür. Bu həllər sırasında qabaqcıl enerji saxlama texnologiyalarının tətbiqi, günəş enerjisinin daha səmərəli şəkildə istifadə edilməsi üçün ağıllı şəbəkələrin (smart grids) inkişaf etdirilməsi və PV sistemlərinin effektiv idarə olunması üçün rəqəmsal alətlərin inteqrasiyası mühüm rol oynayır.

İqtisadi maneələr də şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin genişlənməsində ciddi çətinliklər yaradır. PV texnologiyalarının ilkin quraşdırma xərclərinin yüksək olması,

layihələrin maliyyələşdirilməsi və istehsal olunan elektrik enerjisinin rəqabətqabiliyyətli qiymətlərlə satılması məsələləri həll edilməlidir. Bu çətinliklərin aradan qaldırılması üçün maliyyə stimullarının artırılması, subsidiyaların və qrant proqramlarının tətbiqi ilə investisiya mühitinin yaxşılaşdırılması lazımdır. Bu həm yerli, həm də xarici investorların bu sahəyə marağını artırır və genişmiqyaslı layihələrin həyata keçirilməsinə töhfə verir.

Nəticə etibarilə şəbəkəyə qoşulan PV sistemlərinin integrasiyası Azərbaycanın enerji sektorunda mühüm bir dönüş nöqtəsi ola bilər. Günəş enerjisi layihələrinin həyata keçirilməsi, ölkənin enerji müstəqilliyinin gücləndirilməsi və fosil yanacaqlardan asılılığın azaldılması üçün vacibdir. Texniki və iqtisadi maneələrin aradan qaldırılması ilə yanaşı sosial dəstəyin artırılması bu texnologiyanın genişlənməsini təmin edir və Azərbaycanın dayanıqlı enerji keçidini həyata keçirməsinə köməklik göstərir. Ölkənin bərpa olunan enerji potensialının tam reallaşdırılması, həm daxili enerji tələbatını ödəmək, həm də regional enerji bazarında rəqabətqabiliyyətliliyini artırmaq baxımından strateji əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Aliyev, T., & Həsənov, İ. (2022). Günəş Enerjisi Sistemlərinin İqtisadi və Qanunvericilik Tənzimlənməsi. *Beynəlxalq Enerji Jurnalı*, 18(3), 73-88.
2. Hüseynov, K. (2018). Şəbəkəyə Qoşulan PV Sistemlərinin İntegrasiyası və Çətinliklər. *Bərpa Olunan Enerji Jurnalı*, 9(2), 89-102.
3. Qasimov, M., & Məmmədov, S. (2021). Günəş Enerjisi İnfrastrukturunu və İnkişaf Perspektivləri. *Enerji və İqtisadiyyat Dergisi*, 15(1), 23-37.
4. Najafzade, N. (2024). Exploring the Potential of Solar Energy for Electricity and Heat Production in Azerbaijan. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 9(8), 2456-2165. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/IJISRT24AUG1355>
5. Səbəf, M., & Lütfi, Y. (2020). Günəş Enerjisi Sistemlərinin İnkişafı və İntegrasiyası. Bakı: Elm və Təhsil.
6. Əlizadə, R., & Quliyev, A. (2019). Azərbaycanca Günəş Enerjisinin Potensialı və İntegrasiyası. *Enerji Tədqiqatları Jurnalı*, 12(4), 45-58.

Ф.Ф.Мамедов, Н.Э.Наджафзаде

Потенциал сетевых фотоэлектрических систем в Азербайджане

Резюме

Анализирован потенциал солнечной энергии Азербайджана и возможности развития сетевых фотоэлектрических (PV) систем. Также показано, что благоприятное географическое положение и климатические условия страны обеспечивают высокий уровень солнечной радиации в различных регионах, что создает значительные перспективы для использования возобновляемых источников энергии. В статье также предлагаются конкретные меры для решения таких проблем, как модернизация сетей, внедрение систем хранения энергии, использование высокоэффективных инверторов, развитие цифровых технологий управления, а также создание стимулов для инвесторов.

F.F. Mamedov, N.E. Najafzade

Potential of grid-tie photovoltaic systems in Azerbaijan

Abstract

This article analyzes Azerbaijan's solar energy potential and the possibilities for developing grid-tie photovoltaic (PV) systems. It also demonstrates that the country's favorable geographic location and climate provide high levels of solar radiation in various regions, creating significant prospects for the use of renewable energy sources. The article also proposes specific measures to address these challenges, including grid modernization, the introduction of energy storage systems, the use of high-efficiency inverters, the development of digital control technologies, and the creation of incentives for investors.

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

İ.R.Məmmədov (Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti),
İ.C.Əhədov (Azərbaycan Respublikası Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin Dövlət Radiotezlikləri İdarəsi), **M.H.Abbasov** (Azərbaycan Respublikası Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyinin “Radio-Televiziya Yayımı və Peyk Rabitəsi” İstehsalat Birliyi)

AZƏRBAYCANDA YERÜSTÜ FM RADIO YAYIMININ **GENİŞLƏNDİRİLDİYİ ŞƏRAİTDƏ QARŞILIQLI** **INTERFERENSIYALARIN AZALDILMASI**

Giriş. Ölkəmizdə ilk radioyayım 06 noyabr 1926-cı ildə Bakı şəhərində hazırda texniki və iqtisadi cəhətdən əlverişli hesab olunmayan naqilli şəbəkə ilə həyata keçirilmiş və sonralar belə naqilli şəbəkələr daha da genişləndirilmişdir. 1927-ci ildə Bakı şəhərində 10 kVt-lıq radioyayım vericisi quraşdırılmış və 1936-cı ildə isə bu radioverici 35 kVt-lıq uzun dalğa radiovericisi ilə əvəz olunmuşdur [1, 2]. Lakin efir vasitəsilə radioyayım əlverişli hesab olunsada, uzun dalğa radiovericiləri yüksək keyfiyyət təmin edə bilməmişdir.

Orta və qısa dalğalarda radioyayıma keçid həm radiosiqnalların daha uzaq məsafəyə ötürülməsinə, həm də radioyayımın keyfiyyətinin nisbətən yüksəldilməsinə imkan vermişdir. 1951-ci ildə Xanlar qəsəbəsi yaxınlığında yerləşən radiostansiyada qısa dalğada işləyən 120 kVt-lıq radioverici, 1973-cü ildə Pirsaat qəsəbəsində orta dalğada işləyən 150 kVt-lıq radioverici istismara verilmişdir. Daha sonralar Lənkəran, Naxçıvan, Quba radiostansiyalarında orta dalğada işləyən radiovericilər istismara verilmişdir [2,3].

Aydındır ki, belə tezlik diapazonlarında bir qayda olaraq amplitud modulyasiyası (AM) tətbiq olunur ki, onun da nöqsanları artıq bəllidir. Keçən əsrin 70-ci illərindən başlayaraq ölkəmizdə həm də tezlik modulyasiyası (FM – Frequence Modulation) üzrə radioyayım həyata keçirilmişdir [2,4]. 1996-cı ildən başlayaraq bu yayım üçün 87,5,...,108 MHz tezlik zolağı istifadə olunmuşdur [5].

Tezlik və faza modulyasiyaları arasında müəyyən oxşarlıq mövcuddur. Rəqsin fazasının zamanca dəyişməsi onun ani tezliyini fazanın törəməsi qanunu ilə, ani tezliyin dəyişməsi isə fazanın onun inteqralı qanunu ilə dəyişməsinə səbəb olur.

Tezliyin sabit qiyməti üçün rəqsin periodu T tezliyinin əks qiyməti kimi təyin edilir. $f(t)$ tezliyi t zamanının kəsilməz funksiyası olduqda $\frac{1}{f(t)}$; $1/f(t)$ funksiyası da kəsilməz olur, lakin T diskret dəyişir [6]. FM rəqslərin $f(t)$ cari tezliyi T periodu ərzində dəyişir. FM rəqslərini fırlanan vektor şəklində göstərsək, onun bucaq tezliyi $\omega(t) = 2\pi f(t)$; $\omega(t) = 2\pi f(t)$ olacaq və T periodu vektorun tam dövrünü əks etdirən və fazasının 2π qədər dəyişməsinə göstərən zaman olacaqdır.

Başlanğıc faza $\phi_0 = 0$ $\varphi_0 = 0$ götürülsə, onda tonal tezlik modulyasiyası üçün yazırıq:

$$u = U \cos \left(\omega_0 t + \frac{\Delta \omega}{\Omega} \sin \Omega t \right), u = U \cos \left(\omega_0 t + \frac{\Delta \omega}{\Omega} \sin \Omega t \right).$$

Burada U – modullanmış rəqsin amplitudu, ω_0 , ω_0 – mərkəzi tezliyi, $M_T = \frac{\Delta\omega}{\Omega}$; $M_T = \frac{\Delta\omega}{\Omega}$ – tezlik modulyasiyasının indeksidir. Kiçik modulyasiya indeksində sadə FM rəqsin amplitud spektri praktiki olaraq sadə AM rəqsin amplitud spektrindən fərqlənmir, yəni tonal FM modulyasiyasında spektr daşıyıcı tezlikli rəqs və iki yan tezlikli rəqslər kimi üç toplanandan ibarət olur. Lakin FM rəqsin faza spektri AM rəqsin faza spektrindən fərqlənir. Məhz faza spektrlərinin fərqlənməsinə görə FM rəqslər formaca AM rəqslərinə uyğun gəlmir. AM modulyasiyasından fərqli olaraq burada daşıyıcı tezlikli rəqslərin amplitudu çox kiçik, modulyasiya indeksinin müəyyən qiymətində isə ($M_t = 2,405$ olduqda) sıfıra da bərabər olur [2, 7]. Daşıyıcının hər iki tərəfində yan tezlikli rəqslərin amplitudlarının bir maksimumu olur.

FM modulyasiyasından istifadə böyük modulyasiya indeksində daha əlverişlidir. Lakin bu halda FM rəqslərin spektri praktiki olaraq çox geniş olur və belə geniş spektrə malik rəqsləri yayım kanalı ilə ötürmək mümkün olmur.

Məsələnin qoyuluşu. Radioyayımın keyfiyyətinin və iqtisadi səmərəliliyinin artırılması məqsədilə FM modulyasiyasının tətbiqi bir sıra digər üstünlüklərlə yanaşı additiv maneələrdən sadə üsulların tətbiqi ilə azad olmağa imkan verir. Lakin FM modulyasiyasının ən başlıca nöqsanı onun spektrinin çox geniş olmasıdır. Həm də bu spektr modulyasiya indeksi artdıqca daha çox artır. Ona görə də belə geniş spektrə malik signalın məhdud buraxma zolağına malik olan kanal üzrə ötürülməsi üçün onun spektrinin məhdudlanmasına ehtiyac vardır. Lakin signalın spektri istənilən dərəcədə məhdudlana bilməz. Signalın spektral təşkiledicilərinin məhdudlanması və ya söndürülməsi onun amplitud spektrinin dəyişməsilə nəticələnir. Bu halda uyğun olaraq signalın zaman xarakteristikası, yəni məlumat signalı da təhrif olunur.

Digər tərəfdən amplitud spektri Bessel funksiyaları ilə ifadə olunan FM modulyasiyalı signalın spektral təşkiledicilərini məhdudlamadan və bir qrupunu söndürmədən onu rabitə kanalının buraxma zolağına uyğunlaşdırmaq mümkün deyil. Bu məqsədlə praktikada FM modulyasiyalı rəqslərin spektral təşkilediciləri müxtəlif faiz dərəcələri üzrə söndürülür və belə faizin seçilməsi maraqlıdır.

FM yayımının keyfiyyəti yüksək sayıla bilər, lakin bu signalın yerüstü yayımı zamanı faydalı signala müxtəlif maneələr təsir edərək verilişin canlandırma keyfiyyətini aşağı salır. Həmin maneələr arasında yayım şəbəkəsinin topologiyası ilə bağlı olan maneələrin xüsusi çəkisi böyükdür. Ölkəmizin ərazisi kiçik olduğundan qonşu ölkələrin radiostansiyalarının yaratdığı interferensiyaları da nəzərə almamaq mümkün deyil.

FM signalının yerüstü yayımı zamanı RDS-dən (Radio Data System – radio verilənlər sistemi) istifadə mühüm hesab olunur. Ona görə də şəbəkə elə qurulmalıdır ki, RDS-in fəaliyyəti mümkün olsun. Lakin eyni bir nöqtədə baxılan radio proqramının bir neçə stansiyadan qəbulunun mümkünlüyü də RDS-in işini poza bilər.

Məsələnin həlli. Tezlik modulyasiyasında yüksək tezlikli $\psi = \omega_0 t + \phi_0$; $\psi = \omega_0 t + \phi_0$ xətti dəyişən fazalı $u_k = U_k \cos(\omega_0 t + \phi_0)$; $u_k = U_k \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ rəqsi $u = U \cos[\psi(t)]$; $u = U \cos[\psi(t)]$ rəqsinə çevrilir ki, burada da $\psi(t)$; $\psi(t)$ faza dəyişməsi tezliyin $s(t)$; $s(t)$ signalı vasitəsi ilə modulyasiyası nəticəsində yaranır.

Monoharmonik modullayıcı signal $s(t) = U_\Omega \cos \Omega t$; $s(t) = U_\Omega \cos \Omega t$, üçün cari tezlik belə tapılır:

$$\omega = \omega_0 + KU_{\Omega} \cos \Omega t ; \quad \omega = \omega_0 + KU_{\Omega} \cos \Omega t$$

Tezliyin dəyişməsinin maksimal qiyməti tezliyin deviasiyası adlanır və $\Delta\omega = KU_{\Omega}$, $\Delta\omega = KU_{\Omega}$, ilə işarə edilir. Cari tezliyin ifadəsini belə yazırıq: $\omega = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t$;
 $\omega = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t$.

Beləliklə, tonal modulyasiyalı FM rəqslərin spektri tezliyi ω_0 ; ω_0 və amplitudu $UJ_0(M_T)$; $UJ_0(M_T)$ olan mərkəzi tezlikli rəqsdən və tezlikləri $\omega_0 \pm n\Omega$, $\omega_0 \pm n\Omega$ amplitudları isə $UJ_n(M_T)$; $UJ_n(M_T)$ olan sonsuz sayda yan tezlikli rəqslərdən ibarət olur.

Modulyasiya poliharmonik rəqslərlə aparıldıqda spektr daha da mürəkkəbləşir. Bu zaman $\omega_0 \pm n\Omega$ toplananlarından əlavə $\omega_0 \pm n\Omega_1 \pm$; $\omega_0 \pm n\Omega_1 \pm$; $\pm m\Omega_2$, ..., tezliklərə məxsus kombinasiyalı rəqslər də yaranır. Rəqslərin tərkib hissələrinin amplitudları modullayıcı rəqslərin modulyasiya indekslərinə görə Bessel funksiyalarının vurma hasililə təyin edilir. Məsələn, $[\omega_0 \pm (n\Omega_1 \pm m\Omega_2)]$; $[\omega_0 \pm (n\Omega_1 \pm m\Omega_2)]$ tezlikli rəqsin amplitudu $UJ_n(M_{T1})J_m(M_{T2})$; $UJ_n(M_{T1})J_m(M_{T2})$ olur, burada $M_{T1} = \Delta\omega/\Omega_1$, $M_{T2} = \Delta\omega/\Omega_2$; $M_{T1} = \Delta\omega/\Omega_1$, $M_{T2} = \Delta\omega/\Omega_2$. Bu mülahizələrdən aydın olur ki, FM modullanmış rəqslərin tezlik təşkilədiciləri Bessel funksiyalarının cəmindən ibarətdir. Bu funksiyalar nəzəri olaraq sonsuzluğa qədər davam edir. Praktikada isə spektr məhdudlanmış olur. Rəqsin spektri bir-birinə zidd olan iki şərtə görə məhdudlanır: spektr məhdudlandıqda maneələrin təsiri azalır, lakin qəbul edilən siqnalın canlandırılma keyfiyyəti pisləşir.

TM siqnalının nisbətən geniş tezlik zolağı tezlik modulyasiyasının istifadəsini məhdudlaşdırır, o yalnız ultraqısa dalğalarda işlədilir. Ona görə də yol verilən təhriflərlə təyin edilən kompromis qərar qəbul edilir. Təhriflərin norması sistemə olan tələbatdan və alınan məlumatın xassəsindən asılı olaraq nəzəri və ya eksperimental yolla hesablanır. Bu normalar spektrin məhdudlanmasını təyin edən yan tərkib hissələrin amplitudlarına görə seçilir.

Beləliklə, FM-in spektri dedikdə, amplitudu maksimal toplananın $U_{\max}$ amplitudundan $q\%$ -dən artıq olmayan toplananlarla məhdudlanmış tezlik zolağı nəzərdə tutulur. Adətən q -nın qiyməti 10 %; 5 % və ya 1% götürülür.

P – spektrdə saxlanılmış son yan toplananlara uyğun Bessel funksiyasının tərtibini göstərir. P ilə M_T arasındakı asılılıq ədəbiyyatlarda verilmişdir [2]. Bu asılılıqlardan istifadə edərək $q=10\%$; 5 % və 1 % olduqda tapa bilərik:

$$\begin{aligned} P_{10\%} &= 1,07M_T + 2, \\ P_{5\%} &= 1,1M_T + 2,5, \\ P_{1\%} &= 1,125M_T + 3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{10\%} &= 1,07M_T + 2, \\ P_{5\%} &= 1,1M_T + 2,5, \\ P_{1\%} &= 1,125M_T + 3. \end{aligned}$$

$$M_T = \frac{\Delta\omega}{\Omega}; \quad M_T = \frac{\Delta\omega}{\Omega} \text{ ifadəsini nəzərə alaraq, } q = 10\%; 5\%; 1\% \text{ halı üçün FM}$$

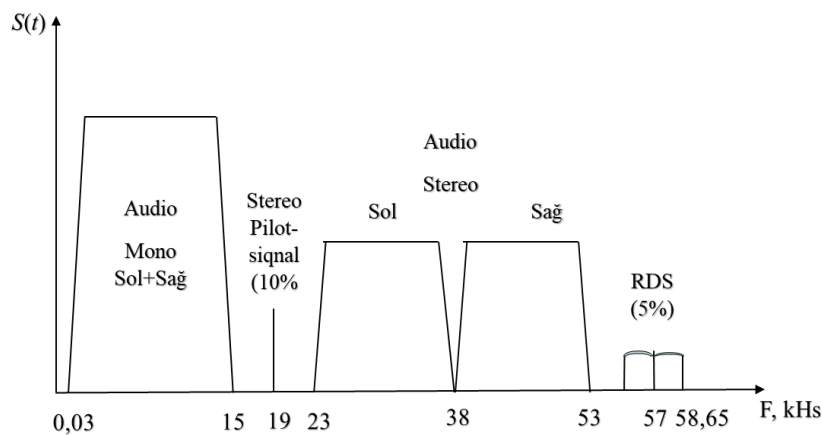
rəqslərinin spektrinin enini hesablamaq üçün ifadə çıxarılmışdır. Məsələn, $q = 10\%$ olduqda alırıq:

$$2f_{\pi} = 2,14\Delta f + 4F ; \quad 2\Delta f = \frac{2\Delta\omega^*}{2\pi} = 2,14\Delta f + 4F \approx 180 . \quad (3)$$

Burada $F = \Omega/2\pi$ və $\Delta f = \Delta\omega/2\pi$ -dir.

Göründüyü kimi spektrin eni əsas etibarı ilə tezliyin deviasiyasından asılıdır və $\Omega < \Delta\omega$ olduğu üçün, o, modullovıcı rəqsin tezliyindən demək olar ki, asılı olmur.

Hazırda ölkəmizdə FM yayımında RDS siqnalları verilişi həyata keçirilir. Bu siqnallar 57 kHs-lik alt daşıyıcıda AM modulyasiyası ilə verilir. Dünya praktikasında RDS məlumat siqnalının ötürülməsi üçün işlədilən çoxməqsədli standartdır. Əgər nəzərə alsaq ki, FM radio yayımında monofonik (audio siqnalın spektri 30...15 kHs), stereofonik (audio siqnalın spektri 23...53 kHs) rejimdə audio siqnallarla yanaşı RDS siqnalı ötürülür, onda modullovıcı siqnalın spektri şəkil 1-dəki kimi göstərilə bilər. Bandan başqa 58,65,...,100 kHs tezlik zolağında kodlanmış əlavə məlumatlar ötürülə bilər [3, 7].



Şəkil 1. FM radio yayımında mono və stereo audio siqnalların RDS siqnalı ilə birlikdə spektri

Modullovıcı audio siqnalın şəkildə verilmiş spektrini nəzərə alaraq $F = 58,65$ kHs, rəqslərin maksimal tezliyi, tezliyin 75 kHs və 40 kHs deviasiyaları və q -nın faizlə yuxarıda göstərilən müxtəlif qiymətləri üçün FM modulyasiyalı rəqslərin spektrinin enini hesablayaraq cədvələ yazırıq (1-ci və 2-ci sətirlər).

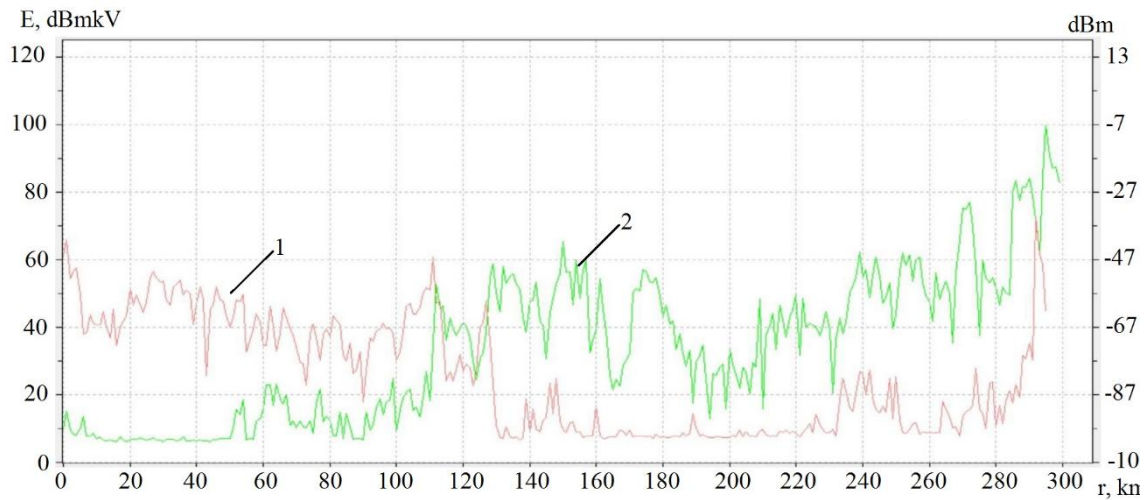
Cədvəldən göründüyü kimi RDS-in tətbiqi ilə monofonik və stereofonik radioyayımı birlikdə həyata keçirildikdə FM radiosiqnalının spektrinin eni tələb olunandan çox böyükdür. Yalnız $q = 10\%$ və $\Delta f = 40$ kHs olduqda spektrin eni ölkəmizdə tətbiq olunan zolağa (300 kHs) yaxın olur. Ona görə də RDS-in tətbiqini nəzərə alaraq tezlik deviasiyasını bir qədər də azaldıb $\Delta f = 30,56$ kHs seçirik ki, tezlik spektrinin eni 300 kHs-ə bərabər olsun.

RDS sistemi bir qayda olaraq avtomobil radioqəbuledicilərində tətbiq olunur. Bu sistemin ölkəmizdə tətbiqinin mümkünlüyünü yoxlamaq məqsədilə tərəfimizdən müxtəlif magistral yolları üzrə RDS siqnallarının səviyyələri ölçülmüş, nəticədə RDS siqnallarının kəsildiyi ərazilər müəyyən olunmuşdur. Dövlət dəstəyi ilə ölkəmizin FM radioyayım şəbəkəsinin genişləndirilməsi layihəsi tərtib edilmiş və bu layihədə əlavə radioyayım stansiyaların qurulması və mövcud radioyayım stansiyalarının gücləndirilməsi qərara alınmışdır.

Cədvəl. FM radiosiqnalın spektrinin eni

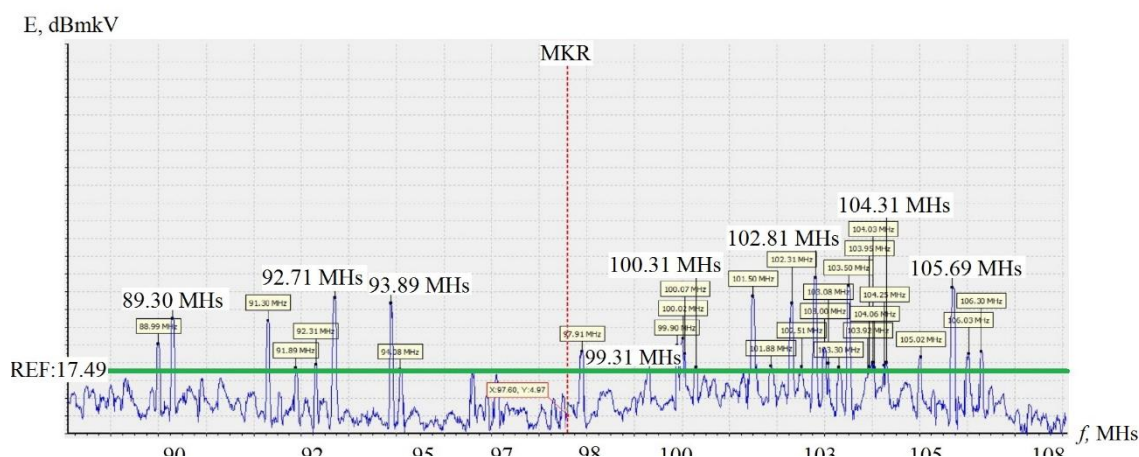
№	Tezliyin deviasiyası Δf , kHs; Siqnalın spektrinin eni F , kHs	$2\Delta f_n$, kHs-lə		
		$q = 1\%$ olduqda	$q = 5\%$ olduqda	$q = 10\%$ olduqda
		$2\Delta f_n = 2.25\Delta f + 6F$	$2\Delta f_n = 2.2\Delta f + 5F$	$2f_n = 2.14\Delta f + 4F$; $2\Delta f = \frac{2\Delta\omega^*}{2\pi} = 2.14\Delta f + 4F \approx 180$
1	$\Delta f = 40$ kHs; $F = 58,65$ kHs	441,4	381,25	320,2
2	$\Delta f = 75$ kHs; $F = 58,65$ kHs	520,65	458,25	395,1

Şəkil 2-də Bakı – Ağsu magistral avtomobil yolu üzrə düzünə və tərsinə istiqamətdə RDS siqnalının səviyyəsinin dəyişməsi göstərilmişdir. Şəkildən aydın olur ki, bu yol üzrə RDS siqnalının səviyyəsi tələb olunan səviyyədədir. Oxşar nəticə Bakı-Lerik magistral avtomobil yolu üçün də alınmışdır. Lakin Bakı-Quba-Xaçmaz avtomobil magistralı üçün müsbət nəticələr alınmamış və ona görə də Siyəzən rayonu ərazisində əlavə radioyayım stansiyasının qurulmasına ehtiyac yaranmışdır.



Şəkil 2. RDS siqnalının səviyyəsinin dəyişməsi: 1 - Bakı – Ağsu avtomagistralı,
2 - Ağsu – Bakı avtomagistralı

Ölkəmizin FM radioyayım şəbəkəsinin genişləndirilməsi üzrə olan layihənin digər bir məqsədi radioyayımı sahəsində olan maneələrin azaldılması, ölkəmizin radioyayım proqramlarının əlçatanlığının təmin olunmasıdır. Bu məqsədlə tərəfimizdən ölkəmizin müxtəlif bölgələri üzrə ölçmə və monitoring işləri həyata keçirilmişdir. Şəkil 3-də nümunə üçün Astara rayonu ərazisində FM radio yayımı diapazonunda siqnalların və maneələrin təcrübədən alınmış spektrləri verilmişdir.



Şəkil 3. Astara rayonu ərazisində FM radio yayımı diapazonunda siqnalların və maneələrin spektri

Göründüyü kimi burada spektrin tərkibində çoxsaylı stansiyaların siqnalları vardır. Lakin bu siqnallardan yalnız üçü ölkəmizin radio yayımçılarına aid olan siqnalların spektridir. Qalan spektral təşkilədicilər İran İslam Respublikasının stansiyalarının yaratdığı maneələrin spektridir. Aydındır ki, bu vəziyyət qanəedici ola bilməzdi. Ona görə də yuxarıda adı çəkilən layihə üzrə bir çox yayım stansiyasında yeni FM radiovericiləri quraşdırılmışdır. O cümlədən, Astara radio-televiziya yayım stansiyasında 3 kVt gücündə olan daha 12 yeni FM radio vericisi quraşdırılmışdır. Nəticədə İran İslam Respublikası ərazisindəki stansiyalardan şüalanan maneə dalğalarının təsiri əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmışdır.

Nəticə. FM radio yayımında radiosiqnalın deviasiyasının və modullayıcı audiosiqnalların maksimal tezliyinin seçilməsi ilə FM siqnalının spektri verilmiş radiotezlik zolağına uyğunlaşdırılmalıdır. Müasir FM radio yayımında modullayıcı siqnalın spektri çox genişdir və ona görə də $q = 10\%$ məhdudlanma səviyyəsi üçün radiosiqnalın deviasiyası 30,56 kHs seçilməlidir.

Ölkəmizin müxtəlif bölgələri üzrə əlavə radioyayım vericilərinin quraşdırılması şəbəkənin topologiyası ilə bağlı maneələri azaltmağa imkan verir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Мамедов И.Р., Ахадов И.Д., Шарифов А.М., Аббасов М.Г. “Цифровое телевидение: Формирование и передача сигнала”. – Баку: Азернешр, 2010. - 150 с.
2. Мəmmədov İ.R., Əhədov İ.C., Abbasov M.H. Azərbaycanda yerüstü televiziya yayımının radiotezlik zolaqlarının mövcud vəziyyəti və inkişaf istiqamətləri / “Radiotexnikanın müasir problemləri”, Azərbaycan Respublikası ETK, Bakı, 2021. s. 91-95.
3. Мəmmədov İ.R., Əhədov İ.C., Abbasov M.H. Azərbaycanda yerüstü radioyayımı üçün ayrılan radiotezlik zolaqlarının mövcud vəziyyəti və inkişaf istiqamətləri / “Radiotexnikanın müasir problemləri”, Azərbaycan Respublikası ETK, Bakı, 2021. s. 96-99.
4. Мамедов, И.Р., Шарифов, А.М., Аббасов, М.Г. Устойчивость приема сигналов цифрового ТВ вещания при воздействии мешающих сигналов // –

Международная НТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», Москва: – 2015, с. 31-34. <http://www.teleradio.az>, <http://www.dri.az>.

5. Məmmədov, İ.R. Rəqəmli və kabel televiziya. Dərslik // – Bakı: Mütərcim, – 2021. – 204 s.

6. Елисеев, С.Н. Оценка величины мощности межканальной помехи OFDM сигнала в канале с быстрыми замираниями // – Москва: Т-Comm, – 2017, т. 11, № 4, с. 59-62.

7. Kassan, K., Fares, H., Chistian, d., Louet Y. Performance vs spectral properties for single-side-band continuous phase modulation // – IEEE transaction on Communication. – 2021, v. 69(7), pp.4402-4416.

И.Р.Мамедов, И.Дж.Ахадов, М.Г.Аббасов

**Уменьшение взаимных интерференций в условиях расширения наземного
FM радиовещания в Азербайджане**

Резюме

В статье исследована адаптация спектра FM радиосигнала к полосе канала связи, путем ограничения спектральных составляющих и выбора девиации частоты радиосигнала. Обосновано установление новых радиопередатчиков для уменьшения помех, связанных с топологией сети.

I.R.Mammadov, I.C.Ahadov, M.H.Abbasov

**Reduction of mutual interference in conditions of expansion of terrestrial FM
broadcasting in Azerbaijan**

Abstract

In this paper studies the adaptation of the FM radio signal spectrum to the communication channel band by limiting the spectral components and selecting the radio signal frequency deviation. The installation of new radio transmitters is justified to reduce interference due to the network topology.

A.R.Hasanov (National Aviation Academy), *M.F.Binnatov* (Azerbaijan Technical University), *R.M.Bayramov*, *E.A.Aghayev*, *R.A.Ahmadov* (National Aviation Academy)

THE ANALYSIS OF LINEAR STATIONARY SYSTEM IN TIME AND FREQUENCY DOMAINS

General provisions. The essential peculiarity of the theory of linear stationary systems (LSS) is that any such system can be considered either in the time domain using its step response, impulse response and in the frequency domain by specifying the frequency transfer coefficient. Both approaches are equivalent and the choice of one of them is ensured convenience of obtaining initial data about the system and the ease of calculations [1]. In other words, in the well-known sources, LSS is considered, as a rule, either in the time domain or in the frequency domain, and the unambiguity of the obtained results is always postulated.

The purpose of this work is to clarify the criteria for assessing the adequacy of LSS studies in the frequency and time domains, and their testing through numerical analysis and experiment.

Three characteristics of the LSS are the main ones in its analysis: step response, impulse response and frequency response and regardless of choosing one of them for analysis, the result will be the same [1, 2].

Criteria for numerical analysis of a specific LSS. The unambiguity of the results of the numerical analysis of LSS in the frequency, time, and time-frequency domains is verified using the example of a simple RC circuit in which the output signal is the voltage on the capacitor (Figure 1). The most important parameter of any LSS, also an RC circuit, is its bandwidth, which is limited above by the cutoff frequency $\omega_s = 2\pi f_s$, at which the power of the output signal is reduced by half the power at the center (or zero) frequency [3, 4]. This parameter of LSS, cutoff frequency will be calculated in the frequency, time, and time-frequency domains. Obviously, all the statements formulated below can be extrapolated to any LSS.

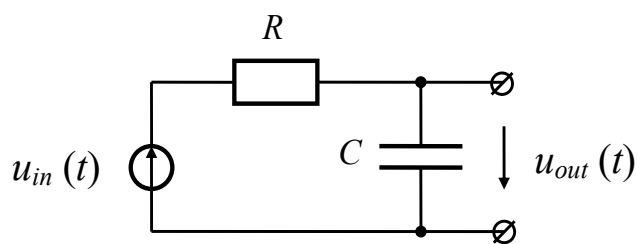


Figure 1. RC circuit in which the output signal is the voltage on the capacitor

Frequency domain analysis. Based on Kirchhoff's law, the frequency transfer coefficient of the RC circuit is determined:

$$K(j\omega) = (1/j\omega C)/(R + 1/j\omega C) = 1/(1 + j\omega CR) = 1/(1 + j\omega\tau), \quad (1)$$

where $\tau = CR$ is time constant of RC circuit.

Based on some formulas expressions of magnitude response and phase response of RC circuit are determined [5]:

$$K(\omega) = \{1/[1 + (\omega\tau)^2]\}^{1/2}, \quad (2)$$

$$\varphi_k(\omega) = -\arctg(\omega\tau). \quad (3)$$

The cutoff frequency is determined by formula (2), with replacing $K(\omega) = \sqrt{1/2}$:

$$\omega_s = 1/\tau \text{ or } f_s = 1/(2\pi\tau) = 0,159/\tau. \quad (4)$$

Time domain analysis is carried out based on the step response of the LSS. The procedure for determining the step response $g(t)$ predetermines the following condition: if $u_{in}(t) = \sigma(t)$, then $u_{out}(t) = g(t)$.

To determine the step response, must be utilize the operator method. In the first, is composed the transfer function $K(p)$ of the RC circuit based on expression (1):

$$K(p) = 1/(1 + p\tau), \quad (5)$$

where p is the complex frequency.

According to the known waveform of the input effect in the form of a single step $\sigma(t) \leftrightarrow 1/p$ and based on formula (5), waveform of the output voltage of the RC circuit $U_{out}(p)$ in the following form:

$$U_{out}(p) = (1/p)[1/(1 + p\tau)]. \quad (6)$$

This function expansion into elementary fractions is shown with next equation:

$$U_{out}(p) = 1/p - 1/(p + 1/\tau). \quad (7)$$

The originals corresponding to both terms on the right side of the last formula are well known: $1/p \leftrightarrow \sigma(t)$, $1/(p + 1/\tau) \leftrightarrow \exp(-t/\tau)$. Accordingly, the expression for the step response of the RC circuit will be as follows:

$$g(t) = [1 - \exp(-t/\tau)]\sigma(t). \quad (8)$$

Using formula (8) may be determined the rise time τ_r of the step response. The rise time is the time during which the step response graph changes from 0.1 to 0.9 of its maximum value. Changing these values one by one into (4) is obtain $\tau_r = 2.198\tau$. The cutoff frequency f_c is determined with using the [2] formula

$$f_c = 0.35/\tau_r = 0.159/\tau. \quad (9)$$

Thus, the results of analysis in the frequency domain (4) and in the time domain (9) are identical. However, in the context of this example, analysis in the time domain is more complex compared to analysis in the frequency domain.

The numerical analysis in frequency domain analysis. The cutoff frequency is calculate using with expressions (8): $\omega_c = 1/RC = 10^3 s^{-1} = 1 \text{ ms}$ or $f_c = 0,159/RC = 159 \text{ Hz}$.

Using formula (7), is calculated and plotted the graph of magnitude response (Fig. 2), by which the cutoff frequency is determined at the level $K(\omega_c) = \sqrt{1/2}$ and $\omega_c = 1 \text{ ms}^{-1}$ or $f_c = \omega_c/2\pi = 159 \text{ Hz}$.

The numerical analysis in time domain analysis. The cutoff frequency is calculated using formula (9): $f_c = 0.159/RC = 159 \text{ Hz}$ and rise time $\tau_r = 2.198 \text{ ms}$. Equally, the step response of the RC circuit is calculated and plotted using formula (10) (Figure 3).and it is shown that the rise time of the step response is $\tau_r = 2.198 \text{ ms}$. Accordingly, the cutoff frequency is $f_c = 0.35/2.198 \text{ ms} = 159 \text{ Hz}$.

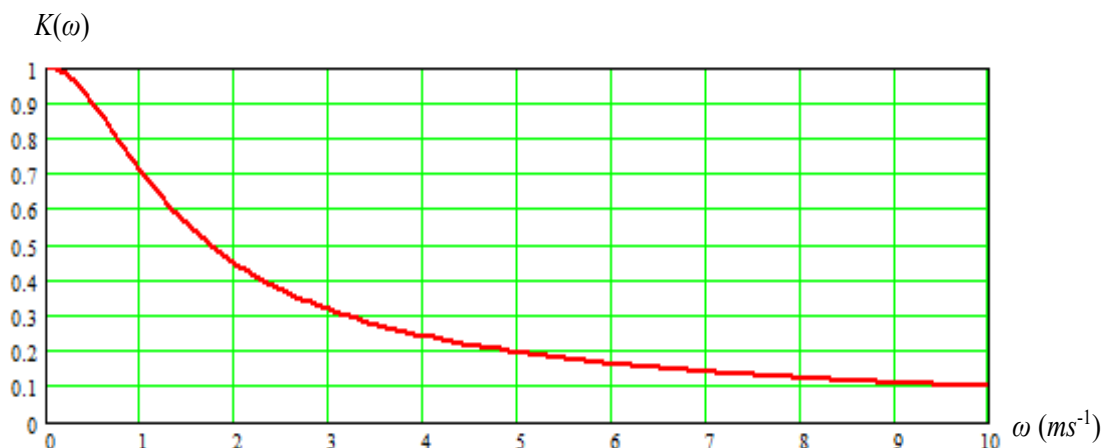


Figure 2. Graph of the magnitude response, which is plotted for the given $R = 1 \text{ k}\Omega$ and $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$

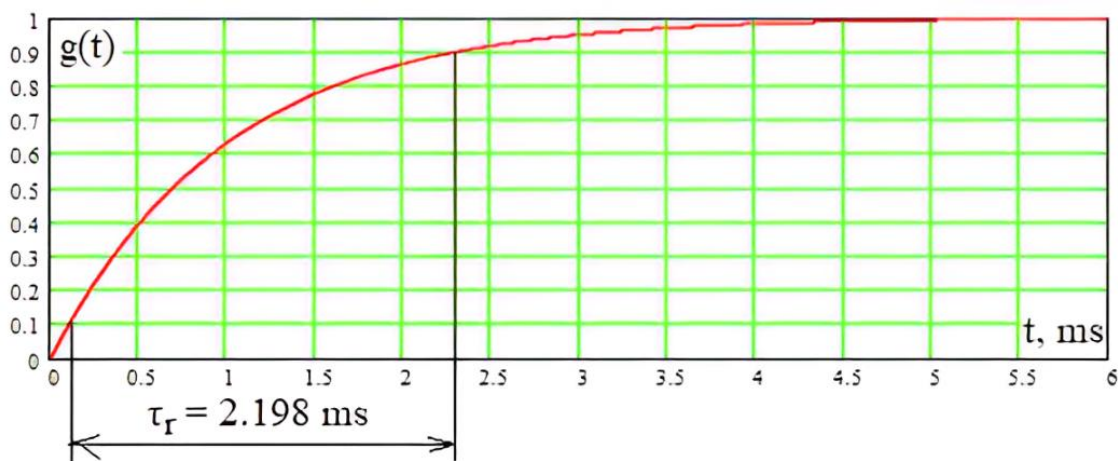


Figure 3. Step response of an RC circuit in which the output signal is the voltage on the capacitor, which is calculated for the given $R = 1 \text{ k}\Omega$ and $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$

In some cases, using a known step response, it is easy to calculate the output signal of the LSS $u_{out}(t)$ to an input voltage $u_{in}(t)$ of a certain, for example, pulse signal.

Conclusion. Mathematical modeling of physical processes in LSS using the example of an RC circuit, numerical analysis and experimental testing confirmed the unambiguity of the research results in the frequency and time domains. The study of the LSS in the frequency domain is reduced to the analysis of the features of its frequency response and in the time domain - to the analysis of the features of the step response. The obtained results were compared by the cutoff frequency. The cutoff frequency of the RC circuit with specific parameters was calculated by various parameters in the frequency and time. The results were identical. The choice of the RC circuit for analysis was dictated by the purpose of ensuring the clarity of numerical calculations and corresponding interpretations. At the same time, the above provisions and statements are valid for any LSS.

Reference

1. Paşayev, A.M. Harmonik siqnalların qeyri-xətti və parametrik çevrilmələri. /A.M. Paşayev, A.R. Həsənov - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası, – 2008. – 206 s.
2. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы.–М.:Высшая школа, 1988.
3. A.R. Həsənov, R.A. Həsənov Siqnallar və sistemlər. Dərslik. / - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası, – 2022. – 534 s.
4. Abilash. Step Response Analysis on First Order RC Circuit // American Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, – 2017. 3(1), – pp. 1-5.
5. Paşayev, A.M. Radiotexniki siqnallar və dövrlər / A.M. Paşayev, A.R. Həsənov - Bakı: Milli Aviasiya Akademiyası, – 2005. – 274s.

A.R.Həsənov, M.F.Binnatov, R.M.Bayramov, E.A.Ağayev, R.A.Əhmədov

Xətti stasionar sistemin zaman və tezlik oblastında təhlili

Xülasə

Xətti stasionar sistemin tezlik və zaman oblastında istənilən giriş təsirinə uyğun olaraq çıxış reaksiyasının formalaşması prosesinin əlaqəli təsviri verilmişdir. Öldə olunan nəticələr üçün ədədi analiz aparılaraq tədqiqatların tezlik və zaman oblastlarında ekvivalentliyi təsdiq edilmişdir.

A.P.Гасанов, М.Ф.Биннатов, Р.М.Байрамов, Э.А.Агаев, Р.А.Ахмедов

Анализ линейной стационарной системы во временной и частотной областях

Резюме

Дано сопутствующее описание процесса формирования выходного отклика линейной стационарной системы по любому входному воздействию во временной и частотной областях. Численный анализ полученных результатов подтвердил эквивалентность исследований во временной и частотной областях.

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

PILOTSUZ ROBOTOTEXNİKİ ATIŞ QIYMƏTLƏNDİRMƏ KOMPLEKSİ

Giriş. Son illərdə atəşin dəqiqliyi üzrə effektiv təlim üçün avtomatlaşdırılmış robot sistemlərinin inkişafı getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir [1,2]. Nümunə olaraq belə sistemlərin hazırlanması və satışı ilə məşğul olan dünyanın bir sıra aparıcı şirkətlərinin məhsullarını nəzərdən keçirək. Qeyd edilməlidir ki, aşağıda göstərilən məhsullar (sistemlər) simulyator adlandırılırlar.

Mərkəzi Dəqiq Mühəndislik Elmi-Tədqiqat İnstitutu (Rusiya) atıcı silahların və snayper sistemlərinin yeni növlərinin sınaqdan keçirilməsi üçün "ağıllı" akustik hədəf "Индикатор" hazırlamışdır [3]. Ağıllı atış hədəfi tez və yüksək etibarlıqla atəşin dəqiqliyini təyin etməyə imkan verir. Texnologiya əldə edilən nəticələrin toplanması və emalı prosesindən tamamilə kənarlaşdırıldığı üçün hədəfin səkdirmə güllələri və ya torpaq parçaları ilə işə salınmasını və subyektiv amilin sınaq nəticələrinə təsirini aradan qaldırır.

"Ağıllı" hədəf akustik sensorlar və kompüterə olan korpusdan ibarətdir. Kompleksin işi akustik yerləşmə prinsipinə əsaslanır. Güllə səsdən yüksək sürətlə uçduqda, hədəf müstəvisinə və akustik sensorlara təsir edən zərbə dalğası onlarda elektrik siqnallarının yaranmasına səbəb olur ki, bu da hədəfə təsir nöqtəsini onlayn olaraq təyin etməyə və bu məlumatı kompüterin monitorunda göstərməyə imkan verir. Atış başa çatdıqdan sonra onun dəqiqliyi və topluluğu avtomatik olaraq hesablanır. Bütün məlumatlar rəqəmsal və qrafik formada PC monitorunda göstərilir. "Индикатор" hədəfinin əsas çatışmazlıqları aşağıdakılardır:

- bir anda yalnız bir hədəf idarə oluna bilər;
- yalnız qapalı yerlərdə istifadə edilə bilər, bununla da idarəetmə diapazonunu məhdudlaşdırır;
- şok səs dalğasının istifadəsi hədəfə dəyən güllənin koordinatının təyin edilməsinin dəqiqliyini aşağı salır.

ABŞ-da Action Target Inc tərəfindən yaradılmış PIAP MOBI TARGET atış bacarıqları təlim sistemi məlumdur [4]. Şəkil 1-də göstərilən PIAP MOBI TARGET aktiv atıcılıq təlimi keçirmək üçün sistemdir. O, dövlət təhlükəsizlik və müdafiə xidmətlərinin əməkdaşlarının, habelə silahlı mühafizəçilərin və idman atıcılarının hazırlanması və ixtisasının artırılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. PIAP MOBI TARGET mobil platformadan, operatorun idarəetmə panelindən (təlim interfeysi ilə) və relay stansiyasından ibarətdir. Sistemin üstünlüyü onun mobilliyi, tez hərəkət etmə qabiliyyəti və mövcud kommunikasiya infrastrukturundan tam müstəqilliyidir.

PIAP MOBI TARGET bir-birinə yaxın və atış poliqonunda yerli maneələrin yaxınlığında fəaliyyət göstərə bilər. Robot hədəf uzun məsafələrdə (1200 m-ə qədər) hərəkət edir, bu isə snayper hazırlığına imkan verir, burada atıcılar uzun məsafələrə atış edə bilərlər. PIAP MOBI TARGET fərdi müştəri tələblərinə uyğun olaraq konfigurasiya etməyə imkan verən modulluq nəzərə alınmaqla dizayn edilmişdir. Konfigurasiyadan asılı olaraq mobil platformalar kağız hədəf tutucularla (əsas versiya) və ya vuruşun aşkarlanması və parametrləşdirmə sistemi ilə təchiz edilmiş 3D maneken qaldırıcısı (qabaqcıl versiya) ilə təchiz oluna bilər.



Şəkil 1. ABŞ-ın PIAP MOBI TARGET sistemi

PIAP MOBI TARGET kompleksin çəkisi 380 kq, maksimum radio idarəetmə radiusu 1200 m-dir.

Amerikalı mütəxəssislər tərəfindən başqa bir Mantisx System məhsulu işlənmişdir [5]. Bu sistem atıcı silahlarla (pulemyot, tapança) atıcılıq bacarıqlarını təkmilləşdirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Mantisx System dəsti odlu silahdan, silah üçün xüsusi qoşmadan, hədəfdən və hədəfdən informasiyanın oxunması və işlənməsi üçün smartfondan ibarətdir. Smartfonu Bluetooth vasitəsilə hədəfə qoşmaq üçün xüsusi qoşma istifadə olunur. Mantisx Sisteminin əsas çatışmazlığı onun cəmi 25 m-ə qədər qısa məsafələrdə istifadəsidir.

Burada kiçik atıcı silahlardan atəşə qiymətləndirmə etmək üçün hazırlanmış və istehsal edilmiş pilotsuz robot kompleksi təqdim olunmuşdur. Bu kompleksi operatorsuz idarə etmək və hədəfə dəyən güllələrin koordinatlarını avtomatik müəyyən etmək olar. Robot kompleksinin pilotsuz idarə edilməsi üçün proqram təminatı hazırlanmışdır. Sistem əsgər və zabitlərin yaxın və uzaq məsafələrə (20 ÷ 1500 m.) atıcılıq üzrə effektiv təlimi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Kompleksdə olan hədəfin iş prinsipi qısaca təsvir edilmiş və texniki xüsusiyyətləri verilmişdir. Göstərilir ki, təklif olunan pilotsuz robot-texniki kompleks xarici analoqlarla müqayisədə əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir.

Robototexniki atış sistemi. Təqdim olunan kompleks kiçik atıcı silahlardan bacarıqla və effektiv istifadə etmənin öyrədilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Atış qiymətləndirmə sisteminə avtomatlaşdırılmış proqram təminatı, texniki təchizat və PTZ kamerası müxtəlif tipli hədəflərə atış tapşırığına uyğun olaraq atışların keçirilməsini və avtomatik qiymətləndirilməsini həyata keçirir.

PTZ kamera (Pan-tilt-zoom) uzaqdan istiqamət və böyütmə nəzarətini dəstəkləyən kameradır. PTZ-nin idarəetmə sistemi robotik idarəetmə sistemi adlanır. O, sürüşdürmək, əymək və böyütmək üçün idarəedici sistemlə təchiz edilmiş, daxili kontrollerin nəzarəti altında müəyyən edilmiş obyektlərə yönəldilmişdir.

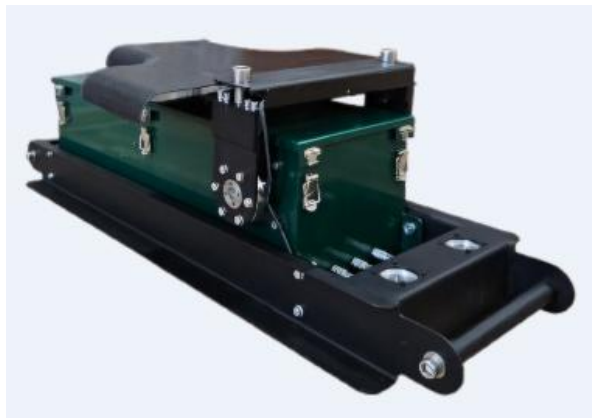
Bu sistem atış zamanı mərminin ballistik xüsusiyyətlərinə uyğun atışın aparılması üçün hidrometeoroloji stansiya ilə təchiz olunmuşdur. Şəkil 2-də atış qiymətləndirmə

sisteminin platforması hədəflə birgə göstərilmişdir. Şəkil 3-də atış qiymətləndirmə sisteminin platforması qalxmış hədəflə birgə göstərilmişdir. Fiqurlu hədəf polimer karbon plastik materialdan hazırlanmışdır. Bu materialın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, adi halda dairelərlə çəkilmiş kağız hədəfi DSP hədəfə yapışdırılır (DSP-ağac çipləri basaraq hazırlanmış taxta materialdır), güllə ona dəyəndə onu deşir və bir müddətdən sonra yeni hədəfdən istifadə tələb olunur (kağız hədəfi hər bir atıcı üçün yenilənir). Lakin, polimer karbon plastik materialdan hazırlanmış hədəf uzun ömürlü olur. Çünki, karbon polimerli hədəfdə çoxlu güllə yeri olanda, o nazik lay olan epoksid yapışqan ilə örtülür, hədəf yenilənir və beləliklə, bu hədəfin ömrü uzun olur.

Hədəfin konstruktiv imkanları aşağıdakılardır:

- məmulatın uzun müddətli təhlükəsiz istismarını təmin edən, poliqlon şəraitində daşınma və əllə daşınma şərtlərinə cavab verən davamlı metal korpus;
- xüsusi sıxacla fiqurların etibarlı, rahat və nisbətən tez bərkidilməsi imkanı;
- qurğunun yerə etibarlı bərkidilməsini və gövdənin birbaşa güllələrdən qorunmasını təmin edən əlavə elementlərin olması;
- xüsusi alətlərə ehtiyac olmadan doldurma, dəyişdirmə və ya saxlama zamanı tez çıxarılmağa imkan verən ayrıca qoruyucu qutuda olan xarici batareya;
- stasionar şəbəkədən (batareyasız) fasiləsiz enerji təchizatı üçün xarici güc konnektoru;
- gecə vaxtı hədəfi görünən və ya infraqırmızı işıqla işıqlandırmaq üçün toz və rütubətə davamlı proyektor;
- atışın qiymətləndirilməsi üçün yüksək dəqiqlikli və həssaslığı tənzimlənə bilən inersial zərbə sensoru.

Cədvəl 1-də pilotsuz robototexniki atış qiymətləndirmə sisteminin taktiki-texniki parametrləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. Avtomatlaşdırılmış atış qiymətləndirmə sisteminin platforması fiqurlu hədəflə birlikdə



Şəkil 3. Atış qiymətləndirmə sisteminin platforması qalxmış fiqurlu hədəflə birlikdə

Cədvəl 1. Pilotsuz robototexniki atış qiymətləndirmə sisteminin taktiki texniki parametrləri

1	İqlim faktorları: - ətraf mühitin temperaturu; - nisbi rütubət (ətraf mühitin 10°C temperaturunda); - küləyin sürəti, çox olmamalıdır;	-20 ÷ + 40°C 95% 15 m/san
2	Mexaniki xarakteristikalar: - məmulatın kütləsi (yığılmış vəziyyətdə); - qabarit ölçüləri; - valda maksimal qüvvə momenti; - qalxma və ya dönmə bucağı; - qalxma və enmə sürəti.	57 kg 1000 x 310x 220 mm 110 Nm 90±3° < 3 san
3	Energetik xarakteristikaları: - nominal qida gərginliyi; - maksimal istifadə olunan güc; - akkumulyatorun tutumu; - tam qalxma-enmə tsikllərin sayı (tam yüklənmiş akkumulyatorla, icazə verilən istismar temperaturunda).	10,8 ÷ 13,8 V 40 Vt 50 Ah 6000 dəfə
4	İşıqlanma sisteminin xarakteristikaları: - hədəf fiqurların ışıqlanma rejimi (infraqırmızı/ağ); - ışıqlanma tezliyi.	Fasiləsiz və ya verilən tezliklə; 1 ÷ 5 Hz
5	Radiokanal xarakteristikaları: - eyni zamanda istifadə olunan hədəflərin sayı; - idarəetmə məsafəsi; - radio dalğa tezliyi; - radiodalğa gücü (məsafədən asılı olaraq)	10 ədəd 20 ÷ 1500 m 140÷170,400÷470 MHz 0,1 ÷ 1 Vt

Atış nəzarət sisteminin üstünlükləri bunlardır:

- müxtəlif ərazi reylefində istifadə edilməsinin mümkünlüyü;
- atışın keçirilməsi zamanı qiymətləndirmənin avtomatik aparılması;
- gecə atışlarının keçirilməsinin mümkünlüyü;
- idarəetmə pultuna qoşulan hədəflərin sayı 2-10 ədəd, qoşulma vaxtının 5 dəqiqə olması;
- şəbəkə asılılığı olmadan AKB (akumulyator batareyası) vasitəsi ilə enerji təminatının mümkünlüyü;
- hədəf qaldırıcıların (bərkidilmiş, bərkidilməmiş) idarəetmə protokolu;
- RS-485 və ya radiokanal vasitəsi ilə idarə edilməsi: (RS-485 uzun məsafələrə və məlumatların yüksək sürətlə ötürülməsini təklif edən iki naqilli diferensial ötürmə standartıdır; 485 interfeysi üçün DB9 və ya DB25 konnektorlarından, eləcə də xüsusi konnektorlardan istifadə etmək mümkündür);
- idarəetmə məsafəsinin (sifarişə əsasən) artırılmasının mümkün olması;
- cütlik, heyət, qrup tərkibində atış çalışmalarının yerinə yetirilməsi;

- atış sahəsinin kamera vasitəsi ilə davamlı müşahidə edilməsi.

Bundan əlavə xarici analoqlarla müqayisədə təklif olunan sistem bir sıra əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir.

Qəza xəbərdarlıq sistemi. Pilotsuz robototexniki atış qiymətləndirmə kompleksində olan qəza xəbərdarlıq sisteminə aşağıdakılar daxildir:

- batareyada gərginliyinin aşağı düşməsi barədə işıq və proqram təminatı xəbərdarlığı;

- batareyanın səhv qoşulmasından ("tərs çevrilmə") elektron qorunma;

- batareya dövrəsində qısa qapanmaya qarşı xarici qoruyucu;

- həddindən artıq yüklənmə halında qurğunun elektrik mühərrikinin elektron şəkildə dayandırılması;

- elektrik mühərrikinin həddindən artıq yüklənməsinin xarici səbəbi aradan qaldırıldıqda, quraşdırmanı tez bir zamanda yenidən başlamaq imkanı;

- digər opsiyalar (sifariş əsasında).

Hədəf qurğusu sifarişçinin tələbinə uyğun olaraq istənilən fiqurlarla təchiz oluna bilər.

Beləliklə, burada kiçik silahlardan (avtomat, snayper tüfəngi, tapanca) atəşə qiymətləndirmə etmək üçün hazırlanmış və istehsal edilmiş pilotsuz robot kompleksi təqdim olunur. Bu kompleksi operatorsuz idarə etmək, hədəfə dəyən güllələrin koordinatlarını və beləliklə, atış dəqiqliyini qiymətləndirmək, atıcı üçün xal hesablamağı avtomatik yerinə yetirmək mümkün olar. Robot kompleksinin pilotsuz idarə edilməsi üçün proqram təminatı hazırlanmışdır. Sistem əsgər və zabitlərin yaxın və uzaq məsafələrə (20 ÷ 1500 m.) atıcılıq üzrə effektiv təlimi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Fiqurlu hədəf polimer karbon plastik materialdan hazırlandığından uzun ömürlü olurlar. Təklif olunan pilotsuz robot-texniki kompleks xarici analoqlarla müqayisədə əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Bayramov, A., Suleymanov, S., Abdullaev, F. (2024). The Robotic Control System of UAV Based on Artificial Intelligence Technologies. In: Ronzhin, A., Savage, J., Meshcheryakov, R. (eds). Interactive Collaborative Robotics. ICR 2024. Lecture Notes in Computer Science, vol. 14898. pp. 357-367. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71360-6_27.

2. Bayramov, A., Suleymanov, S. (2023) Remote Control Robotic System for the Perimeter Security. In: Ronzhin, A., Sadigov, A., Meshcheryakov, R. (eds) Interactive Collaborative Robotics. ICR 2023. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2023, vol. 14214. Springer, Cham. Chapter 16. pp. 175–184. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43111-1_16.

3. Акустическая мишень "Индикатор". <https://tass.ru/armiya-i-opk/15536103>. 23 августа 2022.

4. PIAP mobi target robotic shooting training system. <https://www.antiterrorism.eu/portfolio-posts/robotic-shooting-training-system/> 22.August.2024.

5. Mantis firearms training system. <https://mantisx.com/pages/how-it-works-1> 06.September.2024.

Ф.Н. Абдуллаев, А.А. Байрамов, С.С. Сулейманов
Беспилотный робототехнический комплекс оценки стрельбы

Резюме

В статье представлен разработанный беспилотный робототехнический комплекс оценки стрельбы из стрелкового оружия. Система предназначена для эффективного обучения солдат и офицеров стрельбой на близких и больших расстояниях (20÷1500 м.). Кратко описывается принцип работы системы, приводятся технические характеристики. Показано, что предложенная беспилотная робототехническая система имеет существенные преимущества в сравнении с зарубежными аналогами.

F.N.Abdullayev, A.A.Bayramov, S.S.Suleymanov
The complex of unmanned robotic weapon fire evaluation

Abstract

The article presents the developed unmanned robotic complex for evaluation of small arms fire. The complex is designed for effective training of soldiers and officers in shooting at close and long distances (20 ÷ 1500 m.). The operating principle of the system is briefly described and technical characteristics are given. It is shown that the proposed unmanned robotic system has significant advantages over foreign analogues.

Э.Б.Искендерзаде, Ш.Э.Мамедов, Н.А.Аскеров, Л.И.Нуриева (Национальное
Аэрокосмическое Агентство)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ ЭКОЛОГИИ СВЯЗАННОЙ С ЭМИССИЯМИ АВТОТРАНСПОРТА В АТМОСФЕРУ

Введение. Следует отметить, что загрязнение воздуха автотранспортом характеризуется в основном эмиссией в атмосферу NO_x , SO_2 и аэрозоля (PM) [1,2]. В регионах близкого расположения крупных городов, что характерно для Европы исследования проводятся в области изучения трансмиссии этих загрязнителей между городами [3,4]. Вместе с тем, если крупные урбанизированные зоны расположены на достаточном расстоянии друг от друга то исследования в этой сфере ограничиваются масштабами отдельных городов [5].

Во многих исследованиях посвященных изучению распространения вышеуказанных загрязнителей учитываются такие метеофакторы, как скорость ветра, температура, влажность [6,7,8,9,10]. Вместе с тем, такому важному метеофактору, как осадки уделяется недостаточно широкое внимание [11,12]. Исследования, проведенные в [12] покажут, что концентрация NO_2 эмиттированного на городских автотрассах находится в сильной регрессионной связи с уровнем плотности автомобилей на автодорогах и уровнем осадков в виде

$$E(NO_2) = a_1 + a_2C - a_3P, \quad (1)$$

где $E(NO_2)$ -концентрация эмиттированного NO_2 ; C -плотность автомобилей на автодорогах; P -уровень осадков в зонах автодорог, (мм); $a_1, a_2, a_3 = const$.

Следовательно, применительно к транспортно развивовому городу актуальной оказывается задача вычисления оптимальных величин таких единых показателей как C и P применительно к n -количеству автодорог, имеющих в едином городе, при которых суммарная расчетная концентрация NO_3 могла бы достичь экстремума.

Второй немаловажной исследования в настоящей статье является подсчет суммарной концентрации NO_2 в зоне, находящейся между двумя параллельными магистралями. Как отмечается в работе [13], существующее мнение о достаточном резком снижении уровня загрязнителей на расстоянии 20 м от дорог [14] оказывается ошибочным. В работе [13] с использованием дисперсионных моделей DMRB, Caline-4, ADMS-Roads было показано, что концентрация NO_2 на расстоянии от автодорог уменьшается достаточно медленно и характеризуется логарифмической зависимостью в виде

$$E = -a_4 \ln x + a_5, \quad (2)$$

где x -расстояние от дороги; $a_4, a_5 = const$.

Примерный график зависимости (2) показан на рис. 1.

С учетом логарифмической зависимостью (2) между концентрацией NO_2 и расстоянием до автодороги и большой насыщенностью крупных мегаполисов параллельными автотрассами актуальной оказывается определение концентрации NO_2 в зонах, находящихся между параллельными автомагистралями.

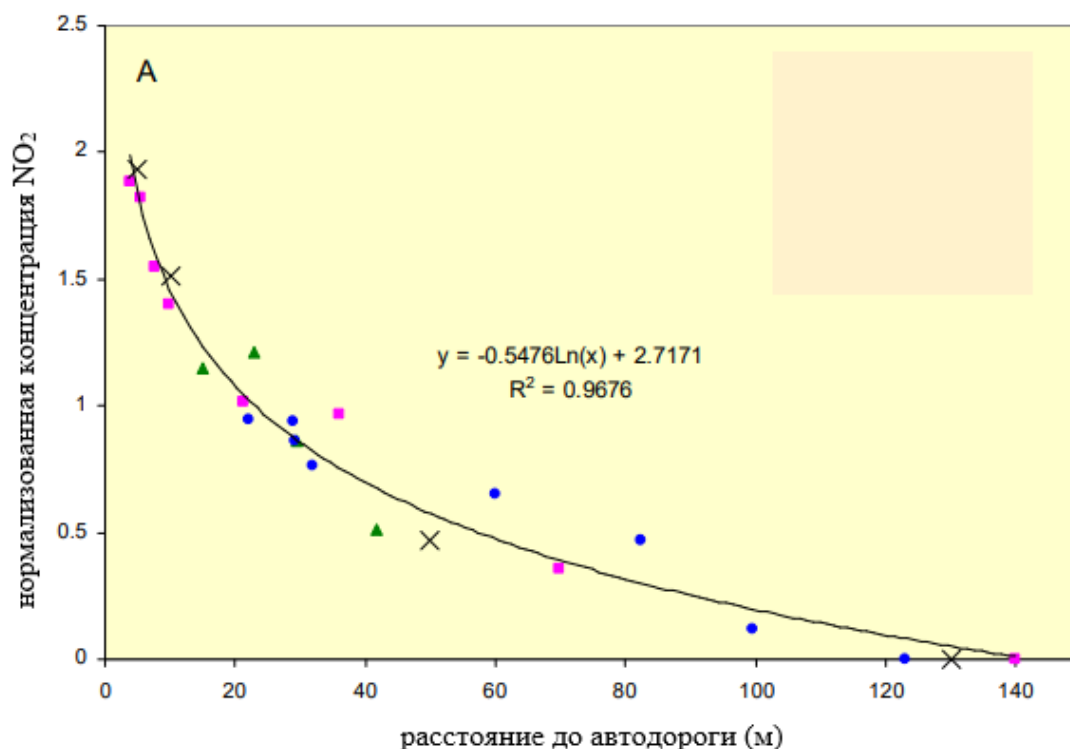


Рис. 1. Логарифмическая зависимость концентрации эмиттированного в атмосферу NO_2 от расстояния до автодороги

Методы. Рассмотрим предлагаемое решение первой вышеуказанных экологических задач.

Обозначив $E(NO_2) = E$, выражение (1) перепишем в следующем виде:

$$E - a_1 = -Pa_3 + a_2C. \quad (3)$$

Далее для удобства математической записи примем следующие обозначения:

$$E - a_1 = E'. \quad (4)$$

С учетом (3) и (4) имеем

$$E' = -a_3P + a_2C. \quad (5)$$

Допустим, что в рассматриваемой городской зоне имеются n количество автодорог, для которых на основании выражения (5) может написать нижеследующие ограничительные условия

$$\left. \begin{aligned} E'_1 &\geq -a_{31}P + a_{21}C \\ E'_2 &\geq -a_{32}P + a_{22}C \\ E'_3 &\geq -a_{33}P + a_{23}C \\ &\dots \\ E'_n &\geq -a_{3n}P + a_{2n}C \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где E'_i - допустимое загрязнение воздуха на i -й автодороге.

На базе ограничительных условий (6) сформируем задачу линейного программирования для случая $n = 3$. Следовательно, задаются следующие ограничительные условия

$$E'_1 \geq -a_{31}P + a_{21}C; \quad (7)$$

$$E'_2 \geq -a_{32}P + a_{22}C; \quad (8)$$

$$E'_3 \geq -a_{33}P + a_{23}C; \quad (9)$$

Целевой функционал оптимизации F с учетом выражений (7), (8), (9) сформируем в следующем виде

$$F = -P \frac{(a_{31}+a_{32}+a_{33})}{3} + C \frac{(a_{21}+a_{22}+a_{23})}{3}. \quad (10)$$

На рис. 2 приведено условное геометрическое решение указанной задачи.

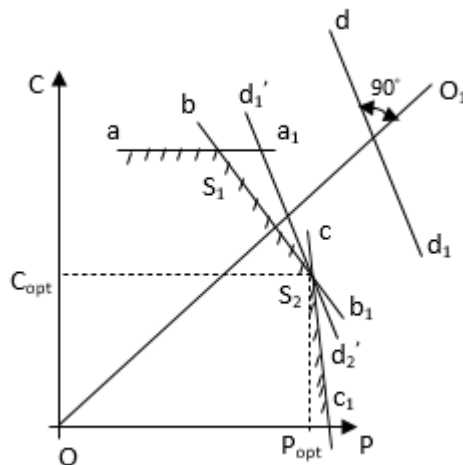


Рис. 2. Геометрическое решение задачи линейного программирования (4)-(10):
 aa_1 - ограничительная линия соответствующая неравенству (7); bb_1 -
ограничительная линия, соответствующая неравенству (8); cc_1 -ограничительная
линия, соответствующая неравенству (9); S_1, S_2 -узловые точки; OO_1 -центральная
линия; dd_1 -основание опорной плоскости; $d'd_1$ -сдвинутая позиция dd_1

В данном случае решение задачи линейного программирования имеет вид $\{C_{opt}; P_{opt}\}$.

Таким образом узловая точка S_2 отображает на плоскости (C, P) оптимальную точку, характеризующую решение первой из рассматриваемых транспортно-связанных задач оптимизации. Рассмотрим решение второй из вышеуказанных задач.

Рассмотрим две параллельно расположенные автостреды, концентрации NO_2 в которых распределены встречным образом, по логарифмическому закону (рис. 3).

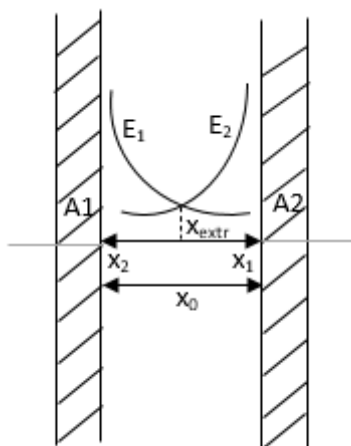


Рис. 3. Схематическое расположение двух автострад A1 и A2 и логарифмических распределений NO_2 между этими автострадами

Задачей исследования является определение точки $x_{\min}$, где получаем экстремальную величину концентрации NO_2 .

Для автострад A1 и A2 соответственно напомним:

$$E_1 = -a_1 \ln x_1 + a_2 ; \quad (11)$$

$$E_2 = -a_3 \ln x_2 + a_4 . \quad (12)$$

Из выражений (11), (12) получим

$$E_1 + E_2 = \ln(x_1^{-a_1} \cdot x_2^{-a_3}) + a_2 + a_4 . \quad (13)$$

С учетом условия

$$x_1 + x_2 = x_0 \quad (14)$$

и выражения (13) получим

$$(x_0 - x_2)^{-a_1} \cdot x_2^{-a_3} = \exp[\sum_1^2 E_i - (a_2 + a_4)] . \quad (15)$$

Исследуя выражение (15) на экстремум от x_2 методом анализа производных получаем

$$a_1 x_2^{-1} - a_3 (x_0 - x_2)^{-1} = 0 . \quad (16)$$

Решая уравнение (16) относительно x_2 находим

$$x_2 = \frac{x_0}{1 + \frac{a_3}{a_1}} . \quad (17)$$

Таким образом, в точке $x_{extr} = x_2$ концентрация NO_2 достигает экстремальной величины. Для определения характера экстремума (минимум или максимум) проанализируем производную выражения (15) относительно x_2 , которая имеет вид:

$$\frac{d^2(E_1+E_2)}{dx_2} = -\frac{a_1}{x_2^2} + \frac{a_3}{(x_0-x_2)^2}. \quad (18)$$

Из выражения (18) ясно, что при выполнении условия

$$\frac{a_1}{x_2^2} > \frac{a_3}{(x_0-x_2)^2}, \quad (19)$$

экстремум является максимумом, в противном случае минимумом.

С учетом выражений (17) и (19) получаем:

$$\frac{a_1(1+\frac{a_3}{a_1})}{x_0^2} > \frac{a_3}{(x_0-x_2)^2}; \quad (20)$$

или

$$\frac{a_1+a_3}{a_3} > \frac{x_0^2}{(x_0-x_2)^2}. \quad (21)$$

Таким образом, при удовлетворении условий (19),(20),(21) в точке x_{extr} образуется максимальная концентрация NO_2 , в противном случае минимальная.

Обсуждение. Таким образом, сформулированы и решены две актуальные экологические задачи городского автотранспорта, касающиеся:

1. Определения оптимальных значений таких факторов как количество осадков на группе автотрасс, при которых удовлетворяется ограничительное условие, наложенное на максимальную концентрацию NO_2 в них, а также достигается экстремум сформированной целевой функции, определяющей сумму концентраций NO_2 в трех трассах.

2. Определение точки между двумя параллельными автотрассами, в которой суммарная концентрация NO_2 достигает экстремума. Получена формула вычисления координат такой точки, определены условия появления максимума или минимума в этой точке.

Заключение.

1. Показано наличие оптимальной пары параметров C и P , при которых суммарная концентрация NO_2 эмиттированной в атмосферу NO_2 автотранспортом в группе автострад достигает экстремума.

2. Показано наличие особой точки между двумя параллельно расположенными автострадами, в которой суммарная концентрация NO_2 достигает экстремума. Определены условия достижения максимальной или минимальной величины концентрации NO_2 в этой точке.

Список литературы

1. S. Itahashi, I. Uno et al., Nitrate transboundary heavy pollution over East Asia in winter. Atmospheric Chemistry and Physics 17 (2017) pp. 383-3843. <https://doi.org/10.5194/acp-17-3823-2017>.
2. S. Chen, T. Yuan et al., Dust modeling over East Asia during the summer of 2010 using the WRF-Chem model, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 213 (2018) pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.04.013>.
3. X. Fu, Z. Cheng et al., Local and Regional Contributions to Fine Particle Pollution in Winter of the Yangtze River Delta, China, Aerosol and Air Quality Research 16 (2016) pp. 1067-1080. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.08.0496>.
4. Y. Wang, Y. Li et al., Inter-city air pollutant transport in The Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration: Comparison between the winters of 2012 and 2016, Journal of

Environmental Management 250 (2019) p. 109520.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109520>.

5. Y. Wang, S. Bao, Local and regional contributions to fine particulate matter in Beijing during heavy haze episodes, Science of The Total Environment 580 (2017) pp. 283- 296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.127>.

6. F. Kuik, A. Kerschbaumer et al., Top-down quantification of NOX emissions from traffic in an urban area using a high-resolution regional atmospheric chemistry model, Atmospheric Chemistry and Physics 18 (2018) pp. 8203- 8225.

7. J.D. Lee, C. Helfter et al., Measurement of NOX Fluxes from a Tall Tower in Central London, UK and Comparison with Emissions Inventories, Environmental Science & Technology 49 (2015) pp. 1025-1034. <https://doi.org/10.1021/es5049072>.

8. T. Karl, M. Graus et al., Urban eddy covariance measurements reveal significant missing NOX emissions in Central Europe, Scientific Reports 7 (2017) p. 2536. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02699-9>.

9. J. Lu, B. Li et al., Expansion of city scale, traffic modes, traffic congestion, and air pollution, Cities 108 (2021) p. 102974. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102974>.

10. A. Kovács, Á. Leelőssy et al., Coupling traffic originated urban air pollution estimation with an atmospheric chemistry model. Urban Climate 37 (2021) p. 100868. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100868>.

11. H. O'Leary, S. Parr, M. M.H. El-Sayed, The breathing human infrastructure: Integrating air quality, traffic, and social media indicators, Science of The Total Environment 827 (2022) p. 154209. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154209>.

12. B. Csonka. Data-driven analysis of transport and weather impact on urban air quality, Acta Technica Jaurinensis. Vol. 16. No. 3. Pp. 99-106. 2023.

13. Laxen D., Marner B. NO₂ concentrations and distance from roads// Air quality consultants.

14. AQEG. Particulate matter in the United Kingdom// Air quality expert group. Defra, London. 2004.

E.B. İsgəndərzadə, Ş.E. Məmmədov, N.Ə. Əskərov, L.İ. Nuriyeva

**Atmosferə avtonəqliyyatın emissiyaları ilə əlaqədar olaraq şəhər ekologiyasına
dair bəzi optimallaşdırma məsələləri**

Xülasə

Göstərilmişdir ki, avtomobil yolları qrupunda avtomobil nəqliyyatı tərəfindən atmosfərə emissiya edilən NO₂ - nin konsentrasiyasını ekstremuma çatdıran *C* və *P* parametrlərinin optimal cütü mövcuddur. Həmçinin göstərilmişdir ki, iki paralel yerləşmiş avtomobil yolu arasında elə bir xüsusi nöqtə vardır ki, burada NO₂ konsentrasiyası ekstremuma çatır. Bu nöqtədə NO₂ konsentrasiyasının minimum və ya maksimum şərtləri müəyyənləşdirilmişdir.

E.B. İsgenderzadeh, Sh.E. Memmedov, N.A. Asgarov, L.I. Nuriyeva

**Some questions on optimization of urban ecology related with emissions
of autotransport on atmosphere**

Abstract

It is shown that there is an optimal pair of parameters *C* (density of cars on highways) and *P* (precipitation level on highways) at which the total concentration of NO₂ emitted into the atmosphere by vehicles in a group of motorways reaches an extreme. It is also shown that there is a special point between two parallel motorways where the total concentration of NO₂ reaches an extreme. The conditions for achieving the maximum or minimum NO₂ concentration at this point have been determined.

СІHAZQAYІRMA ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Ə.M.Əmirov, N.İ.Həşimova, V.M.İsmayılov (MAKA-nın Elmi-Tədqiqat
Aerokosmik İnformatika İnstitutu)

TELEDİNAMOMETRİK SİSTEMLƏRİN MİKROKONTROLLERLİ DİAQNOSTİKA QURĞUSU

Respublikamızın neftçıxarma sənayesində geniş tətbiq olunan ştanqlı quyu nasoslarının (ŞQN) iş prosesinə fasiləsiz olaraq uzaq məsafədə yerləşən mədənlərin mərkəzi nəzarət məntəqələrindən nəzarət etmək üçün analoq və rəqəmsal teledinamometrik sistemlərdən (TNS) istifadə edilir. Qeyd edilən nəzarət hər bir mancanaq dəzgahı üzərində yerləşdirilmiş iki tip ilkin çevirici (DUİ və DUP) vasitəsilə quyu nasosunun iki əsas parametri – nasosun plunjerinin silindr daxilində gedişi (x) və plunjerə təsir edən yekun qüvvənin (F) ölçülməsinə əsaslanır. Bu iki informativ parametrin bir-birindən asılılıq qrafikinə (dinamoqramın) formasına əsasən nəzarətçi mütəxəssis tərəfindən nasosun iş prosesi haqqında fikir yürüdülmür. Süni intellekt sisteminin tətbiqi ilə dinamoqramlara avtomatik nəzarət edərək daha operativ surətdə qərar qəbul etmək mümkündür. İstənilən halda informativ parametrlərin təhrifsiz olaraq ölçülməsi, çevirilməsi və mərkəzi operator məntəqəsinə ötürülməsi vacib şərtidir. Çünki çeviricilərdə və sistemdə baş verə bilən xətalər dinamoqramların formasının təhrif olunmasına və nasosların iş prosesi barədə səhv qərar qəbul olunmasına səbəb ola bilər. Beləliklə, TNS-in özünün iş prosesini yoxlaya bilmək vacibdir və bu məqsədlə diaqnostika qurğusunun olmasına ehtiyac vardır. Qeyd etmək lazımdır ki, respublikamızın mədənlərində istifadə olunan TNS-lər üçün diaqnostika qurğusu mövcud deyildir.

Diaqnostika qurğusunun olması TNS-in həm istehsal, həm də istismar prosesində yoxlanıla bilməsinə imkan verir. Diaqnostika qurğusu TNS-nin girişinə ŞQN-in dinamik iş prosesini xarakterizə edən siqnalların verilməsini təmin etməlidir. Diaqnostika qurğusu müasir texniki tələblərə cavab verən, qabaritcə mümkün qədər kiçik və əldə daşına bilən cihaz olmalıdır. Mancanaq dəzgahı ilə işləyən ŞQN-nin iş prosesinə nəzarət edən teledinamometrik nəzarət sistemlərinin (ÇTP, NUR) bütövlükdə diaqnostikasını, normal işləyib-ışləməməsini təyin etmək üçün müvafiq diaqnostika qurğusunu müxtəlif variantlarda yaratmaq olar.

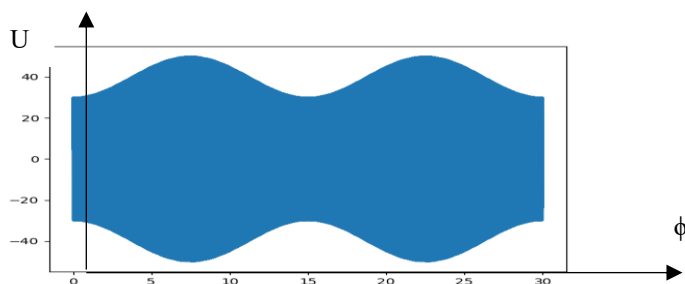
Mexaniki diaqnostika qurğusu. ŞQN-nin mancanaq dəzgahı ilə birlikdə hərəkətini mexaniki şəkildə imitasiya edən qurğu vasitəsilə DUP və DUİ vericilərinin giriş oxları dövrü olaraq hərəkət etdirilir və çevricilərin çıxış siqnalları teledinamometrik sistemin girişinə ötürülür. Sistemin sonunda yerləşən mərkəzi nəzarət kompüterinin ekranında alınan dinamoqramın formasına əsasən sistemin normal işləyib-ışləməməsi haqqında fikir yürüdülmür. Belə bir mexaniki qurğudan vaxtilə istifadə edilmişdir. Qeyd edilən qurğunun çatışmayan cəhətləri aşağıdakılardır:

- qurğunun verdiyi dinamoqramın hansı formada olması qabaqcadan məlum deyil;
- müxtəlif xarakterik formalı dinamoqramları imitasiya edə bilmir;
- diaqnostika prosesi barədə təxmini mülahizə etmək olar, dəqiqlikdən söhbət belə

gedə bilməz.

Elektron diaqnostika qurğusu. Təklif edilən bu variant dinamik rejimdə işləyən DÜİ və DUP çevricilərinin çıxış siqnallarını immitasiya edir. Bu qurğu çevricilərin əvəzinə teledinamometrik nəzarət sisteminin (TNS) girişinə qoşulur. Qurğuya TNS-in giriş blokundan (çevricilərə uyğun sürətdə) qida gərginliyi verilir (20-30V, 50Hz). Diaqnostika qurğusunun çıxışlarından isə TNS-in giriş blokuna çevricilərin çıxış siqnallarına bənzər sinusoidal formalı, 50Hz tezlikli, amplitudu modulyasiya olunmuş siqnallar daxil olur. Modulyasiyaedici daxili siqnallardan birincisi mancanaq dəzgahının balansirinin başlığıdır, eləcə də onun cilalanmış ştokunun enib-qalxmasına uyğun olaraq sinusoidal xarakterli olur. Onun periodu (T) mancanaq dəzgahının balansirinin bir dəqiqədəki dövrlər sayına, amplitudu isə balansirin dönmə bucağına mütənasibdir.

Şəkil 1-də qrafik DUP bucaq yerdəyişmə çeviricisinin çıxış siqnalını imitasiya edən siqnalın forması verilmişdir. Bu siqnal diaqnostika qurğusundan TNS-in DUP çeviricisinin çıxış siqnallarının ötürüldüyü yerə verilir [1].



Şəkil 1. DUP çeviricisinin çıxış siqnalının immitasiya olunmuş forması

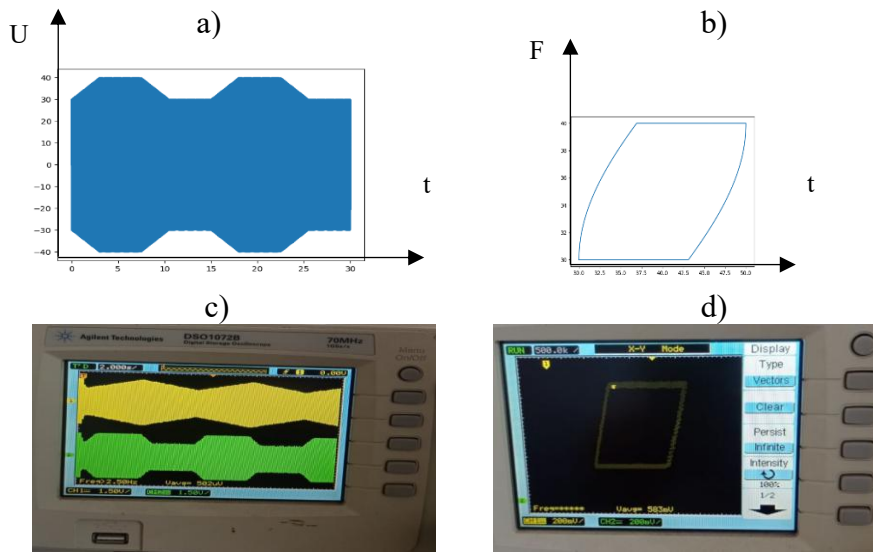
Diaqnostika qurğusunun ikinci çıxışında DÜİ çeviricisinin çıxış siqnalını immitasiya edən siqnal formalaşır. Bu halda da 50 Hz tezlikli, sinusoidal formalı aparıcı siqnalın amplitudu beş variantda modulyasiya edilir. Diaqnostika qurğusunun “kontakt çeviricisinin” seçilmiş vəziyyətindən asılı olaraq DÜİ çeviricisinə uyğun çıxışda alınan siqnallar aşağıdakı beş xarakterik hala uyğun olmalıdır [2]:

1. *Nasosun mancanaq dəzgahının dayanmış halı.* Bu halda diaqnostika qurğusunun hər iki çıxışında siqnalların amplitudu dəyişməz, yəni sabit qalar. Bu zaman kompüterin ekranında nöqtə alınır (şəkil 2).



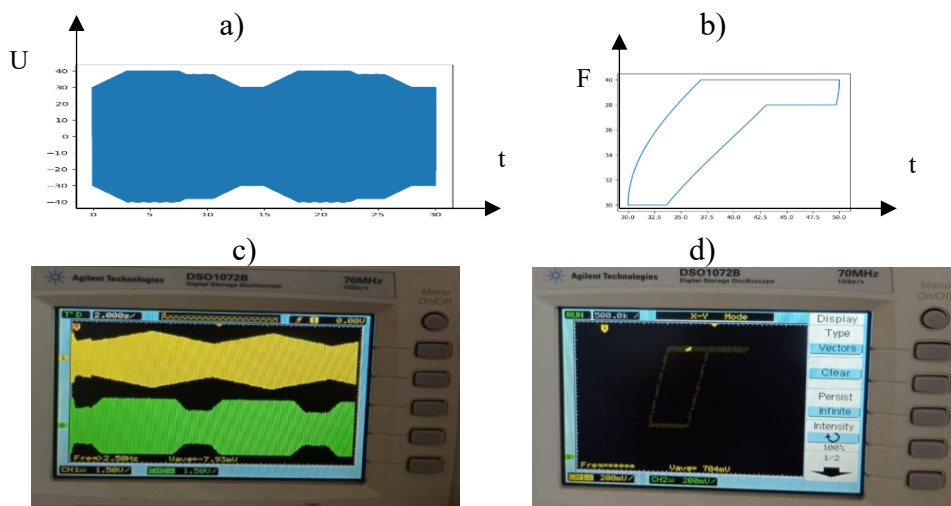
Şəkil 2. Nasosun mancanaq dəzgahının dayanmış halına uyğun gələn təcrübi alınmış siqnal

2. *Nasosun normal işləməsi halı.* Bu halda çıxış siqnalının amplitudu nasosun normal işinə uyğun gələn simmetrik impulsu modulyasiya olunur. Nəzarət kompüterinin ekranında normal paraleloqramı uyğun dinamoqram alınmalıdır (şəkil 3).



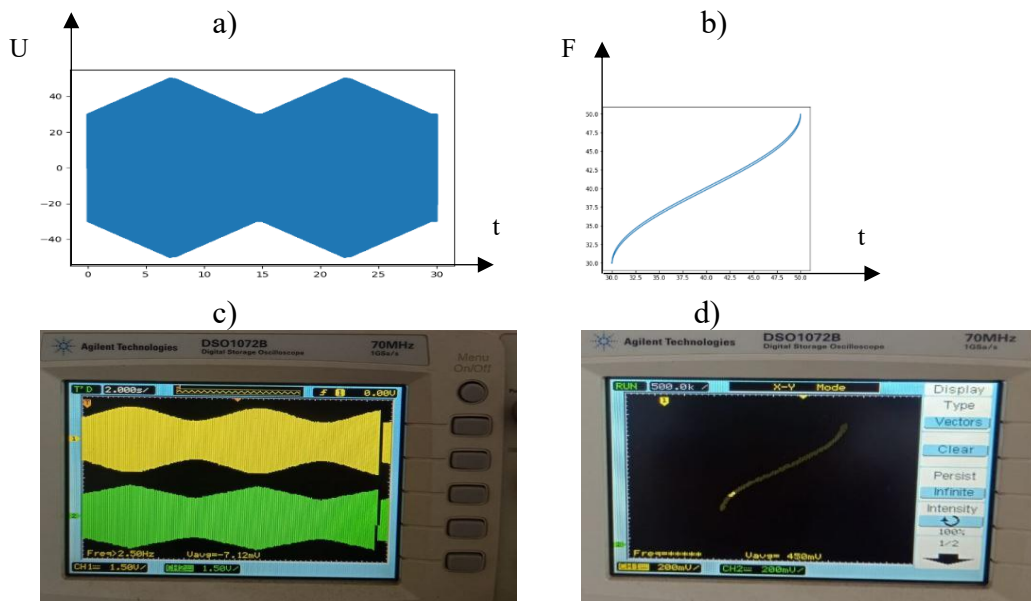
Şəkil 3. Nasosun normal işləməsinə uyğun gələn DÜİ çeviricisinin nəzəri hesablanmış çıxış siqnalının forması (a), dinamoqramın forması (b) və təcrübi olaraq alınmış uyğun siqnallar (c, d)

3. *Nasosun yarımçıq dolması halı.* Bu halda nasos normal işləyir, lakin onun silindri yarımçıq (məsələn, 50% və s.) dolur. Bu halda diaqnostika qurğusunun çıxışında siqnal şəkil 4.a-ya, kompüterin ekranında isə alınan dinamoqramın forması şəkil 4.b-yə uyğun olmalıdır.



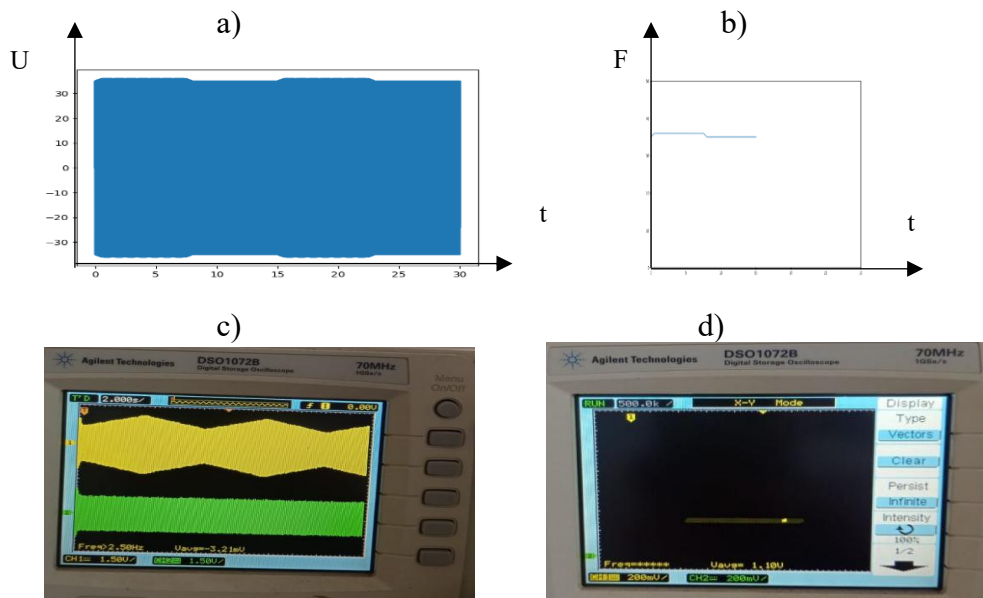
Şəkil 4. Nasosun yarımçıq dolmasına uyğun gələn DÜİ çeviricisinin nəzəri hesablanmış çıxış siqnalının (a), dinamoqramın forması (b) və təcrübi alınmış uyğun siqnallar (c, d)

4. *Nasosun plunjerinin silindr daxilində ilişməsi halı.* Bu halda siqnallar nasosun silindrində plunjerin ilişməsi halına uyğundur. Mancanaq dəzgahının başlığı enib –qalxır, plunjer isə tərpənmir, yaranan dartı qüvvəsi zamandan asılı olaraq mütənəib artır-azalır. Ekranda alınan dinamoqramın forması şəkil 5.b-dəki kimi müəyyən bucaq altında xətti formada olmalıdır.



Şəkil 5. Nasosun plunjerinin ilişməsinə uyğun gələn DÜİ çeviricisinin nəzəri hesablanmış çıxış signalının (a), dinamoqramın forması (b) və təcrübi alınmış uyğun siqnallar (c, d)

5. *Quyuya sallanan ştanqların qırılması halı.* Mancanaq dəzgahın başlığı enib-qalxır, özü ilə başlıqda asılmış şəkildə qalmış (qırılma yerindən yuxarıda) ştanqları endirib qaldırır, dartı qüvvəsi qiymətcə dəyişmir. Çıxışda alınan 50 Hz tezlikli sinusoidal signalın amplitudu sabit qalır (şəkil 6.a). Kompüterin ekranında alınan dinamoqramın forması absis oxuna paralel xətt şəklində olur (şəkil 6.b).



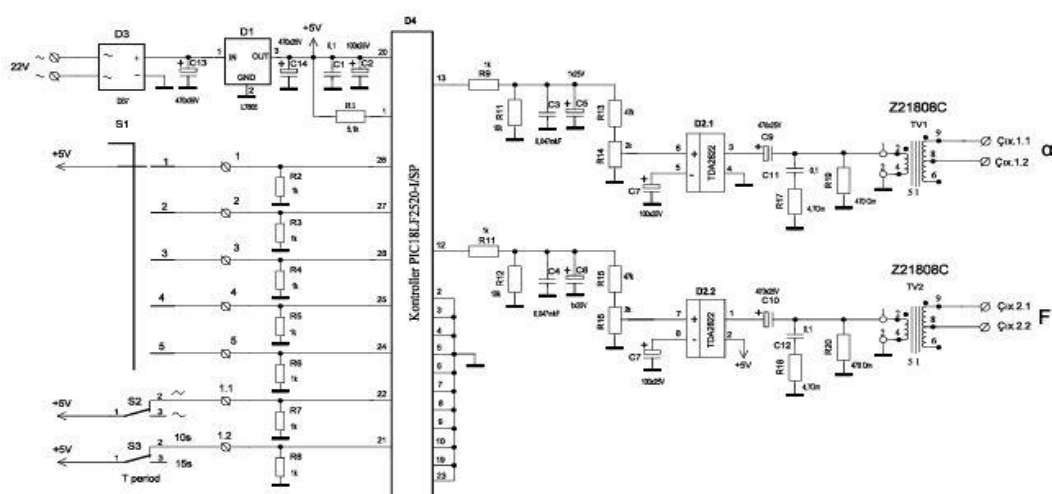
Şəkil 6. Ştanqların qırılmasına uyğun gələn DÜİ çeviricisinin nəzəri hesablanmış çıxış signalının (a), dinamoqramın forması (b) və təcrübi alınmış uyğun siqnallar (c, d)

Beləliklə, mancanaq dəzgahla işləyən ştanqlı dərinlik nasosunun beş xarakterik halına uyğun gələn siqnalların elektron diaqnostika qurğusu vasitəsilə sintezi TNS-in normal işləyib-ışləməməsi haqqında dəqiq qərar qəbul etməyə imkan verir.

Diaqnostika qurğusunun elektron variantını iki üsulla işləmək olar:

- 1) Proqramlaşdırılmayan - məntiq elementlərdən istifadə etməklə.
- 2) Proqramlaşdırılan – mikrokontrollerdən istifadə etməklə.

İkinci variant müasir texniki tələblərə uyğundur, qabaritcə daha miniatürdür və proqram vasitəsilə imitasiya olunmuş çıxış siqnallarını müxtəlif formalarda yaratmaq olar. Şəkil 7–də mikrokontrollerli diaqnostika qurğusunun prinsipial elektrik sxemi, şəkil 8–də isə qurğunun işlək maketinin görünüşü verilmişdir. Məlum olduğu kimi nasosun informativ parametrlərinin DUP və DÜİ çeviriciləri TNS-in hasil etdiyi 22 V, 50 Hs sinusoidal formalı gərginliklə qidalanır və onların çıxışında yuxarıda qeyd olunmuş formada amplitudu modulyasiya olunmuş sinusoidal siqnal alınır.



qurğunun digər elementlərinin qidalanması üçün $U = +5\text{ V}$ gərginlik alınır. Şəkildən göründüyü kimi qurğunun əsas elementi PIC18F2520 tipli mikrokontrollerdir (D4). Qurğunun ön panelində yerləşdirilmiş S1 kontakt çeviricisinin beş vəziyyətinin hər birinə uyğun olaraq 5V gərginlik mikrokontrollerin 24 – 28 nömrəli giriş kontaktlarından birinə ötürülür. Bu haldan asılı olaraq mikrokontrollerin 12-ci çıxışında yuxarıda qeyd edilmiş beş haldan birinə uyğun olan amplitudu modulyasiya olunmuş siqnal hasil edilir. Alınan siqnal süzgəc elementləri vasitəsilə yüksək tezliklərdən təmizlənərək D2.2 elementi vasitəsilə gücləndirilir və TV2 transformatorunun girişinə ötürülür. Transformatorun çıxışında DUİ qüvvə çeviricisinin çıxış siqnalına ekvivalent siqnal alınır. Həmin siqnal TNS-in quyu kontrollerinin uyğun girişinə ötürülür. Qurğuda mancanaq dəzgahının hərəkət sürətinin iki qiyməti üçün siqnallar hasil olunur. Hərəkət periodu 10 və 15 san, dövrələr sayı dəqiqədə 4 və 6 qiymətlərinə uyğundur. S3 tumblesinin vəziyyətindən asılı olaraq nasosun plunjerinin gedişini təsvir edən DUP bucaq çeviricisinin çıxış siqnalını imitasiya edən siqnal D4 kontrollerinin 13-cü çıxışında formalaşdırılır. Həmin siqnal amplitudu 10 və ya 15 saniyə periodlu sinusoidal formalı siqnalla modulyasiya olunur. Bu siqnal yüksək tezliklərdən süzgəc elementləri vasitəsilə təmizlənərək D2.1 elementi vasitəsilə gücləndirilir və TV1 transformatorunun girişinə ötürülür. Transformatorun çıxış siqnalı diaqnostika qurğusunun DUP bucaq çeviricisini əvəz edən çıxışına və TNS-in quyu kontrollerinin uyğun girişinə ötürülür.

S2 tumblesinin iki vəziyyəti mövcuddur. Tumblesin 3 nömrəli vəziyyətində yuxarıda qeyd edilənlərə uyğun olaraq mikrokontrollerin 13-cü çıxışında plunjerin hərəkətinə uyğun olan sinusoidal siqnal hasil edilir. Tumblesin 2-ci vəziyyətində isə mikrokontrollerin 13-cü çıxışında xətti periodik dəyişən siqnal hasil edilir. Bu halda sinusoidal siqnal hasil edən DUP çeviricisi əvəzinə daha sadə siqnalizatorun tətbiq olunma halı nəzərdə tutulmuşdur. Belə bir siqnalizator plunjerin və eləcə də mancanaq dəzgahının başlığının hərəkətinin ən aşağı və ən yuxarı vəziyyətinə uyğun olan impulsiv siqnal hasil edir, yəni dinamoqramı qurmaq üçün DUP çeviricisi əvəzinə daha sadə olan siqnalizatorlardan istifadə etmək olar. Plunjerin hərəkətinin başlanğıc və son nöqtələri arasında funksiyanın xətti olaraq dəyişməsi tərəfimizdən təklif edilmiş qatlama üsulunun həyata keçirməyə imkan verir [3].

Qurğu Microchip Technology Inc. Şirkətinin PIC18F2520 kontrolleri üzərində yığılmışdır. Kontrollerin işçi proqramı Microchip Technology Inc. şirkətinin MPLABX proqram mühitində həmin şirkətin XC8 (C proqram dili) kompilyatoru vasitəsilə yaradılmışdır. Proqram yalnız kontrollerin daxili modullarından, o cümlədən daxili operativ və daimi yaddaşlardan istifadə edərək işləyir. Kontrollerin çıxışlarında tələb olunan siqnal formalarını əldə etmək məqsədi ilə işçi proqramda rəqəmsal generasiya və sintez alqoritmləri istifadə olunur. Proqram kontrollerin girişlərinə qoşulmuş açarların vəziyyətlərini araşdırıb bu vəziyyətlərə uyğun şəkildə çıxış siqnalları formalaşdırır. Daha səlis formada siqnallar almaq üçün kontrollerin çıxışında süzgəclər və gücləndiricilər yerləşdirilmişdir.

Nəticə. Yaradılan diaqnostika qurğusu mancanaq dəzgahla idarə olunan ştanqlı quyu nasosunun hərəkətdə olan vəziyyətində DUP və DUİ ilkin çeviricilərinin hasil etdiyi çıxış siqnallarını imitasiya etməyə və onların əvəzinə TNS-in quyu kontrollerinin girişinə ötürməyə imkan verir. Qurğunun nasosun müxtəlif iş rejiminə uyğun olaraq hasil etdiyi siqnalların TNS tərəfindən necə qəbul edilməsi, mərkəzi operator məntəqəsinə efir vasitəsilə ötürülməsi, qəbuledici qurğuda və kompüterdə dinamoqramın düzgün alınması məsələsinə nəzarət etməklə TNS-in özünün normal və ya nasaz işləməsi haqqında fikir

yürütmək mümkün olur. Qarşıya çıxan bilən təhrifləri aradan qaldırmaqla TNS-in normal işini təmin etmək olar. Diaqnostika qurğusu tərəfindən yoxlanılmış TNS DUP və DUI çeviricilərinə qoşularkən dinamoqramların təhrif olunma səbəblərini artıq bu çeviricilərin özlərinin anormal işləməsində, yaxud onların quraşdırılmasında səhvlərin olmasında axtarmaq lazımdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. E.B.İsgəndərzadə, Ə.M.Əmirov, N.İ.Həşimova, V.M.İsmayılov, S.Ə.Xodayeva. Neft quyularının rəqəmsal teledinamometrik sistemlərində baş verən ölçü və çevirmə xəstələrinin tədqiqi. Milli Aerokosmik Agentliyinin Xəbərləri. 2023, cild 26, № 2(26), s.83-88.

2. Ə.M.Əmirov, N.İ.Həşimova, V.M.İsmayılov, S.Ə.Xodayeva. Süni intellekt sistemlərinin tətbiqi ilə ştanqlı dərinlik nasoslu neft quyularının istismarının effektivliyinin artırılması. Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Neft və Qaz İnstitutu və Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Neft-Qaz yataqlarının axtarış problemləri və perspektivləri” Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 5-6 dekabr 2023- cü il.

<https://drive.google.com/file/d/1XAV2YEB6R6UCET6U3WJocgfbDyINg1Su/view>

3. Ə.M.Əmirov, N.İ.Həşimova, V.M.İsmayılov. “Neftçixarmada istifadə edilən ştanqlı quyu nasoslarına nəzarət olunması üçün süni intellekt sistemlərinin tətbiqi məsələləri”, Socar və Bakı Ali Neft Məktəbinin təşkilatçılığı ilə Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunmuş “Neft-Qaz geologiyası və mühəndisliyi” mövzusunda tələbə və gənclərin V beynlxalq elmi konfransı, Bakı, 23 aprel – 1 may.

https://bhos.edu.az/kcfinder/upload/files/BHOS_Conference_Thesis_2024_17x24sm_for_web.pdf

A.M.Амиров, Н.И.Гашимова, В.М.Исмаилов **Микроконтроллерное диагностическое устройство** **телединамометрических систем**

Резюме

В статье рассмотрен вопрос создания программируемого электронного устройства для диагностики систем телединамометрического контроля штанговых скважинных насосов. Представлены принципиальная электрическая схема и рабочая модель диагностического устройства.

A.M.Amirov, N.I.Gashimova, V.M.Ismailov **Microcontroller diagnostic device for teledynamometric systems**

Abstract

The article considers the issue of creating a programmable electronic device for diagnostics of teledynamometric control systems of sucker rod borehole pumps. A basic electrical circuit and a working model of the diagnostic device are presented.

S.F.Şükürlü, N.M.Muradov (MAKA-nın Kosmik Cihazqayırma
Məxsusi Konstruktor Bürosu)

ROBOTOTEXNİKANIN İNKİŞAFINDA SÜNİ İNTELLEKTİN TƏTBİQİ

Giriş. Son illərdə robototexnika sahəsi sürətlə inkişaf etmiş və süni intellekt (Sİ) texnikalarının tətbiqi belə tərəqqiyə səbəb olmuşdur. Sİ son dövrlərin ən transformativ texnologiyalarından biri kimi robototexnikanın inkişafında çox mühüm əhəmiyyətə malikdir. Sİ-nin robototexnikaya tətbiqi avtomatlaşdırma və məhsuldarlıq üçün yeni imkanlar yaradır ki, bu da mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirməyə qadir olan yeni nəsil robotların meydana çıxması deməkdir. Xüsusilə robototexnika son illərdə Sİ-nin inkişafından çox faydalanmış, onun integrasiyası robotlarla qarşılıqlı əlaqədə inqilab etməyə hazırlaşan maraqlı bir innovasiya sahəsi kimi tanınmışdır. Sİ-nin integrasiyası ilə robotlar daha ağıllı, daha bacarıqlı, avtonom və daha çoxfunksional olmuşlar. Ətraf mühitə daha tez uyğunlaşaraq insan müdaxiləsi olmadan verilənləri öyrənə, dəyişə və müxtəlif vəziyyətlərə uyğun qərarları qəbul etmək üçün proqramlaşdırıla bilər. Sİ robotların dünya ilə qarşılıqlı əlaqəsini dəyişdirərək, onlara ətraflı öyrənməyə, sensor məlumatlarını təhlil etməyə, daha səmərəli, çevik və mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirməyə, dəyişən mühitlərə uyğunlaşmağa, insanlarla daha effektiv əlaqə qurmağa və şərh etməyə, belə məlumatlar əsasında ağıllı qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Hal-hazırda Sİ-nin köməyi ilə robotlar onlar üçün əvvəllər qeyri-mümkün və ya çox çətin olan mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirə bilirlər. Sİ robotların dizayn və proqramlaşdırılmasında bir inqilab hesab olunur [1,2,3,4,5]. Bu məqsədlə robototexnikanın inkişafında Sİ-in tətbiqini, onun gətirdiyi faydaları və yaratdığı çətinlikləri araşdırmaq daha məqsədəuyğun olardı.

Məqalə robototexnikanın inkişafında Sİ-nin tətbiqlərinin aktuallığı, fərqli sənaye sahələrinə təsiri və təmin etdiyi faydalar, bütün potensialını reallaşdırmaq üçün həll edilməli olan problemlər, həmçinin Sİ-in robototexnikanın gələcəyini formalaşdırmağa kömək etdiyi müxtəlif yollar araşdırılır. Həmçinin Sİ ilə işləyən robotların bəzi nümunələri – maşın öyrənməsi, neyrolinqvistik proqramlaşdırma (NLP) və kompüter görmə kimi robototexnikada istifadə olunan müxtəlif Sİ növləri müzakirə edilir, sənaye, istehsal, səhiyyə və ev avtomatlaşdırması da daxil olmaqla robototexnika sahəsində Sİ-nin bəzi xüsusi tətbiqlərinə baxılır və onun bütün potensialını reallaşdırmaq üçün həll edilməli olan problemlər müzakirə edilir.

Robototexnikada maşın öyrənməsi. Robototexnikada Sİ-nin tətbiqinin ən əhəmiyyətli sahələrindən biri maşın öyrənməsidir. Maşın öyrənməsi maşının açıq şəkildə proqramlaşdırılmadan məlumatlardan öyrənə bilməsi prosesidir. Maşın öyrənməsi robotlara yeni vəziyyətlərə uyğunlaşmağa və səhvlərindən öyrənməyə imkan verir, onları daha bacarıqlı və çoxfunksional edir.

Robototexnikada maşın öyrənməsinin bir nümunəsi özünü idarə edən avtomobillərin inkişafıdır. Özünü idarə edən avtomobillər kameralar, radar və LİDAR da daxil olmaqla ətraf mühit haqqında məlumat toplamaq üçün müxtəlif sensorlardan istifadə edir. Daha sonra bu məlumatlar maşın öyrənmə alqoritmləri ilə işlənir, avtomobilə yollarda necə hərəkət etmək və maneələrdən qaçmaq barədə qərar qəbul etməyə imkan verir.

Robototexnikada maşın öyrənməsinin başqa bir nümunəsi istehsal üçün robotik qolların hazırlanmasıdır. Robotik qollar sənaye mühitində obyektlərin götürülməsi və

yerləşdirilməsi kimi mürəkkəb tapşırıqları yerinə yetirmək üçün maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadə etməklə öyrədilə bilər [6].

Maşın öyrənməsi robototexnikada istifadə edilən birinci növ Sİ-dir ki, bu da robotlara təcrübədən öyrənmək imkanı verir və zaman keçdikcə onları öz tapşırıqlarında daha da yaxşılaşdırır.

Robototexnikada kompüter görmə. Robototexnikada Sİ-nin digər mühüm tətbiqi kompüter görməsidir. Kompüter görmə bir maşının ətrafındakı dünyadan vizual məlumatları şərh etmək və anlamaq qabiliyyətidir. Kompüter görmə robotlara ətraf mühiti dərk etməyə və bu qavrayış əsasında qərarlar qəbul etməyə imkan verir.

Kompüter görmə qabiliyyəti avtonom nəqliyyat vasitələrindən tutmuş dronlara qədər geniş çeşiddə robototexnika tətbiqlərində istifadə olunur. Məsələn, dronlar yollarında olan maneələri aşkar etmək və qarşısını almaq üçün kompüter görmə qabiliyyətindən istifadə edərək onları daha təhlükəsiz və etibarlı edir [7].

Kompüter görmə vizual məlumatları şərh etmək və anlamaq üçün təlim maşınlarını əhatə edən Sİ sahəsidir. Robotların ətraf mühiti daha mükəmməl şəkildə qavramasına və onlarla qarşılıqlı əlaqəyə girməsinə imkan vermək üçün robototexnikada kompüter görmə qabiliyyəti istifadə olunur.

Robototexnikada kompüter görmə nümunələrindən biri insanların üzlərini və ifadələrini tanıyan və onlara reaksiya verən robotların inkişafıdır. Bu robotlar vizual məlumatları təhlil etmək və insan davranışındakı nümunələri tanımaq üçün kompüter görmə alqoritmlərindən istifadə edir.

Robototexnikada kompüter görməsinin başqa bir tətbiqi istehsalıdır ki, burada robotlar montaj xətlərində məhsulları müəyyən etmək və çeşidləmək üçün hazırlanır. Vizual məlumatları təhlil etmək üçün kompüter görmə alqoritmlərindən istifadə edərək bu robotlar məhsulları tez və dəqiq müəyyən edə və onlarla necə idarə olunacağına dair qərarlar qəbul edə bilər.

Robotların ətraf mühiti qavramasına və obyektləri müəyyən etməsinə imkan yaratmaq üçün kompüter görmə qabiliyyəti də robototexnikada geniş istifadə olunur.

Robototexnikada neyrolinqvistik proqramlaşdırma (NLP). Neyrolinqvistik proqramlaşdırma (NLP) robototexnikada tətbiq olunan Sİ-nin başqa bir sahəsidir. NLP robotlara insan dilini başa düşməyə və şərh etməyə, onlara daha interaktiv və insan ehtiyaclarına cavab verməyinə imkan yaradır. NLP müxtəlif robototexnika proqramlarında, o cümlədən şəxsi köməkçilər kimi və səhiyyə robotlarında istifadə olunur. Amazonun Alexa və Google Assistant kimi şəxsi köməkçiləri insan səs əmrlərini başa düşmək və onlara cavab vermək üçün NLP-dən istifadə edirlər. Səhiyyə robotları xəstələrlə qarşılıqlı əlaqə yaratmaq və onların ehtiyaclarını anlamaq üçün NLP-dən istifadə edə bilər. NLP öz növbəsində Sİ sahəsidir və insan dilini başa düşmək və şərh etmək üçün təlim maşınlarını əhatə edir. NLP həmçinin robotların insanlarla daha təbii və intuitiv şəkildə qarşılıqlı əlaqəsini təmin etmək üçün robototexnikada istifadə olunur.

Robototexnikada NLP-nin bir nümunəsi səs əmrlərini başa düşə və onlara cavab verə bilən robotların inkişafıdır. Bu robotlar danışq dilini təhlil etmək və sözlərin arxasındakı mənanı şərh etmək üçün NLP alqoritmlərindən istifadə edir. NLP-nin robototexnika sahəsində başqa bir tətbiqi xəstələrlə qarşılıqlı əlaqədə olmaq və əsas tibbi yardım göstərmək üçün robotların hazırlandığı səhiyyə sahəsidir. Xəstə istəklərini şərh etmək, təbii və intuitiv şəkildə cavab vermək üçün NLP alqoritmlərindən istifadə edərək bu robotlar daha fərdiləşdirilmiş və həssas səhiyyə təcrübəsi təmin edə bilər [8]. NLP robototexnikada istifadə edilən başqa bir Sİ növüdür ki, bu da robotlara nitqin tanınması

və generasiyasından istifadə edərək insanlarla qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verir.

Robototexnikada gücləndirici öyrənmə. Gücləndirici öyrənmə ətraf mühətdən gələn rəy əsasında qərar qəbul etmək üçün maşın təlimini əhatə edən bir maşın öyrənmə növüdür. Gücləndirici öyrənmə öyrənə və yeni vəziyyətlərə uyğunlaşa bilən robotlar yaratmaq üçün robototexnikada istifadə olunur. Robototexnikada gücləndirici öyrənmə nümunələrindən biri yeriməyi öyrənə bilən robotların inkişafıdır. Bu robotlar yerimək üçün bir sıra qaydalar ilə proqramlaşdırılır, sonra sınaq və səhv yolu ilə özləri öyrənməyə buraxırlar. Onlar yığılıb ayağa qalxdıqca səhvlərindən dərs alır və yerimə qabiliyyətini artırırırlar.

Gücləndirici öyrənmə sınaq və səhv vasitəsilə öyrənmək üçün Sİ agentinin təlimini əhatə edən maşın öyrənməsinin alt hissəsidir. Agent düzgün qərarlar qəbul etdiyinə görə mükafatlandırılır və səhv qərarlar qəbul etdiyinə görə cəzalandırılır ki, bu da ona zamanla daha yaxşı qərarlar qəbul etməyi öyrənməyə imkan verir. Robotların təcrübədən öyrənməsinə və real dünya rəyinə əsaslanaraq qərarlar qəbul etməsinə imkan yaratmaq üçün gücləndirici öyrənmə robototexnikada istifadə olunur. Robototexnikada gücləndirici öyrənmə nümunələrindən biri də fabriklər və ya anbarlar kimi mürəkkəb mühitlərdə hərəkət edə bilən robotların inkişafıdır. Bu robotlar maneələrin ətrafında hərəkət etməyi və ən səmərəli marşrut haqqında qərar qəbul etməyi öyrənmək üçün gücləndirici öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edirlər.

Robototexnikada gücləndirici öyrənmənin başqa bir tətbiqi məhsulların yığılması və ya əməliyyatın aparılması kimi mürəkkəb vəzifələri yerinə yetirməyi öyrənə bilən robotların inkişafıdır. Bu robotlar insan nümayişlərindən öyrənmək üçün gücləndirici öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edir və zaman keçdikcə performanslarını tədricən yaxşılaşdırır.

Robototexnikada dərin öyrənmə. Dərin öyrənmə verilənlərdəki mürəkkəb nümunələr və əlaqələr əsasında öyrənmək və qərarlar qəbul etmək üçün süni neyron şəbəkələrinin təlimini əhatə edən maşın öyrənməsinin alt dəstidir. Dərin öyrənmədə robototexnikada daha mürəkkəb qərar qəbul etmə və qavrayış imkanlarından istifadə edilir. Robototexnikada dərin öyrənmə nümunələrindən biri geniş çeşidli obyektləri tanıyan və qavraya bilən robotların inkişafıdır. Bu robotlar vizual məlumatları təhlil etmək üçün dərin öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edir və obyektləri onların formasına, rənginə və fakturasına əsasən tanımağı öyrənirlər.

Robototexnikada dərin öyrənmənin başqa bir tətbiqi insanlarla daha təbii və intuitiv şəkildə qarşılıqlı əlaqə qura bilən humanoid robotların inkişafıdır. Bu robotlar insan jestlərini, üz ifadələrini və nitqini başa düşmək üçün dərin öyrənmə alqoritmlərindən istifadə edərək insanların ehtiyaclarına daha effektiv cavab verməyə imkan verir [9].

Sürü robotu. Sürü robotu ümumi məqsədə çatmaq üçün kiçik robotlardan ibarət böyük qrupların koordinasiyasını əhatə etməklə inkişafda olan bir sahədir. Sİ robotlara mərkəzləşdirilməmiş və adaptiv şəkildə əlaqə saxlamağa və hərəkətlərini koordinasiya etməyə sürü robotları üçün imkan verən əsas texnologiyadır.

Sürü robototexnikasının bir nümunəsi axtarış və xilas etmə əməliyyatları üçün robot sürüsünün inkişafıdır. Bu dəstələr sağ qalanları axtarmaq üçün fəlakət zonalarında yerləşdirilə, ətrafları haqqında məlumat toplamaq üçün sensorlar və kameralardan istifadə edə bilirlər. Robotlar daha sonra axtarış və xilas etmə söylərini əlaqələndirmək üçün bir-biri ilə əlaqə saxlaya bilər. Sürü robototexnikasının başqa bir tətbiqi kənd təsərrüfatındadır, burada robot sürülərdən məhsul becərmək və məhsulu daha səmərəli

şəkildə yığmaq üçün istifadə etmək olar. Robotlar hərəkətlərini optimallaşdırmaq və toqquşmalardan qaçmaq üçün Sİ alqoritmlərindən istifadə edərək böyük bir ərazini əhatə etmək üçün birlikdə işləyə bilər [10].

Robototexnikada izah edilə bilən süni intellekt (İEBSİ). İzah edilə bilən Sİ (İEBSİ) maşın öyrənmə modellərini daha şəffaf və şərh edilə bilən etməyə yönəlmiş Sİ-nin alt dəstidir. İEBSİ robotlar tərəfindən verilən qərarların insanların təhlükəsizliyinə və rifahına əhəmiyyətli təsir göstərə biləcəyi robototexnika sahəsində xüsusilə vacibdir.

Robototexnikada İEBSİ-nin bir nümunəsi özü idarə olunan avtomobillərin inkişafıdır. Özünü idarə edən avtomobillər həyat və ya ölümə nəticələnə biləcək bir neçə saniyəlik qərarlar qəbul etməyi bacarmalıdır. Əsas Sİ alqoritmlərini daha şəffaf və şərh edilə bilən etməklə tərtibatçılar bu qərarların məsuliyyətli və etik şəkildə qəbul edilməsinə kömək edə bilərlər. İEBSİ-nin robototexnika sahəsində başqa bir tətbiqi tibb sahəsindədir ki, burada robotlar dərmanların çatdırılması və xəstələrin monitorinqi kimi vəzifələri yerinə yetirmək üçün hazırlanır. Bu robotların qərarvermə proseslərini daha şəffaf və şərh edilə bilən hala gətirməklə, tibb işçiləri robotların xəstələrinin maraqlarına uyğun hərəkət etmələrini təmin edə bilərlər.

Sİ robototexnika sahəsini bir çox maraqlı üsullarla dəyişdirir, robotları daha bacarıqlı, funksional və insan ehtiyaclarına cavab verən edir. Sİ-nin robototexnika sahəsində tətbiqləri özü idarə olunan avtomobillərdən tutmuş istehsal robotlarına və tibb işçilərinə qədər geniş və müxtəlif sahələri əhatə edir [6,7,8,11]. Maşın öyrənməsindən tutmuş robot texnikasına qədər Sİ robotlara daha bacarıqlı, funksional təhlükəsiz və ağıllı olmağa imkan verir [9,10,11].

Möhkəmləndirici öyrənmədən kompüterlə görmə qabiliyyətinə, təbii dil emalına qədər Sİ robotların ətrafdakı dünyanı qavramasını və onunla qarşılıqlı əlaqəsini dəyişdirir. Sİ və ya texnologiya irəliləməyə davam etdikcə, robototexnika sahəsində daha da maraqlı inkişafı gözləyirik.

Robototexnikada Sİ-nin tətbiq olunduğu bir sahə avtonom sistemlərin inkişafıdır. Avtonom robotlar ətraf mühitlə hərəkət etmək və qarşılıqlı əlaqə yaratmaq üçün sensorlar və alqoritmlərdən istifadə edərək insanın müdaxiləsi olmadan tapşırıqları yerinə yetirmək qabiliyyətinə malikdir. Maşın öyrənmə alqoritmləri həmçinin zaman keçdikcə avtonom robotların işini yaxşılaşdırmaq üçün istifadə oluna bilər ki, bu da onlara öz təcrübələrindən öyrənmək və yeni vəzifələrə uyğunlaşmaq imkanı verir. Robototexnikada Sİ-nin tətbiq olunduğu başqa bir sahə kollaborativ robotların və ya “kobotların” inkişafıdır. Kobotlar insanları əvəz etməkdənsə, onlarla birlikdə işləmək üçün nəzərdə tutulub və ortaq iş yerlərində təhlükəsiz və effektiv işləmək üçün qabaqcıl hissetmə və qərar qəbul etmə qabiliyyətləri tələb olunur. Kobotlar insan jestlərini, nitqlərini və hərəkətlərini başa düşməsinə və onlara cavab verməsinə təmin etmək üçün kompüter görmə, təbii dil emalı və dərin öyrənmə kimi süni intellekt üsullarından istifadə edir [12,13,14,15,16].

Üstəlik Sİ ilə işləyən robotlar təhsil və əyləncədə istifadə olunur. Təhsildə robotlar şagirdlərə interaktiv öyrənmə təcrübəsini təmin edən tədris vasitəsi kimi istifadə olunur. Əyləncədə ziyarətçilərə immersiv təcrübələr təqdim etmək üçün əyləncə parklarında və muzeylərdə robotlardan istifadə olunur. Sİ ilə işləyən robotlar həmçinin kosmosun tədqiqi, fəlakətlərə cavab tədbirləri və hərbi tətbiqlərdə istifadə üçün hazırlanır.

Sİ-nin robototexnikaya inteqrasiyası sənayenin bir çox sahələrini də dəyişdirir, avtomatlaşdırma sahəsində diqqətəlayiq irəliləyişlərə səbəb olur və robototexnikanı Sİ-

nin ən əhəmiyyətli tətbiqlərindən birinə çevirir. Robototexnika robotların dizaynı, qurulması, istismarı və tətbiqi ilə məşğul olan mühəndislik və elm sahəsidir. Sİ-nin bu sahəyə tətbiqi yeni imkanlar açır, əvvəllər qeyri-mümkün hesab edilən mürəkkəb tapşırıq və vəzifələri yerinə yetirməyə qadir robotlar yaratmağa imkan verir, sənaye robotlarından məişət texnikasına qədər robotları daha səmərəli və effektiv edir. Sənayedə Sİ ilə işləyən robotlar yorulmadan gecə-gündüz çalışır, bununla da məhsuldarlığı və səmərəliliyi artırır. Məsələn, indi robotlar insan müdaxiləsinin çox riskli olduğu nüvə elektrik stansiyaları və mədənlər kimi təhlükəli mühitlərdə belə istifadə oluna bilər.

Robototexnikada Sİ-nin tətbiqləri sənayenin avtomatlaşdırılması, səhiyyə, logistika və kənd təsərrüfatından tutmuş əyləncə və təhsilə qədər müxtəlifdir. Sənaye avtomatlaşdırılmasında robotlar qaynaq, rəngləmə və qablaşdırma kimi təkrarlanan işləri avtomatlaşdırmaq, səmərəliliyi artırmaq və xərcləri azaltmaq üçün istifadə olunur.

Robot texnikasında Sİ-nin digər mühüm tətbiqi səhiyyədir. Sİ ilə təchiz edilmiş robotlar həkimlərə cərrahiyyə əməliyyatlarında köməklik göstərir və ya müntəzəm müayinələr keçirir, xəstələrin monitorinqi və dərmanların idarə edilməsi kimi tapşırıqların yerinə yetirilməsinə kömək edir, bununla da tibb işçilərinin iş yükünü azaldır. Onlar həmçinin daha çox müstəqillik və daha yüksək həyat keyfiyyəti təmin edərək əlilliyi olan insanlara, yaşlılara və xroniki xəstəlikləri olanlara dəstək ola bilərlər. Səhiyyə sektorunda robotlar xəstələrə qulluq, diaqnoz və reabilitasiya üçün istifadə olunur, tibbi prosedurların dəqiqliyini və səmərəliliyini artırır [17,18,19,26-31].

Logistika sənayesində malların çeşidlənməsi və daşınması prosesini avtomatlaşdırmaq üçün robotlardan istifadə edilir. Kənd təsərrüfatında robotlar əkin, məhsul yığımı və bitkilərin dərmanlanması üçün istifadə olunur və bununla da əl əməyinə ehtiyac azalır.

Sİ robotlara insan müdaxiləsi olmadan özbaşına öyrənmə, düşünmə və qərarlar qəbul etmə imkanı verərək robot texnikasında inqilab etdi. Bu robotları daha çoxyönlü, səmərəli və təhlükəsiz olmuş, onlara təhlükəli və ya insanlar üçün çətin olan vəzifələri yerinə yetirməyə imkan vermişdir. Bundan əlavə robototexnikada Sİ-dən istifadə onları daha əlçatan və istifadəçi dostu etməklə, qeyri-mütəxəssislərə onları idarə etməyə şərait yaratmışdır. Bu isə Sİ ilə təchiz edilmiş və xatırlatmalar qurmaq, musiqi ifa etmək və yemək sifariş etmək kimi vəzifələri yerinə yetirə bilən Siri və Alexa kimi ağıllı şəxsi köməkçilərin inkişafına gətirib çıxarmışdır [19,20,21,22,23,24]. Sİ-nin robototexnikaya tətbiqi qeyri-ixtisas sahibləri üçün də onları əlçatan edir və onları idarə etməyə imkan verir [19,25,26,27,28,29]. Ev avtomatlaşdırılmasında robotlar təmizlik və yemək bişirmək kimi işlərdə kömək etməklə fərdlərin və ailələrin həyatını asanlaşdırır [30,31].

Robot texnikasında Sİ-nin əsas tətbiqi sənaye avtomatlaşdırılması sahəsindədir. Məsələn, istehsalatda robotlar istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, səhvləri azaltmaq və məhsuldarlığı artırmaq üçün Sİ-dən istifadə edə bilər. Sİ ilə işləyən robotlar həmçinin təhlükəli tapşırıqları öhdəsinə götürərək və insanların təhlükəli vəziyyətlərə məruz qalmasını minimuma endirməklə təhlükəsizliyi artırır.

Nəqliyyat sahəsində özünü idarə edən avtomobillər və dronlar Sİ-lə işləyən robototexnika nümunələridir. Belə avtonom avtomobillər ətraflarına əsaslanaraq naviqasiya etmək və qərarlar qəbul etmək üçün sensorlar, kameralar və maşın öyrənmə alqoritmlərinin birləşməsindən istifadə edirlər.

Sİ-nin robototexnikanın inkişafında tətbiqi robotların dizaynını, qurulmasını və idarə edilməsini dəyişdirərək robotların təcrübələrini artırır və daha çox sayda güclü təsir

göstərməyə imkan verir. Belə planlaşdırılmış robotlar ətraflarında baş verən mənzərəni anlamaq, məlumat emal edir və qərarlar verir. Sİ-nin daxil edilməsi daha ağıllı, səmərəli və effektiv robotların hazırlanmasında səmərəli və əhəmiyyətli bir rol oynayır.

Sİ-nin robototexnikanın inkişafında tətbiqi inkişaf edir və bu ehtimaldan gözlənilən potensial böyükdür. NLP robotların insanlarla rahat kommunikasiya qurmaq üçün istifadə olunan intellektin növlərindən biridir. Hesablama görüntüləməsi olan robotlar ətraf mühitdəki mənzərələri anlamaq və obyektləri yaratmaq üçün istifadə olunur.

Sİ-nin robototexnikadakı tətbiqləri güclü və səmərəli şəkildə istehsal, sağlamlıq və ev avtomatlaşdırması kimi işlərin icrasında istifadə edilir. Sİ olan robotlar işçilərlə birgə işləyərək səmərəlilik və keyfiyyəti artırmağa kömək edir.

Bununla belə Sİ-nin robototexnikaya inteqrasiyası etik narahatlıqlar, təhlükəsizlik problemləri və ixtisaslı mütəxəssislərə ehtiyac kimi bəzi problemlər də yaradır. Məsələn, Sİ ilə işləyən robotların məşğulluğa potensial təsiri, müharibə və polis kimi vəzifələr üçün robotlardan istifadənin etik mülahizələri ilə bağlı narahatlıqlar var. Buna görə də robototexnika sahəsində Sİ-nin tam potensialını reallaşdırmaq üçün bu problemləri həll etmək vacibdir.

Təhlükəsizliklə bağlı narahatlıqlar robotların nasaz işləməsi və ya insanlara zərər verməsi ehtimalından irəli gəlir, bacarıqlı mütəxəssislərə ehtiyac isə Sİ-lə işləyən robotları layihələndirə, qura və onlara qulluq edə bilən peşəkarlara tələbatla əlaqədardır [19, 26-29].

Sİ ziddiyyətlərlə doludur, həm də mövcud imkanları baxımından güclü bir vasitədir. İnsan əməyini yüngülləşdirmək potensialına malik olsa da, eyni zamanda sosial ayrılıqları dərinləşdirmək və milyonlarla insanı işsiz qoymaq təhlükəsi yaradır. Onun daxili işləri yüksək texniki olsa da, aramızdakı qeyri-texniki olanlar onun necə işlədiyinin əsas prinsiplərini və doğurduğu narahatlıqları başa düşə bilər və başa düşməlidirlər [24].

Robototexnika sahəsində Sİ-nin tam potensialını reallaşdırmaq üçün bəzi problemləri həll etmək vacibdir. Buraya Sİ-lə işləyən robotların inkişafı və istifadəsi üçün etik və təhlükəsizlik qaydalarının hazırlanması, həmçinin robototexnika və Sİ sahəsində mütəxəssislərin təhsili və təliminə sərmayə qoyuluşu daxildir [17].

Sİ-nin robototexnikadakı rolunu anlamaq vacibdir. Sİ robotlara öz təcrübələrindən və ətraf mühitlə qarşılıqlı təsirlərindən öyrənməyə və davranışlarını buna uyğun uyğunlaşdırmağa imkan verir.

Ümumilikdə, robototexnikanın inkişafında Sİ-nin tətbiqi bu sahədə əhəmiyyətli irəliləyişlərə kömək edir, robotları daha bacarıqlı, çoxyönlü və geniş tətbiqlərdə faydalı edir. Süni intellekt texnologiyaları təkmilləşdikcə qarşıdakı illərdə robototexnika sahəsində daha da təsiredici inkişaflar gözləniləndir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. What is Artificial Intelligence? -
https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence
2. Robotics - <https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics>
3. How Artificial Intelligence is revolutionizing the Robotics Industry -
<https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-robotics-industry-overview/>
4. Applications of Artificial Intelligence in Robotics -
<https://www.ibm.com/topics/robotics-ai-applications>
5. Future of Robotics and Artificial Intelligence -
<https://www.roboticstomorrow.com/article/2019/06/future-of-robotics-and-artificial->

intelligence/13705/

6. "How Machine Learning Is Making Robots Smarter" - <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/08/10/how-machine-learning-is-making-robots-smarter/?sh=42eb7b4e4c32>

7. "Computer Vision in Robotics: Applications and Trends" - <https://emerj.com/ai-sector-overviews/computer-vision-in-robotics/>

8. "Natural Language Processing in Robotics" - <https://emerj.com/ai-sector-overviews/natural-language-processing-in-robotics-a-current-analysis/>

9. "The Role of Deep Learning in Robotics" - <https://www.analyticsinsight.net/the-role-of-deep-learning-in-robotics/>

10. "Swarm Robotics: The Next Big Thing in Robotics?" - <https://www.roboticsbusinessreview.com/research/swarm-robotics-next-big-thing-robotics/>

11. "Explainable AI in Robotics" - <https://emerj.com/ai-sector-overviews/explainable-ai-in-robotics/>

12. "Reinforcement Learning in Robotics" - <https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-in-robotics-9b10e1b6f28e>

13. "Computer Vision in Robotics" - <https://www.therobotreport.com/computer-vision-robotics/>

14. Reinforcement Learning in Robotics - https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforcement_learning_in_robotics

15. "How Artificial Intelligence Is Revolutionizing the Robotics Industry", Forbes Tech Council, 11.07.2018. - <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/07/11/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-the-robotics-industry/?sh=4215d5af6961>

16. "Artificial Intelligence and Robotics" by the World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/Artelligence-and-robotics/>

17. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/artificial-int>

18. Techopedia "Applications of Artificial Intelligence in Robotechnics": <https://www.techopedia.com/2/2/31528/Trends/Applications-of-Artificial-intelligence-in-robotics>

19. <https://www.robotics.org/robotics/what-is-robotics>

20. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920302273>

21. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/artificial-intelligence-in-business-separating-the-real-from-the-hype>

22. <https://www.techradar.com/news/10-of-the-most-innovative-robots-in-the-world-today>

23. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/03/26/the-future-of-artificial-intelligence-in-robotics/?sh=2f0030c240fa>

24. https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000000pTDREA2?utm_source=Weforum&utm_medium=Topic+page+DidYouKnow&utm_campaign=Weforum_Topicpage_UTMs

25. <https://www.roboticsbusinessreview.com/ai/future-robotics-artificial-intelligence>

26. Robotics Industries Association: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Application-of-Artificial-Intelligence-in-Robotics/118>
27. <https://www.ieee-ras.org/about-ras/ras-topics/robotics-and-SI>
28. <https://www.aasI.org/Magazine/AI-Magazine-Volume-41-Number-3/Robotics-and-AI/>
29. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/artificial-intelligence-and-robotics>
30. <https://www.techopedia.com/2/31528/trends/applications-of-artificial-intelligence-in-robotics>
31. <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Artificial-Intelligence-in-Robotics/57>

С.Ф.Шукурлу, Н.М.Мурадов

Внедрение искусственного интеллекта в развитие робототехники

Резюме

В статье исследуется пересечение двух передовых технологий - искусственного интеллекта (ИИ) и робототехники. Описывается, как искусственный интеллект меняет область робототехники, позволяя роботам воспринимать, думать и действовать независимо. Рассматриваются также несколько ключевых приложений ИИ в робототехнике, включая обработку естественного языка, компьютерное зрение и машинное обучение. Обсуждаются проблемы и потенциальные преимущества интеграции ИИ в робототехнические системы. В целом, работа представляет собой всесторонний обзор роли искусственного интеллекта в развитии робототехники, подчеркивая захватывающие возможности и проблемы в этой быстро развивающейся области.

S.F. Shukurlu, N.M. Muradov

Implementing artificial intelligence in robotics

Abstract

This article explores the intersection of two cutting-edge technologies – artificial intelligence (AI) and robotics. It describes how AI is transforming the field of robotics, enabling robots to perceive, think, and act independently. Several key applications of AI in robotics are also examined, including natural language processing, computer vision, and machine learning. The challenges and potential benefits of integrating AI into robotic systems are discussed. Overall, this paper provides a comprehensive overview of the role of AI in robotics, highlighting the exciting opportunities and challenges in this rapidly evolving field.

M Ü N D Ə R İ C A T

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA***T.N.Əhmədli, M.İ.Heydərov, A.N.Bağırılı***

Torpaq istifadəçiliyi məsələlərində peyk verilənlərindən istifadə 4

N.Y.Əhədi

Cəbrayıl rayonu ərazisində radiasiya səviyyəsinin və yerin səth temperaturunun qarşılıqlı əlaqələrinin eksperimental tədqiqi 8

EKOLOGİYA***F.İ.İsmayilov, Ç.Ə.Abdurahmanov***

Peyk məlumatlarına əsasən təbii və antropogen amillərin Gəncə-Qazax regionunun atmosfer havasına təsirinin müqayisəsi 14

F.F.Məmmədov, N.E. Nəcəfzadə

Azərbaycanda enerji şəbəkəsinə qoşulan fotovoltaiq sistemlərin potensialı 26

İNFORMASIYA-ÖLCMƏ SİSTEMLƏRİ***İ.R.Məmmədov, İ.C.Əhədov, M.H.Abbasov***

Azərbaycanda yerüstü FM radio yayımının genişləndirildiyi şəraitdə qarşılıqlı interferensiyaların azaldılması 37

A.R.Həsənov, M.F.Binnətov, R.M.Bayramov, E.A.Ağayev, R.A.Əhmədov

Xətti stasionar sistemin zaman və tezlik oblastında təhlili 44

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

Pilotsuz robototexniki atış qiymətləndirmə kompleksi 48

E.B. İsgəndərzadə, Ş.E. Məmmədov, N.Ə. Əskərov, L.İ. Nuriyeva

Atmosferə avtonəqliyyatın emissiyaları ilə əlaqədar olaraq şəhər ekologiyasına dair bəzi optimallaşdırma məsələləri 54

CİHAZOAYIRMA***Ə.M.Əmirov, N.İ.Həşimova, V.M.İsmayilov***

Teledinamometrik sistemlərin mikrokontrollerli diaqnostika qurğusu 60

S.F.Şükürlü, N.M.Muradov

Robototexnikanın inkişafında süni intellektin tətbiqi 67

Mündəricat 75

СОДЕРЖАНИЕ

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Т.Н.Ахмедли, М.И.Гейдаров, А.Н.Багирли	
Использование спутниковых данных в задачах землепользования	4
Н.Ю.Ахади	
Экспериментальное исследование взаимосвязи поверхностной температуры и уровня радиации на территории Джабраильского района	8

ЭКОЛОГИЯ

Ф.И.Исмаилов, Ч.А.Абдурахманов	
Сравнение воздействия природных и антропогенных факторов на атмосферный воздух Гянджа-Газахского региона по данным спутниковых данных	14
Ф.Ф.Мамедов, Н.Э.Наджафзаде	
Потенциал сетевых фотоэлектрических систем в Азербайджане	26

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

И.Р.Мамедов, И.Дж.Ахадов, М.Г.Аббасов	
Уменьшение взаимных интерференций в условиях расширения наземного FM радиовещания в Азербайджане	37
А.Р.Гасанов, М.Ф.Биннатов, Р.М.Байрамов, Э.А.Агаев, Р.А.Ахмедов	
Анализ линейной стационарной системы во временной и частотной областях	44
Ф.Н.Абдуллаев, А.А.Байрамов, С.С.Сулейманов	
Беспилотный робототехнический комплекс оценки стрельбы	48
Э.Б.Искендерзаде, Ш.Э.Мамедов, Н.А.Аскеров, Л.И.Нуриева	
Некоторые вопросы оптимизации городской экологии связанной с эмиссиями автотранспорта в атмосферу	54

ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

А.М.Амиров, Н.И.Гашимова, В.М.Исмаилов	
Микроконтроллерное диагностическое устройство телединамометрических систем	60
С.Ф.Шукурлу, Н.М.Мурадов	
Внедрение искусственного интеллекта в развитие робототехники	67
Содержание	76

C O N T E N T S

REMOTE SENSING

<i>T.N. Akhmedli, M.I. Geydarov, A.N. Bagirli</i> Using satellite data in land management	4
---	---

<i>N.Y. Ahadi</i> Experimental study of the interrelationship between radiation levels and earth surface temperature in the territory of Jabrayil district	8
--	---

ECOLOGY

<i>F.I. Ismailov, Ch.A. Abdurahmanov</i> Comparison of the impact of natural and anthropogenic factors on atmospheric air of the Ganja-Gazakh region based on satellite data	14
--	----

<i>F.F. Mamedov, N.E. Najafzade</i> Potential of grid-tie photovoltaic systems in Azerbaijan	26
--	----

INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

<i>I.R. Mammadov, I.C. Ahadov, M.H. Abbasov</i> Reduction of mutual interference in conditions of expansion of terrestrial FM broadcasting in Azerbaijan	37
--	----

<i>A.R. Hasanov, M.F. Binnatov, R.M. Bayramov, E.A. Aghayev, R.A. Ahmadov</i> The analysis of linear stationary system in time and frequency domains	44
--	----

<i>F.N. Abdullayev, A.A. Bayramov, S.S. Suleymanov</i> The complex of unmanned robotic weapon fire evaluation	48
---	----

<i>E.B. Isgenderzadeh, Sh.E. Memmedov, N.A. Asgarov, L.I. Nuriyeva</i> Some questions on optimization of urban ecology related with emissions of autotransport on atmosphere	54
--	----

INSTRUMENT ENGINEERING

<i>A.M. Amirov, N.I. Gashimova, V.M. İsmailov</i> Microcontroller diagnostic device for teledynamometric systems	60
--	----

<i>S.F. Shukurlu, N.M. Muradov</i> Implementing artificial intelligence in robotics	67
---	----

Contents	77
----------------	----

Çapa imzalanmışdır: 26.09.2025
Sifariş № 80. Sayı 300
Həcmi 10 ç.v. Formatı 60 x 84, 1/8