

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

NOVRUZLU YUSİF ƏMRAH
İSMAYİLOV RAMİN NAMİQ

“MOBİL RABİTƏ ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİ
VƏ MOBİL RABİTƏ ÜÇÜN TEZLİK SPEKTRİNİN EFFEKTİV
İSTİFADƏSİ”

mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İXTİSAS: 060627 – ELEKTRONİKA, TELEKOMMUNİKASIYA VƏ
RADİOTEXNİKA MÜHƏNDİSLİYİ

İXTİSASLAŞMA: RADİORABİTƏ, RADİOVERİLİŞLƏRİ VƏ
TELEVİZİYA

ELMİ RƏHBƏR: f.r.e.n.b/m. HÜNBƏTƏLİYEV ELMAR ZÜLFRÜQAR

BAKİ – 2024

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ

I FƏSİL. RABİTƏ KEYFİYYƏTİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ VƏ RADİO TEZLİK SPEKTRİNİNDƏN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ EDİLMƏSİ ÜZRƏ TƏDQİQATLARA İYENİLƏNMİŞ

1.1. Rabitə keyfiyyətinin təmin edilməsinin aktuallığı10

1.2. Radiotezlik spektrindən səmərəli istifadənin aktuallığı14

1.3. Radiotezlik spektri və ondan istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üsulları19

1.4. Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması metodologiyası və radio rabitəsinin keyfiyyət göstəriciləri24

1.5 Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması üçün proqram sistemlərinin nəzərdən keçirilməsi27

1.6 Radio yayılma itkilərinin hesablanması və elektromaqnit sahəsinin gücünün proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunan modellərin təsviri31

II FƏSİL. AZƏRBAYCANDA RADİO TEZLİK SPEKTRİNİNDƏN İSTİFADƏ SƏMƏRƏLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ ARTIRILMASI ÜSULLARI

2.1. Yer in məsafədən zondlanması ilə alınan ərazinin relyefi və alt səthi haqqında məlumatların istifadəsi.....35

2.2. Hesablamalar üçün radioelektron avadanlıqların yerlərinin göstərilməsinin düzgünlüyünə dair mövcud tələblərin qiymətləndirilməsi38

2.3. Azərbaycanca radiotezlik spektrinin idarə edilməsi sisteminin bəzi aspektlərinin təhlili	41
2.4. 146-174 MHz diapazonunda texnoloji rabitə sistemləri tərəfindən radiotezlik resurslarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi	47
2.5. Sahənin gücü ölçmələri əsasında şüalanan gücün müəyyən edilməsi üçün ECC CEPT tövsiyələrinin tətbiqi	50

III FƏSİL. AZƏRBAYCANDA SEYRİL XİDMƏTLƏRİN KEYFİYYƏTİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

3.1. Azərbaycanca mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi və onun nəticələrinin təhlili	55
3.2. Mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinin nəticələrinin müqayisəli təhlili	59
3.3. Azərbaycan əhalisinin mobil rabitə xidmətləri və simsiz mobil internetlə təminatının qiymətləndirilməsi.....	62
3.4. Azərbaycanca mobil şəbəkələrin inkişaf dinamikasının təhlili və qiymətləndirilməsi	63

NƏTİCƏ	70
---------------------	-----------

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT	72
---	-----------

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Radiorabitə ölkənin istehsal və elmi potensialının sabit inkişafı, müdafiə qabiliyyətinin qorunub saxlanması, o cümlədən sosial sahədə və dövlət idarəçiliyində mühüm praktiki problemlərin həlli üçün zəruri olan informasiya mühitinin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Rabitə infrastrukturunun inkişafı ölkədə işgüzar fəallığın artmasına töhfə verən və onun iqtisadiyyatına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən mühüm amildir. Azərbaycanda rabitə sənayesi hazırda dinamik inkişaf edir - dördüncü və üçüncü nəsil mobil rabitə şəbəkələrinin aktiv yerləşdirilməsi var. Eyni zamanda, bu şəbəkələr üzərindən ötürülən məlumatların həcmi hər il artır.

Radiotezlik spektri (RFS) müasir simsiz rabitə şəbəkələrinin yerləşdirilməsi üçün aydın şəkildə fiziki əsasdır. Son zamanlar fəal şəkildə həyata keçirilən bu cür şəbəkələrin geniş yayılması Azərbaycan iqtisadiyyatının bütün sahələrinin, o cümlədən hasilat sənayesinin, xidmət sektorunun və təhsilin inkişafına töhfə verir, əmək məhsuldarlığını və vətəndaşların rifah səviyyəsini artırır, onların həyat səviyyəsini keyfiyyətcə yaxşılaşdırmaq. Aydın ki, müasir rabitə şəbəkələrinin inkişafı Azərbaycan iqtisadiyyatının modernləşdirilməsi üçün katalizatorudur, iqtisadiyyatın yüksək əlavə dəyərə malik sektorlarının böyüməsini təşviq edir.

Radiotezlik reaksiyasının idarə edilməsi və səmərəli istifadəsi sahəsində ən məşhur tədqiqatçılar rus alimləri M.A. Bıxovski, A.L. Buzov, N.V. Vasekho, V.V. Butenko, V.K. Saryan, E.L. Pustovoitov, V.B. Belyansky, eləcə də bir sıra xarici alimlər: D.J. Withers, A.R. Tompson, R.M. Price, J.B. Ponsonby, T.A.Th. Spoelstra, R. G. Struzak və b. göstərmək olar.

Bununla belə, hazırda bəzi radiotezlik diapazonlarında, xüsusən də böyük şəhərlərdə radiotezlik resurslarının (RFR) çatışmazlığı mövcuddur. Buna görə də

Radiotezlik sistemlərindən istifadənin səmərəliliyinin artırılması, rəbitənin keyfiyyətinin yüksəldilməsi və rəqəmsal uçuğunun aradan qaldırılması üçün radioelektron avadanlığın (RES) elektromaqnit uyğunluğunun (EMC) ekspertizasının aparılması metodologiyasının təkmilləşdirilməsi üzrə tövsiyələrin hazırlanması vacibdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. İşin məqsədi RF-dən istifadənin səmərəliliyinin artırılması, rəbitənin keyfiyyətinin yüksəldilməsi və rəqəmsal uçuğunun aradan qaldırılması üçün RES-in EMC-nin ekspertizasının aparılması metodologiyasının təkmilləşdirilməsi üçün tövsiyələr hazırlamaqdır. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələri həll etmək lazımdır:

- Rəbitə keyfiyyətinin təmin edilməsinin və radiotezlik spektrindən səmərəli istifadənin aktuallığının öyrənilməsi,
- Radiotezlik spektri və ondan istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üsullarının müəyyən edilməsi,
- Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması metodologiyası və radio rəbitəsinin keyfiyyət göstəricilərinin araşdırılması,
- Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması üçün proqram sistemlərinin nəzərdən keçirilməsi,
- Radio yayılma itkilərinin hesablanması və elektromaqnit sahəsinin gücünün proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunan modellərin təsvir edilməsi,
- Yerlərin məsafədən zondlanması ilə alınan ərazinin relyefi və alt səthi haqqında məlumatların müəyyən edilməsi,
- Hesablamalar üçün radioelektron avadanlıqların yerlərinin göstərilməsinin düzgünlüyünə dair mövcud tələblərin qiymətləndirilməsi,

- Azərbaycanda radiotezlik spektrinin idarə edilməsi sisteminin bəzi aspektlərinin təhlil edilməsi,

- 146-174 MHz diapazonunda texnoloji rabitə sistemləri tərəfindən radiotezlik resurslarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinin aparılması,

- Sahənin gücü ölçmələri əsasında şüalanan gücün müəyyən edilməsi üçün ECC CEPT tövsiyələrinin tətbiq edilməsi,

- Azərbaycanda radiotezlik spektrinin idarə edilməsi sisteminin bəzi aspektlərinin təhlil edilməsi,

- Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi və onun nəticələrinin təhlil edilməsi,

- Mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinin nəticələrinin müqayisəli təhlilinin aparılması,

- Azərbaycan əhalisinin mobil rabitə xidmətləri və simsiz mobil internetlə təminatının qiymətləndirilməsi,

- Azərbaycanda mobil şəbəkələrin inkişaf dinamikasının təhlili və qiymətləndirilməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi İxtisas pasportuna uyğun ilkin nəticələr: Antenalar, mikrodalğalı qurğular və onların texnologiyaları: tədqiqat sahəsi, bənd 10 "Radiodalğaların təbii və süni mühitlərdə müxtəlif yollar boyunca yayılması və onların təsiri ilə bağlı tədqiqatlar. yayılma şərtləri və antenaların xüsusiyyətlərinə görə əsas səthin növü "):

1. Radioelektron avadanlıqların elan edilmiş iş parametrlərinin etibarlılığının əlavə yoxlanılması ilə xarakterizə olunan radioelektron avadanlıqların

elektromaqnit uyğunluğunun ekspertizasının aparılması metodologiyası təklif olunur.

2. Radiorele və quruda mobil rabitə sistemlərində radiodalğaların yayılmasının modelləşdirilməsinə qeyri-ənənəvi yanaşma təklif olunur, difraksiya itkilərini nəzərə almaq üçün Yerin məsafədən zondlanması məlumatlarından bir qövs saniyəsi dəqiqliklə istifadə edilməsi ilə xarakterizə olunur.

3. 2016 və 2018-ci illərdə tamamlanıb. instrumental üsullar, əhatə dairəsi ilə fərqlənən Azərbaycanda mobil rabitənin keyfiyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi bütün operatorların mobil şəbəkələri, standartlar, texnologiyalar və radiotezlik diapazonları.

4. Statistik məlumatlara əsaslanaraq, Tomsk vilayətində mobil rabitə xidmətlərinin mövcudluğunun qiymətləndirilməsi aparılıb, yerli əraziyə qədər təfərrüatların dərinliyi ilə fərqlənir.

Tədqiqatın nəzəri əhəmiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir.

1. RES-in əməliyyat parametrlərinin optimallaşdırılması ilə bağlı Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqının (BTİ) metodlar kompleksindən səmərəli istifadə edilmişdir.

2. Radiodalğaların yayılması zamanı difraksiya itkilərinin hesablanması ilə əlaqədar olaraq NASA-nın relyef məlumatlarından səmərəli istifadə edilmişdir.

Tədqiqatın praktik əhəmiyyəti isə aşağıdakılardan ibarətdir.

1. Göstərilmişdir ki, RES-in SMM-nin hesablamaları aparılarkən RES-in yerləşdiyi yerlər haqqında qeyri-dəqiq məlumatlardan istifadə edilməsi RES-in SMM-də problemlərə səbəb ola bilər.

2. Göstərilir ki, radiotezlik sistemlərinin SMM-nin ekspertizasına mövcud yanaşmalar radiotezlik sistemlərdən səmərəli istifadəyə kömək etmir.

3. SMM RES-in müayinələrinin aparılmasına mövcud yanaşmaların dəyişdirilməsi üçün tövsiyələr hazırlanmışdır.

4. Azərbaycanda mobil şəbəkələrlə əhatə dairəsinin xəritələri əldə edilmişdir.

5. Göstərilir ki, mobil operatorlar tərəfindən mobil baza stansiyalarının əhatə dairələrinin modelləşdirilməsi üçün istifadə olunan hesablama modelləri dəqiq deyil və optimallaşdırılmalıdır.

6. Göstərilir ki, operatorların tarif planlarında açıq şəkildə göstərilməyən bəzi məhdudiyyətlər mövcuddur və operatorlar mobil şəbəkənin əhatə dairəsinin gözlənilən keyfiyyəti ilə bağlı abunəçini çaşdırma bilirlər.

7. Ərazinin topoqrafik xəritələrindən istifadə etməklə əldə edilənlərlə müqayisədə Yer in məsafədən zondlanması (ER) vasitəsilə əldə edilmiş məlumatlar əsasında rəqəmsal radiorele xətlərinin (DRRL) modelləşdirilməsi intervallarının üstünlükləri göstərilmişdir.

8. ESS CERT tövsiyələri Azərbaycanda ölçmələr apararkən real şəraitdə sahə gücü ölçmələri əsasında şüalanan gücü müəyyən etmək üçün sınaqdan keçirilmişdir. Göstərilmişdir ki, bu tövsiyələrin şəhər şəraitində istifadəsi praktiki olaraq qeyri-mümkündür, lakin onlar yüngül tikilmiş şəraitdə və sadə elektromaqnit mühiti (EME) vəziyyətində, xüsusən də kənd yerlərində məhdud praktik tətbiqə malik ola bilər.

Metodologiya və tədqiqat metodları. İşdə MSE metodlarına əsaslanan riyazi modelləşdirmə və Azərbaycan Telekommunikasiya və Kütləvi Rabitə Nazirliyinin metodlarından istifadə etməklə əldə edilmiş eksperimental məlumatlardan istifadə edilmişdir.

Müdafiyə çıxarılan müddəalar.

1. Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun ekspertizasının aparılması üçün təklif olunan metodologiya radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyinin 70 dəfə artmasına nail olmağa imkan verir.

2. Yer in məsafədən zondlanması məlumatlarından istifadə difraksiya itkilərinin daha dəqiq uçuşu hesabına radiodalğaların yayılmasının modelləşdirilməsinin dəqiqliyini artırmağa və radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablamalarının dəqiqliyini artırmağa imkan verir.

3. Azərbaycanda mobil rabitənin keyfiyyəti 2016-cı illə müqayisədə 2018-ci ildə yaxşılaşıb, bununla belə, mobil operatorlar istehlakçılara şəbəkənin əhatə dairəsinin keyfiyyəti və rabitə xidmətlərinin tərkibi ilə bağlı təhrif olunmuş məlumatlar təqdim edirlər.

4. Bütövlükdə Azərbaycanda üçüncü və dördüncü nəsil mobil rabitə şəbəkələrinin dinamik artımı əsasən əhalinin sıxlığı yüksək olan bələdiyyələrin sayının artması ilə təmin edilir, lakin kiçik yaşayış məntəqələrinin sakinləri üçün mobil rabitə xidmətlərinə çıxışın təmin edilməsi problemi mövcuddur, Azərbaycanda kəskin olaraq qalır (əhalinin 7%-nin mobil rabitəyə çıxışı olmaya bilər).

Nəticələrin etibarlılığı növbəti metroloji yoxlamadan keçmiş sertifikatlaşdırılmış ölçü avadanlığından, ölçmə metodologiyasının sertifikatlaşdırılması sertifikatına malik modelləşdirmə proqram təminatından, Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqının və Nazirliyin metod və tövsiyələrindən düzgün istifadə edilməsinə əsaslanır.

Tədqiqat nəticələrinin istifadəsi.

1. Elmi fəaliyyət sahəsində dövlət tapşırığının əsas hissəsi çərçivəsində “Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun təkmilləşdirilməsinə və robotlar üçün aktiv görmə sistemlərinin modelləşdirilməsinə yeni yanaşmaların müəyyən edilməsi” № 8.9562.2017/BC layihəsi.

2. Azərbaycanda neft-qaz yataqlarında texnoloji rabitə sistemlərinin, məlumatların genişzolaqlı ötürülməsi sistemlərinin, rəqəmsal radiorele xətlərinin layihələndirilməsi və qurulmasında “Büro Servis” MMC-nin istehsal prosesi.

Nəticələrin aprobasiyası. Nəticələr məruzə edilmiş və aşağıdakı simpozium və konfransların materiallarında təqdim edilmişdir.

Dissertasiyanın strukturu və əhatə dairəsi. Dissertasiya giriş, 3 fəsil, nəticə və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

I FƏSİL. RABİTƏ KEYFİYYƏTİNİN TƏMİN EDİLMƏSİ VƏ RADİO TEZLİK SPEKTRİNİNDƏN SƏMƏRƏLİ İSTİFADƏ EDİLMƏSİ ÜZRƏ TƏDQİQATLARA İYENİLƏNMİŞ

1.1. Rabitə keyfiyyətinin təmin edilməsinin aktualığı

Müasir dünyada mobil rabitə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Mübaliğəsiz deyə bilərik ki, bugün Azərbaycan demək olar ki, hər bir sakini bu və ya digər mobil rabitə şəbəkəsinin abunəçisidir. Azərbaycan Telekommunikasiya və Kütləvi Rabitə Nazirliyinin məlumatına görə, 2017-ci ilin sonunda hər 100 nəfərə düşən mobil radiotelefon rabitəsinin telefon sıxlığı (nüfuzu). 200,3 abonent qurğusu təşkil etmişdir.

Rabitə sənayesinin inkişafının ən mühüm istiqamətlərindən biri istehlakçıların rabitə xidmətlərinin keyfiyyətindən məmnunluğunun təmin edilməsi və xidmət təminatçılarının məlumatlı seçimini etmək bacarığıdır. Bu istiqaməti həyata keçirmək üçün rabitə keyfiyyətinin idarə edilməsi problemlərinin həllini təmin etmək lazımdır. Sürücü testlərindən istifadə edərək mobil rabitənin keyfiyyətinin araşdırılması Azərbaycanda və xaricdə geniş tətbiq tapdı: Belarusiyada, İngiltərədə, Almaniyada və digər ölkələrdə. Bu cür tədqiqatlar həm avadanlıq istehsalçıları və telekommunikasiya operatorları, həm də yerli rabitə idarələri tərəfindən həyata keçirilir.

İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarından (İKT) istifadə imkanlarında və buna görə də əhalinin müəyyən kateqoriyaları üçün informasiya xidmətlərindən istifadə etmək imkanlarında əhəmiyyətli fərqlər problemi rəqəmsal bərabərsizlik problemi kimi tanınır. Bu problem mürəkkəb və

çoxşaxəlidir: İKT-dən istifadə imkanı tək cə İnternetə daimi çıxışın mövcudluğu ilə deyil, həm də onun dəyəri və əlçatanlığı ilə müəyyən edilir.

Müasir dünyada məlumatı tez və asanlıqla əldə etmək bacarığı son dərəcə vacibdir. Şübhəsiz ki, informasiyanın saxlanması və ötürülməsinin əsas vasitəsi İnternet qlobal informasiya şəbəkəsidir. Ona daimi çıxışın olması hər bir fərd üçün uzaqdan bankçılıq, elektron dövlət xidmətləri, distant təhsil, axtarış sistemləri və bir çox digər xidmətlərə çıxış kimi bir sıra praktiki problemləri həll etmək qabiliyyətini müəyyənləşdirir. Aydındır ki, internetə daimi yüksəksürətli çıxış imkanı olan cəmiyyət üzvləri bu cür çıxışı olmayanlara nisbətən üstünlük təşkil edir. [Rappaport, T. S. (2002)].

Müasir rəqəmsal əsrdə rabitə keyfiyyətinin təminatı xidmət təminatçıları, tənzimləyicilər və istehlakçılar üçün kritik bir mərkəzə çevrilmişdir. Rabitə texnologiyaları inkişaf etdikcə və qüsursuz əlaqəyə tələbat artdıqca yüksək keyfiyyətli rabitə xidmətlərinin təmin edilməsi vacibdir.

Yüksək keyfiyyətli rabitə xidmətləri istifadəçi məmnuniyyətinin əsasını təşkil edir. Aydın səsli zənglər, sürətli məlumat ötürülməsi və etibarlı əlaqə şəxsi, işgüzar və fəvqəladə hallar üçün rabitə üçün çox vacibdir. Pis keyfiyyət zənglərin kəsilməsinə, internetin sürətinin azalmasına və tez-tez əlaqənin kəsilməsinə gətirib çıxara bilər ki, bu da istifadəçiləri məyus edir və onların xidmət təminatçılarına inamını azaldır.

Biznes sektorunda rabitə keyfiyyəti əməliyyat səmərəliliyinə və məhsuldarlığa birbaşa təsir göstərir. Etibarlı rabitə sistemləri rəvan koordinasiya, uzaqdan işləmə və müştəri xidmətlərini asanlaşdırır. Yüksək keyfiyyətli rabitə müəssisələrin fasiləsiz fəaliyyət göstərməsini, peşəkar qarşılıqlı əlaqəni davam etdirməsini və müştərilərlə əlaqəni gücləndirməsini təmin edir.

Təcili yardım xidmətləri üçün rabitə keyfiyyətinin təminatı həyati əhəmiyyət kəsb edir. Polis, yanğınsöndürmə idarələri və tibbi cavabdehlər cavab tədbirlərini əlaqələndirmək və insanların həyatını xilas etmək üçün möhkəm rabitə şəbəkələrinə etibar edirlər. Fövqəladə hallar zamanı rabitə sistemlərinin etibarlı və müdaxiləsiz olmasını təmin etmək böhran idarəçiliyinin və ictimai təhlükəsizliyin effektivliyinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər.

Əşyaların İnterneti (IoT), ağıllı şəhərlər və avtonom sistemlər daha çox yayıldıqca, rabitə şəbəkələrinin keyfiyyəti getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Bu texnologiyalar real vaxt rejimində məlumat ötürülməsindən və aşağı gecikmə ilə əlaqədən asılıdır. Yüksək keyfiyyətli rabitə şəbəkələri qabaqcıl texnoloji sistemlərin inteqrasiyası və funksionallığı, onların rəvan və səmərəli işləməsini təmin etmək üçün vacibdir.

Müasir rabitə sistemləri mürəkkəbdir, simli və simsiz texnologiyaların qarışığını, müxtəlif protokolları və çoxsaylı xidmət təminatçılarını əhatə edir. Bu cür müxtəlif sistemlərdə ardıcıl keyfiyyətin təmin edilməsi çətin məsələdir. Sürətli texnoloji irəliləyişlər keyfiyyət təminatı metodlarında davamlı yeniləmələr və uyğunlaşmalar tələb edir.

Rabitə şəbəkələri tez-tez digər elektron cihazların müdaxiləsi və yüksək istifadəçi sıxlığı səbəbindən sıxlıqla üzləşir. Bu problemlərin idarə edilməsi və yumşaldılması keyfiyyətin qorunması üçün çox vacibdir. Bu problemləri həll etmək üçün spektrin idarə edilməsi və şüalanma və kiçik hüceyrələr kimi qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi lazımdır.

Tənzimləyici standartlara riayət etmək və müxtəlif bölgələrdə uyğunluğu qorumaq mürəkkəb ola bilər. Tənzimləyici orqanlar xidmət təminatçılarının cavab verməli olduğu keyfiyyət meyarlarını müəyyən edirlər ki, bu da əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Xidmətlərin müxtəlif və inkişaf edən qaydalara uyğun

olmasını təmin etmək güclü keyfiyyət təminatı prosesləri və müntəzəm monitorinq tələb edir.

Yüksək sürətli internet, HD səsli zənglər və axın xidmətləri ilə bağlı təcrübələr əsasında istehlakçıların rabitə keyfiyyətinə dair gözləntiləri durmadan artır. Bu gözləntiləri qarşılamaq xidmət təminatçıları üçün daimi problemdir. Yeni xidmətlər və tətbiqlərin tətbiqi məqbul rabitə keyfiyyəti üçün barı daha da artırır.

Qabaqcıl şəbəkə monitorinq alətləri və analitikadan istifadə xidmət təminatçılarına real vaxt rejimində keyfiyyət problemlərini aşkar etməyə və həll etməyə kömək edə bilər. Bu alətlər şəbəkə performansını, istifadəçi təcrübəsi və potensial problem sahələri haqqında məlumat verir. Problemlər istifadəçilərə təsir etməzdən əvvəl onları qabaqcıdan görmək və azaltmaq, davamlı yüksək keyfiyyətli xidmət təmin etmək üçün proqnozlaşdırıcı analitikadan istifadə edilə bilər.

Rabitə infrastrukturunun müntəzəm sınaqdan keçirilməsi və saxlanması vacibdir. Buraya stress testi şəbəkələri, aparat və proqram təminatının yenilənməsi və müntəzəm yoxlamaların aparılması daxildir. Avtomatlaşdırılmış sınaq sistemlərinin tətbiqi bu prosesləri sadələşdirir və hərtərəfli və ardıcıl keyfiyyət yoxlamalarını təmin edə bilər. [Andrews, J. G.2014].

İstifadəçi rəyinin toplanması və təhlili keyfiyyət məsələlərini istehlakçı baxımından başa düşmək üçün çox vacibdir. Bu rəy təkmilləşdirmələri istiqamətləndirir və xidmət təminatçılarına istifadəçi gözləntiləri ilə uyğunlaşmağa kömək edə bilər. İstifadəçi mərkəzli dizayn və rəy əsasında davamlı təkmilləşdirmə ümumi rabitə keyfiyyətini artırır.

Tənzimləyici orqanlarla əməkdaşlıq xidmət təminatçılarının ən son standartlar və uyğunluq tələbləri ilə yenilənməsini təmin edir. Proaktiv nişan həm də keyfiyyət təminatı və innovasiyanı dəstəkləyəcək şəkildə gələcək qaydaların

formalaşmasına kömək edə bilər. Tənzimləyicilər və provayderlər arasında birgə təşəbbüslər və paylaşılan resurslar kommunikasiya keyfiyyətinin qorunması üçün daha vahid yanaşmanı təşviq edə bilər.

Rabitə keyfiyyətinin təminatı müasir bir-birinə bağlı dünyada etibarlı, səmərəli və qənaətbəxş xidmətlərin təmin edilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. İstifadəçi təcrübəsinin və biznes əməliyyatlarının təkmilləşdirilməsindən tutmuş fəvqəladə hallar xidmətlərinin dəstəklənməsinə və qabaqcıl texnologiyaların inteqrasiyasına qədər yüksək kommunikasiya keyfiyyətinin saxlanmasının əhəmiyyətini qiymətləndirmək olmaz. Texnoloji mürəkkəblilik, müdaxilə, tənzimləmə qaydalarına uyğunluq və artan istehlakçı gözləntiləri kimi problemlər davam etsə də, qabaqcıl monitorinq, möhkəm sınaq, istifadəçi rəyi inteqrasiyası və tənzimləyici əməkdaşlıq daxil olmaqla effektiv strategiyalar bu problemləri əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Rabitə texnologiyaları inkişaf etməyə davam etdikcə, keyfiyyət təminatına davamlı öhdəlik müasir kommunikasiya sistemlərinin faydalarını davam etdirmək üçün vacib olacaqdır.

1.2. Radiotezlik spektrindən səmərəli istifadənin aktuallığı

RSF ölkə iqtisadiyyatının və bütövlükdə cəmiyyətin inkişafı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edən məhdud təbii resursdur. Təbii resurs kimi radiotezlikdən insan tərəfindən praktiki məqsədlərə çatmaq üçün istifadə olunmağa A.S. Popov 1895-ci ildə. O vaxtdan bəri radiotezlikdən istifadənin intensivliyi televiziya, radio yayımı və radio rabitə sistemlərinin inkişafı ilə daim artmışdır. Hal-hazırda radorabitə sistemlərinin sürətli inkişafı radiotezlik spektrindən istifadəyə artan tələbatı müəyyən edir ki, bu da təyinat üçün sərbəst radiotezliklərin çatışmazlığını

yaradır və ondan istifadənin səmərəliliyinin, deməli, radiotezliklərin idarə edilməsi üsullarının artırılmasını zəruri edir.

İqtisadiyyatın müxtəlif sahələrində radiorabitə sistemlərinin tətbiq dairəsinin daim genişlənməsi və simsiz məlumatların ötürülməsi şəbəkələrində trafik artması radiotezlik tezliklərindən səmərəli istifadə probleminə mühüm praktiki əhəmiyyət verir. Bu gün Azərbaycanın demək olar ki, hər bir vətəndaşı bu və ya digər dərəcədə radiotezlik reaksiyasından istifadə edir. Bütün telekommunikasiya operatorları əsas məqsədi mənfəət əldə etmək olan kommersiya təşkilatlarıdır, ona görə də radiotezlik şəbəkələrinin istifadəsindən yaranan bütün xərclər son nəticədə abunəçilərin üzərinə düşür. Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alsaq, radiotezliklərin səmərəli istifadəsi və idarə edilməsi probleminin Azərbaycanın hər bir sakinini narahat etdiyi aydın olur.

Radiotezliyə nəzarət problemi ilə bağlı bir çox məsələlər artıq ədəbiyyatda ətraflı müzakirə edilmişdir. Xüsusilə, bir sıra müəlliflər radioloji fəvqəladə halların idarə edilməsinin inzibati və iqtisadi üsullarını fərqləndirmişlər. Bütövlükdə radiotezliyin idarə edilməsi mürəkkəb bir vəzifədir və onların birləşdirilməsi ilə həll edilir. Azərbaycan radiotezliyin idarə edilməsinin iqtisadi üsulu hazırda onun istifadəsi üçün ödənişlərin toplanması yolu ilə həyata keçirilir. Bu cür ödənişlər Azərbaycan radiotezlik spektrindən istifadəyə görə birdəfəlik ödənişlərin və illik haqların məbləğlərinin hesablanması metodologiyasına (bundan sonra Metodologiya) və müəyyən edilməsi və qaydalarına uyğun olaraq hesablanır. belə haqların toplanması (bundan sonra Qaydalar). Metodologiya və Qaydalar bütün Azərbaycanda tətbiq olunduğuna görə, onların ölkəmizdə rabitə sənayesinin inkişafına təsiri son dərəcə böyükdür. Lövə ölçülərinin hesablanması üsullarının işlənilib hazırlanmasına və təhlilinə həsr olunmuş bir sıra əsərlər var ki, bunlar həm Metodologiyanın təsdiqindən əvvəl, məsələn , həm də təsdiq edildikdən sonra nəşr edilmişdir . Hal-hazırda Metodologiya və Qaydaların təhlilinə həsr olunmuş əsərlər yoxdur və bu sənədlərin ayrı-ayrı müddələrinə

ətraflı qiymət verilməyib. Eyni zamanda, 2012-ci ildə Metodologiya və Qaydaların tətbiqindən ötən 7 il ərzində müəyyən təcrübə toplanıb.

Müasir simsiz rabitə şəbəkələrinin yerləşdirilməsi üçün aydın şəkildə fiziki əsasdır. Son zamanlar fəal şəkildə həyata keçirilən bu cür şəbəkələrin geniş yayılması Azərbaycan iqtisadiyyatının bütün sahələrinin, o cümlədən hasilat sənayesinin, xidmət sektorunun və təhsilin inkişafına töhfə verir, əmək məhsuldarlığını və vətəndaşların rifah səviyyəsini artırır, onların həyat səviyyəsini keyfiyyətcə yaxşılaşdırmaq. Aydınadır ki, müasir rabitə şəbəkələrinin inkişafı Azərbaycan iqtisadiyyatının modernləşdirilməsi üçün katalizatorudur, iqtisadiyyatın yüksək əlavə dəyərə malik sektorlarının böyüməsini təşviq edir.

Radiorabitə ölkənin istehsal və elmi potensialının sabit inkişafı, müdafiə qabiliyyətinin qorunub saxlanması, o cümlədən sosial sahədə və dövlət idarəçiliyində mühüm praktiki problemlərin həlli üçün zəruri olan informasiya mühitinin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Rabitə infrastrukturunun inkişafı ölkədə işgüzar fəallığın artmasına töhfə verən və onun iqtisadiyyatına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən mühüm amildir. Azərbaycan rabitə sənayesi hazırda dinamik inkişaf edir- dördüncü və üçüncü nəsil mobil rabitə şəbəkələrinin aktiv yerləşdirilməsi var. Eyni zamanda, bu şəbəkələr üzərindən ötürülən məlumatların həcmi hər il artır. [Mitola, J.1999].

Azərbaycannın rabitə infrastrukturunun fəaliyyətində və inkişafında rəqəmsal radiorele xətlərinin (DRRL) rolu hələ də böyükdür. Əhalinin ölkə üzrə qeyri-bərabər paylanması inkişaf etməmiş infraqurura malik böyük, seyrək məskunlaşmış ərazilərin mövcudluğunu müəyyən edir ki, bunun üçün CRRL-dən istifadə etməklə kommunikasiya xətlərinin təşkili praktiki olaraq alternativ deyil. Lakin onların istifadəsi bu hallarla məhdudlaşmır. Hazırda bütün radiotezlik diapazonlarının CRRL müxtəlif elementlər arasında rabitə kanallarını təşkil etmək üçün geniş istifadə olunur. Bu halda CRRL-nin optik rabitə xətlərinin

çəkilməsi ilə bağlı aşkar üstünlüyü rabitə xəttinin təşkilinin sürəti və nisbi ucuzluğudur. Bundan əlavə, CRRL-lər tez-tez enerji sektorunda ehtiyat rabitə kanalları kimi istifadə olunur. Onların aktiv istifadəsi artıq onların işini təşkil etmək üçün zəruri olan sərbəst radiotezlik resurslarının çatışmazlığına gətirib çıxarır və rabitə şəbəkələri üzərindən ötürülən məlumatların həcminə və sürətinə olan tələblərin daim artması səbəbindən problem daha da kəskinləşir. Radiorele xətlərinin işinin təşkili üçün nəzərdə tutulmuş və hidrometeorlarda radiodalğaların zəifləməsi baxımından ən sərfəli xüsusiyyətlərə malik olan 7,9-8,4 GHz, 10,7-11,7 GHz, 12,7513,25 GHz radiotezlik diapazonları demək olar ki, tam yüklənmişdir. Hal-hazırda daha yüksək radiotezlik diapazonlarının məcburi inkişafı var: 17.719.7 GHz, 21.2-23.6 GHz, 36-40.5 GHz, eləcə də lisenziyasız 71-76 GHz, 81-86 GHz və 92-94 GHz diapazonları. Aydınadır ki, zaman keçdikcə CRRL-nin istifadəsinə ehtiyac yalnız artacaq, bu o deməkdir ki, yaxın gələcəkdə bu diapazonlarda RFR-nin tam tükənməsini gözləmək olar. Daha yüksək radiotezlik diapazonlarının inkişafı aşkar çətinliklərlə üzləşir, bunlar arasında hidrometeorlarda radio dalğalarının əhəmiyyətli dərəcədə udulması, rabitə avadanlıqlarının qurulmasının mürəkkəbliyi və elektron zonanın EMC-nin təmin edilməsi daxildir.

İndiki şəraitdə ixtiyarımızda olan məhdud təbii sərvətə - radioaktiv sərvətlərə rəşional, səmərəli və qənaətcil münasibət xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu münasibət onun ağılabatan kifayətlik prinsipi əsasında istifadəsini nəzərdə tutur. CRRL ilə əlaqədar olaraq, bu o deməkdir ki, layihələndirilmiş CRRL-nin seçilmiş enerji parametrləri minimal olmalıdır, lakin eyni zamanda onun tələb olunan solma marjası ilə qənaətbəxş işləməsini təmin etməlidir. Bundan sonra marjanın azalması dedikdə qəbul edilən siqnal səviyyəsinin artıqlığını nəzərdə tuturuq

Mobil rabitənin sürətli inkişafına baxmayaraq, 146-174 MHz diapazonunda texnoloji rabitə sistemləri (TCS) hələ də Azərbaycan iqtisadiyyatının müxtəlif sahələrində geniş istifadə olunur. Məsələn, Tomsk vilayətində onlar nəqliyyat,

energetika, neft və qazın boru kəmərləri ilə daşınması, eləcə də müxtəlif təcili yardım xidmətləri kimi sənaye sahələrində fəal şəkildə istifadə olunur. Bu sistemlərin geniş tətbiqi onların yerləşdirilməsinin sadəliyi və nisbi ucuzluğu, eləcə də rabitənin etibarlılığı və telekommunikasiya operatorlarından müstəqilliyi üçün çoxsaylı sənaye təlimatlarının xüsusi tələbləri ilə izah olunur.

Radiotezlik (RF) spektri bütün simsiz rabitə texnologiyalarının əsasını təşkil edən məhdud və yüksək qiymətli resursdur. Simsiz xidmətlərə tələbin eksponent olaraq artmaqda davam etdiyi sürətlə inkişaf edən rəqəmsal əsrimizdə bu spektrin səmərəli istifadəsi getdikcə daha mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Mobil cihazların, Əşyaların İnterneti (IoT) və simsiz genişzolaqlı xidmətlərin yayılması spektrə misli görünməmiş tələbata səbəb olub. Səmərəli istifadə bu tələbin əhəmiyyətli müdaxilə və ya xidmət keyfiyyətinin pisləşməsinə səbəb olmadan ödənilməsinə təmin edir. RF spektri iqtisadi inkişafın kritik sürücüsüdür. Spektrdən səmərəli istifadə yeni texnologiyaların inkişafını və tətbiqini dəstəkləyir, iş yerləri yaradır və innovasiyaları stimullaşdırır. O, həmçinin hökumətlər tərəfindən əhəmiyyətli məbləğlərə tez-tez hərraca çıxarılan spektr lisenziyaları üçün investisiya gəlirini maksimum dərəcədə artırır.

5G, avtonom nəqliyyat vasitələri və ağıllı şəhərlər kimi texnologiyalarda irəliləyişlər əsasən RF spektrinin mövcudluğundan asılıdır. Səmərəli spektrdən istifadə bu texnologiyaların birgə mövcud olmasını və effektiv fəaliyyət göstərməsini təmin edir, gələcək innovasiyaları və texnoloji inteqrasiyanı təşviq edir. Təcili yardım xidmətləri və müdafiə əməliyyatları etibarlı və müdaxiləsiz rabitə kanallarından asılıdır. Səmərəli spektrin idarə edilməsi bu kritik xidmətlərin xüsusilə fəvqəladə hallar zamanı effektiv işləməsi üçün lazım olan bant genişliyinə malik olmasını təmin edir.

RF spektri məhduddur və onun çox hissəsi artıq müxtəlif xidmətlərə ayrılmışdır. Mövcud xidmətlərin ehtiyaclarını tarazlaşdırmaq və yenilərini

yerləşdirmək ehtiyatlı planlaşdırma və idarəetmə tələb edən mürəkkəb problemdir. Daha çox cihaz və xidmət spektr üçün rəqabət apardıqca, müdaxilə riski artır. Xüsusilə əhalinin sıx məskunlaşdığı şəhər ərazilərində xidmət keyfiyyətinin və etibarlılığının qorunması üçün müdaxilənin idarə edilməsi çox vacibdir. Spektr idarəetməsi milli və beynəlxalq qaydalarla tənzimlənir. Spektr istifadəsini optimallaşdırarkən bu qaydaların naviqasiyası və uyğunluğun təmin edilməsi həm xidmət təminatçıları, həm də tənzimləyicilər üçün əhəmiyyətli bir problemdir. Fərqli texnologiyalar və xidmətlərin zərərli müdaxiləyə yol vermədən birlikdə mövcud olmasını təmin etmək vacibdir. Bu, spektrin səmərəli mübadiləsini asanlaşdıran standartların və protokolların işlənilib hazırlanmasını və tətbiqini tələb edir. [Zhang, N.2016].

Koqnitiv radio kimi DSA texnologiyaları tələb əsasında real vaxt spektrinin ayrılmasına imkan verir. Bu, cihazlara müdaxilə yaratmadan mövcud tezliklərə dinamik şəkildə daxil olmaq imkanı verməklə spektrdən daha çevik və səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Spektrin kifayət qədər istifadə olunmayan xidmətlərdən daha çox tələbat olanlara yenidən bölüşdürülməsi ümumi səmərəliliyi artırır. Spektrin yenidən qurulması 2G-dən 4G və 5G xidmətlərinə keçid kimi yeni texnologiyaların dəstəklənməsi üçün mövcud spektr bölgülərinin yenidən təyinatını nəzərdə tutur. Spektrin ümumi istifadəsini təşviq etmək səmərəliliyi artırır. Spektrin birləşdirilməsi və kooperativ paylaşma çərçivələri kimi texnikalar, istifadəni maksimum dərəcədə artıraraq, birdən çox istifadəçiyə müdaxilə etmədən eyni spektr diapazonlarına daxil olmaq imkanı verir. MIMO (Multiple Input Multiple Output), beamforming və kiçik hüceyrələr kimi qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi şəbəkə tutumunu və əhatə dairəsini artırmaqla spektrin səmərəliliyini artırır. Bu texnologiyalar signalın daha yaxşı idarə edilməsi və məkanın təkrar istifadəsi vasitəsilə mövcud spektrdən daha səmərəli istifadə etməyə imkan verir. Cari və gələcək texnoloji ehtiyacları əks etdirmək üçün spektr tənzimləmələrinin yenilənməsi və uyğunlaşdırılması

çox vacibdir. Bura çevik lisenziyalaşdırma modellərinin qəbul edilməsi, səmərəli istifadənin stimullaşdırılması və ardıcıl spektrin idarə olunması təcrübələrini təmin etmək üçün beynəlxalq əməkdaşlığın təşviq edilməsi daxildir.

RF spektrindən səmərəli istifadə simsiz rabitə texnologiyalarının böyüməsini və inkişafını təmin etmək üçün çox vacibdir. Simsiz xidmətlərə tələb artmaqda davam etdikcə, spektrdən istifadənin optimallaşdırılması iqtisadi artımı, texnoloji innovasiyaları, ictimai təhlükəsizliyi və milli təhlükəsizliyi dəstəkləmək üçün getdikcə daha vacib olur. Spektr çatışmazlığı, müdaxilə, tənzimləyici məhdudiyyətlər və texnoloji uyğunluq problemlərinə baxmayaraq, dinamik spektrə giriş, spektrin yenidən bölüşdürülməsi, spektrin paylaşılması və qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi kimi strategiyalar spektrin səmərəliliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa bilər. Səmərəli spektrdən istifadəyə üstünlük verməklə, biz rəqəmsal dövrdə davamlı tərəqqi və əlaqəni gücləndirərək, simsiz rabitə texnologiyalarının faydalarının bütövlükdə cəmiyyət üçün maksimuma çatdırılmasını təmin edə bilərik.

1.3. Radiotezlik spektri və ondan istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üsulları

Radiotezlikdən istifadəyə həsr olunmuş ədəbiyyatda iki anlayış var: "radiotezlik spektri" və "radio tezlik resursu". Sənətə uyğun olaraq, "Rabitə haqqında" Federal Qanunun 2-ci bəndinə əsasən, radiotezlik spektri Beynəlxalq Telekomunikasiya İttifaqı (BTİ) tərəfindən müəyyən edilmiş məhdudiyyətlər daxilində radioelektronika və ya radioelektronikanın istismarı üçün istifadə edilə bilən radiotezliklərin sifarişli dəsti kimi müəyyən edilir. yüksək tezlikli cihazlar. BTİ, öz növbəsində, Radio Reqlamentində (RR) radiotezlik spektrinə aid tezlik

məhdudiyyətlərini müəyyən edir. RR bütün mövcud radiorabitə xidmətlərinə, o cümlədən stasionar, quru, dəniz və aeronaviqativ mobil rabitə xidmətləri, peyk, yayım, həvəskar və s. təsir göstərir. Hər 3-4 ildən bir Ümumdünya Radiorabitə Konfranslarında (WRC) yenidən baxılır və beynəlxalq müqavilədir.

Rusiya daxil olmaqla, bütün BTİ-yə üzv dövlətlər. RR-ə uyğun olaraq RF 3 kHz-dən 3000 GHz-ə qədər 9 tezlik diapazonuna bölünür.

“Radiotezlik resursu” anlayışının qanunla müəyyən edilmiş tərifə yoxdur. Bir qayda olaraq, RF-nin məhdud əraziyə, müəyyən bir radiotezlik diapazonuna, istifadə olunan radiotezlik diapazonuna və RF-nin efirdə işləmə müddətinə münasibətdə istehsal resursu hesab edildiyi hallarda istifadə olunur. Texniki parametrlərlə yanaşı, bir sıra müəlliflər bu konsepsiyaya xidmət sahəsinin müxtəlif iqtisadi xüsusiyyətlərini, məsələn, əhalinin sayı, radiotezlik sistemlərindən istifadəyə görə ödənişlərin məbləği və başqalarını da daxil edirlər. Bu işdə həm RFS, həm də RFR anlayışları yuxarıda təsvir olunduğu kimi istifadə olunacaq. [Cisco Systems.2020].

Hal-hazırda milli səviyyədə radiotezlik spektrindən istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün vahid normativ olaraq müəyyən edilmiş metodologiya yoxdur. Eyni zamanda, bir sıra müəlliflər radiotezliklərin idarə edilməsi ilə bu və ya digər şəkildə bağlı olan əsərlərdə radiotezlik spektrindən istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi probleminə toxunmuşlar. Bu mövzuda ilk növbədə M.A.-nın bir sıra əsərlərini vurğulamağa dəyər. Bıxovski və başqa müəlliflər.

Beynəlxalq səviyyədə belə bir texnika BTİ tərəfindən ITU-K SM.1046-3 tövsiyəsində təklif edilmişdir. Bu texnika müxtəlif radiosistemlər tərəfindən radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyini müqayisə etməyə imkan verir. Bu, eyni zamanda, eyni radio sisteminin iş parametrlərini dəyişdirərək əldə edilən faydaları radiotezlik spektrinin istifadəsində qazanc baxımından

qiymətləndirməyə imkan verir, çünki radio ötürücülərin, qəbuledicilərin və antenaların texniki xüsusiyyətləri əhəmiyyətli təsir göstərir. Radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyi və onları optimallaşdırmaqla istifadə olunan tezlik resursunda əhəmiyyətli qənaətə nail ola bilərsiniz.

Radiotezlik (RF) spektri mobil telefoniya və yayımdan tutmuş peyk və fəvqəladə xidmətlərə qədər müasir rabitə sistemləri üçün vacib olan məhdud və əvəzsiz mənbədir. Simsiz rabitəyə artan tələbat onun faydasını maksimum dərəcədə artırmaq üçün səmərəli spektrin idarə edilməsini tələb edir. [Goldsmith, A.2009].

RF spektri bütün simsiz rabitənin əsasını təşkil edir. O, mobil telefon şəbəkələri, Wi-Fi, Bluetooth, radio və televiziya yayımı və peyk rabitəsini asanlaşdırır. Cəmiyyətlər rəqəmsal əlaqəyə daha çox etibar etdikcə, RF spektrindən səmərəli istifadə fasiləsiz, yüksək keyfiyyətli xidmətləri təmin edir. RF spektri əhəmiyyətli iqtisadi aktivdir. Səmərəli spektrdən istifadə innovasiyaları təşviq etməklə, yeni xidmətləri təmin etməklə və texnologiya sektorunda iş yerləri yaratmaqla iqtisadi artıma təkan verə bilər. Hökumətlər spektr auksionlarından əhəmiyyətli gəlir əldə edərək, onun iqtisadi əhəmiyyətini vurğulayır. Etibarlı rabitə polis, yanğınsöndürmə idarələri və təcili tibbi yardım xidmətləri kimi ictimai təhlükəsizlik orqanları üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. RF spektri bu xidmətlərin xüsusilə fəvqəladə hallar zamanı effektiv işləməsini təmin edir. Əşyaların İnterneti (IoT), 5G şəbəkələri və ağıllı şəhərlər kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyalar RF spektrinin mövcudluğundan və səmərəli istifadəsindən çox asılıdır. Effektiv spektrin idarə edilməsi bu yenilikləri dəstəkləyir, əlaqəni və xidmətlərin çatdırılmasını artırır.

Spektrdən istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üsulları aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Spektr İstifadəsi Metrikləri:

Bu metrik bant genişliyi vahidinə ötürülən məlumatların miqdarını ölçür. Daha yüksək effektivlik daha çox məlumatın ötürülməsi deməkdir, eyni tezlik diapazonunda, bu da məhdud spektr resurslarından maksimum istifadə üçün çox vacibdir. Qabaqcıl modulyasiya üsulları və kodlaşdırma sxemləri bant genişliyinin səmərəliliyini artırır.

2. Spektr Məşğulluğu: Bu, müəyyən tezlik diapazonunun aktiv şəkildə istifadə olunduğu vaxtın faizini ölçür. Yüksək doluluq səmərəli istifadəni göstərir, aşağı doluluq isə potensial yenidən bölüşdürülməsini və ya paylaşılmasını şərtləndirən lazımsız istifadəni göstərir. Bu, tezlik diapazonunda ayrılmış kanalların nə dərəcədə effektiv istifadə olunduğunu qiymətləndirir. Bu, digər xidmətlər üçün istifadə oluna bilən istifadə olunmamış və ya az istifadə edilən kanalları müəyyən etməyə kömək edir.

3. Müdaxilə İdarəetmə: Tezlik diapazonu daxilində müdaxilə səviyyələrinin qiymətləndirilməsi müxtəlif sistemlərin necə birgə mövcud olduğunu və daha yaxşı spektrin planlaşdırılması və ya təsirin azaldılması üsullarına ehtiyac olub-olmadığını anlamağa kömək edir. Sıqaldan səs-küyə nisbəti (SNR): Bu metrik rabitənin effektivliyinə və aydınlığına təsir edən fon səs-küyünə nisbətən siqnalın keyfiyyətini qiymətləndirir.

4. Coğrafi Əhatə və Tutum: Müəyyən tezlik diapazonunun əhatə etdiyi coğrafi ərazinin ölçülməsi onun əhatə dairəsini və daha böyük əhaliyə xidmət göstərməkdə səmərəliliyini anlamağa kömək edir. Bu, xidmət keyfiyyətində azalma olmadan eyni vaxtda istifadəçiləri və məlumat yüklərini idarə etmək üçün spektrin imkanlarının qiymətləndirilməsini əhatə edir.

5. İqtisadi Dəyərin Qiymətləndirilməsi: Bazar tələbi və auksion qiymətləri vasitəsilə spektrin iqtisadi dəyərinin təhlili müxtəlif tezlik diapazonlarının səmərəliliyini və strateji əhəmiyyətini göstərə bilər. Spektrin bölüşdürülməsi və

idarə olunması xərclərinin onun istifadəsindən əldə edilən faydalarla müqayisədə qiymətləndirilməsi onun ümumi iqtisadi təsirini başa düşməyə kömək edir.

Optimal Spektr İstifadəsi üçün müəyyən strategiyalar mövcuddur. Belə ki,

1. Dinamik Spektr Girişi (DSA):

Koqnitiv Radio: Koqnitiv radio kimi texnologiyalar dinamik spektrə girişi təmin edir, cihazlara real vaxt rejimində istifadə olunmamış spektr zolaqlarını müəyyən etməyə və istifadə etməyə imkan verir və bununla da səmərəliliyi artırır.

Spektr Sensiyası: Bu, müvəqqəti olaraq müxtəlif xidmətlərə ayrıla bilən boş tezlikləri aşkar etmək üçün spektrdən istifadənin davamlı monitorinqini əhatə edir.

2. Spektr Paylaşımı:

Kooperativ Paylaşım: Çoxsaylı xidmətlərin bir-birinə müdaxilə etmədən eyni tezlik diapazonunu paylaşdığı çərçivələrin tətbiqi spektrdən istifadəni maksimum dərəcədə artırır.

Lisenzialı Paylaşılan Giriş (LSA): Bu tənzimləyici yanaşma səmərəli və ədalətli istifadəni təmin edərək, bir neçə istifadəçiyə paylaşılan lisenziya altında eyni spektrə daxil olmağa imkan verir.

3. Yenidən Yerləşdirmə və Yenidən Təsərrüfatlaşdırma:

Yenidən yerləşdirmə: Az istifadə edilən və ya səmərəsiz istifadə olunan spektr diapazonlarının daha çox tələb olunan xidmətlərə təyin edilməsi ümumi spektrdən istifadəni optimallaşdırır.

Refarming: Spektrin köhnəlmiş texnologiyalardan (məsələn, 2G) daha yenilərə (5G kimi) keçidi ən qabaqcıl və səmərəli texnologiyaların lazımı resurslara çıxışını təmin edir.

4. Qabaqcıl Texnologiyalar:

MIMO (Multiple Input Multiple Output): Bu texnologiya eyni vaxtda daha çox məlumat göndərmək və qəbul etmək üçün həm ötürücüdə, həm də qəbuledicidə çoxsaylı antenalardan istifadə etməklə tezlik diapazonunun tutumunu artırır.

Beamforming: Sıqnalları xüsusi istiqamətlərə yönəltməklə, beamforming simsiz rabitə sistemlərinin səmərəliliyini və tutumunu artırır.

5. Tənzimləyici İslahatlar və Siyasətlər:

Çevik Lisenziyalaşdırma: Dəyişən texnoloji və bazar şərtlərinə uyğunlaşan çevik lisenziyalaşdırma modellərinin tətbiqi spektrdən istifadənin səmərəliliyini artırma bilər.

Həvəsləndirici Əsaslı Siyasətlər: Spektr ticarəti və auksionlar kimi səmərəli istifadəni stimullaşdıran siyasətlər operatorları spektrdən istifadəni optimallaşdırmağa təşviq edir.

RF spektrinin səmərəli istifadəsi getdikcə daha çox əlaqə quran dünyamızda simsiz rabitəni saxlamaq və gücləndirmək üçün vacibdir. Simsiz xidmətlərə tələbin eksponensial artması ilə spektrdən istifadənin optimallaşdırılmasının əhəmiyyətini şişirtmək olmaz. Müxtəlif ölçülər və qiymətləndirmə metodlarından istifadə etməklə, maraqlı tərəflər spektrin istifadəsini qiymətləndirə və təkmilləşdirə bilirlər. Dinamik spektrə giriş, spektrin bölüşdürülməsi, yenidən bölüşdürülməsi, qabaqcıl texnologiyalar və tənzimləyici islahatlar kimi strategiyalar bu qiymətli resursun səmərəliliyini artırmaq üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. RF spektrindən optimal istifadənin təmin edilməsi təkcə texnoloji

tərəqqi və iqtisadi artımı dəstəkləmir, həm də etibarlı və səmərəli rabitə xidmətləri göstərməklə həyat keyfiyyətini artırır. [Popovski, P.2018].

1.4. Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması metodologiyası və radio rabitəsinin keyfiyyət göstəriciləri

Elektromaqnit uyğunluğu (EMC) müasir radioelektron avadanlığın dizaynı və istismarının mühüm aspektidir. EMC-nin təmin edilməsi avadanlığın nəzərdə tutulan elektromaqnit mühitində müdaxilə olmadan işləmə qabiliyyətinin qiymətləndirilməsini əhatə edir. EMC elektron avadanlığın elektromaqnit müdaxiləsi (EMI) yaratmadan və ya ondan əziyyət çəkmədən işləmə qabiliyyətinə aiddir. O, həm emissiyaları (avadanlığın buraxdığı arzuolunmaz siqnallar), həm də toxunulmazlığı (avadanlığın xarici müdaxiləyə qarşı durma qabiliyyəti) əhatə edir.

SMM radioelektron avadanlığın müxtəlif mühitlərdə, o cümlədən sənaye, kommersiya və yaşayış yerlərində etibarlı işləməsini təmin etmək üçün çox vacibdir. EMC-yə nail olmamaq nasazlıqlara, performansın aşağı düşməsinə və hətta təhlükəsizlik təhlükələrinə səbəb ola bilər.

SMM-nin hesablanması metodologiyası

1. Emissiya Testi:

- Keçirilən Emissiyalar: Elektrik və siqnal kabelləri vasitəsilə aparılan elektromaqnit emissiyalarının ölçülməsi.

- Radiasiya Emissiyaları: Kosmosda yayılan elektromaqnit emissiyalarının ölçülməsi.

2. İmmunitet Testi:

- Şüalanan İmmunitet: Xarici müdaxiləyə qarşı dayanıqlığını qiymətləndirmək üçün avadanlığın elektromaqnit sahələrinə məruz qalması.

- Keçirilən İmmunitet: Avadanlığın işini qiymətləndirmək üçün güc və siqnal kabelləri vasitəsilə elektrik pozuntularının tətbiqi.

3. Simulyasiya və Modelləşdirmə:

- EMC performansını proqnozlaşdırmaq və dizayn mərhələsində potensial problemləri müəyyən etmək üçün elektromaqnit simulyasiya proqramından istifadə.

- Müxtəlif ssenarilərdə avadanlığın davranışını anlamaq üçün elektromaqnit sahələrinin və qarşılıqlı təsirlərin modelləşdirilməsi.

4. Uyğunluq Standartları:

- EMC sınaq protokolları və limitləri üçün CISPR (Radio Müdaxilə üzrə Beynəlxalq Xüsusi Komitə) və IEC (Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiya) kimi beynəlxalq standartlara istinad.

Radio Rabitəsinin Keyfiyyət Göstəriciləri

1. Siqnal Gücü və əhatə dairəsi:

- İstənilən ərazidə adekvat əhatə dairəsini təmin etmək üçün siqnal gücünün ölçülməsi.

- Rabitə əlaqələrinin keyfiyyətini müəyyən etmək üçün siqnal-küy nisbətinin (SNR) qiymətləndirilməsi.

2. Məlumat ötürmə qabiliyyəti və gecikmə:

- Rabitə kanallarının səmərəliliyini və həssaslığını ölçmək üçün məlumat ötürmə sürətlərinin və gecikmə müddətinin qiymətləndirilməsi.

- Məlumat ötürülməsinin etibarlılığını qiymətləndirmək üçün paket itkisi və titrəmə testi.

3. Zəng keyfiyyəti:

- Aydınlıq, təhrif və zənglərin azalma dərəcələri kimi səs və audio keyfiyyət parametrlərinin təhlili.

- Qənaətbəxş istifadəçi təcrübəsini təmin etmək üçün əks-səda və fon səs-küy səviyyələri üçün sınaq.

4. Müdaxilədən imtina:

- Avadanlığın digər radiotezlik mənbələrindən müdaxiləni rədd etmək qabiliyyətinin yoxlanılması.

- Birgə kanalın və qonşu kanalın müdaxiləsini rədd etmə imkanlarının qiymətləndirilməsi.

SMM və Keyfiyyət Göstəriciləri arasında əlaqə

1. Müdaxilələrin Azaldılması: SMM-nin təmin edilməsi xarici mənbələrdən olan müdaxiləni minimuma endirməyə kömək edir və bununla da radio rabitəsinin etibarlılığını və keyfiyyətini artırır.

2. Avadanlıq Performansı: SMM testi avadanlığın dizaynında potensial müdaxilə mənbələrini və zəif tərəfləri müəyyən edir, performansı və etibarlılığı artırmaq üçün optimallaşdırmaya imkan verir.

3. Tənzimləmə Uyğunluğu: EMC standartlarına uyğunluq çox vaxt radioelektron avadanlığın keyfiyyət və təhlükəsizlik tələblərinə cavab verməsini təmin edən normativ sənədlərin təsdiqi üçün ilkin şərtidir.

4. İstifadəçi Təcrübəsi: Etibarlı EMC fasilələri, buraxılmış zəngləri və məlumat ötürmə xətlərini minimuma endirməklə müsbət istifadəçi təcrübəsinə töhfə verir və bununla da ümumi məmnuniyyəti artırır.

Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması metodologiyası müxtəlif elektromaqnit mühitlərində etibarlı və müdaxiləsiz işləməyi təmin etmək üçün vacibdir. Sınaq, simulyasiya və beynəlxalq standartlara uyğunluq vasitəsilə emissiyaları və toxunulmazlığı qiymətləndirərək, istehsalçılar ciddi EMC tələblərinə cavab verən avadanlıq dizayn edə bilirlər. Bundan əlavə, EMC birbaşa olaraq radio rabitəsinin siqnal gücü, məlumat ötürmə qabiliyyəti və zəng keyfiyyəti kimi keyfiyyət göstəricilərinə təsir edərək istifadəçi təcrübəsinə və normativlərə uyğunluğa təsir göstərir. Qüsursuz və etibarlı radio rabitəsinə tələbat artmaqda davam etdikcə, EMC testinin və optimallaşdırılmasının əhəmiyyətini şişirtmək olmaz, bu sahədə davamlı tədqiqat və innovasiyalara ehtiyacı vurğulayır. [Ericsson.M. (2021)].

1.5 Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması üçün proqram sistemlərinin nəzərdən keçirilməsi

Müxtəlif sənaye sahələrində radioelektron avadanlığın inkişafı elektromaqnit uyğunluğunu (EMC) təmin etmək üçün möhkəm alətlər və metodologiyalar tələb edir – cihazların nəzərdə tutulan elektromaqnit mühitində müdaxilə olmadan işləmə qabiliyyəti. EMC təhlili elektromaqnit sahələri, dövrə komponentləri və

sistem arxitekturaları arasında mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələri əhatə edir. Proqram sistemləri bu qarşılıqlı əlaqəni səmərəli şəkildə modelləşdirmək və təhlil etmək üçün hesablama alətləri təqdim edir. Ənənəvi SMM test üsulları vaxt aparan və bahalı ola bilər. Proqrama əsaslanan simulyasiyalar, mühəndislərə dizayn mərhələsində erkən SMM problemlərini müəyyən etməyə və azaltmağa imkan verən səmərəli alternativ təklif edir. EMC standartlarına uyğunluq radioelektron avadanlığın bazarda qəbulu və normativ təsdiqi üçün vacibdir. Proqram sistemləri dizaynerlərə məhsullarının EMC tələblərinə effektiv şəkildə cavab verməsini təmin etməyə kömək edir.

Proqram təminatı sistemlərinin nəzərdən keçirilməsi.

ANSYS HFSS (Yüksək Tezlikli Struktur Simulyatoru) yüksək tezlikli və yüksək sürətli cihazların modelləşdirilməsi üçün qabaqcıl imkanlar təklif edən geniş istifadə olunan elektromaqnit simulyasiya proqramıdır. O, mühəndislərə elektromaqnit sahələri, antena dizaynları və siqnal bütövlüyünü təhlil etməyə imkan verir. HFSS EMC performansını proqnozlaşdırmaq və məhsul dizaynlarını optimallaşdırmaq üçün aerokosmik, avtomobil, telekommunikasiya və elektronika daxil olmaqla müxtəlif sənaye sahələrində istifadə olunur. HFSS mürəkkəb EMC problemləri üçün dəqiq və səmərəli həllər təqdim edir, dizaynerlərə müxtəlif ssenariləri qiymətləndirməyə və dizaynları tez bir zamanda təkrarlamağa imkan verir.

CST Studio Suite EMC analizi, antena dizaynı və PCB (Printed Circuit Board) tərtibatı daxil olmaqla müxtəlif proqramlar üçün modulları özündə birləşdirən hərtərəfli elektromaqnit simulyasiya proqram paketidir. CST Studio Suite telekommunikasiya, avtomobil və tibbi cihazlar kimi sahələrdə EMC uyğunluğunun yoxlanılması, elektromaqnit sahəsinin təhlili və antenanın optimallaşdırılması üçün geniş istifadə olunur. CST Studio Suite istifadəçi dostu

interfeys, güclü simulyasiya imkanları və geniş post-processing alətləri təklif edir ki, bu da onu həm təcrübəsiz, həm də təcrübəli istifadəçilər üçün uyğun edir.

FEKO (Sonlu Elementlər Metodunun Elektromaqnit Simulyatoru) analizi. antenanın dizaynı və RF (Radio Tezliyi) sisteminin simulyasiyası üçün sonlu elementlər metodundan (FEM) istifadə edən çox yönlü elektromaqnit simulyasiya proqram paketidir. FEKO aerokosmik, müdafiə, telekommunikasiya və avtomobil sənayesi kimi sahələrdə EMC uyğunluğunun yoxlanılması, antenanın yerləşdirilməsi tədqiqatları və radar kəsişmələrinin təhlili üçün istifadə olunur. FEKO mürəkkəb elektromaqnit problemləri, o cümlədən böyük strukturları və çoxsaylı tezlikləri əhatə edən EMC simulyasiyaları üçün dəqiq həllər təqdim edir.

EMCoS Antenna Vlab antenna dizaynı və EMC təhlili üçün xüsusi proqram alətidir. O, antenanın performansını, birləşmə effektlərini və EMC uyğunluğunu simulyasiya etmək üçün bir sıra funksiyalar təklif edir. Antenna VLab antenna dizaynerləri, EMC mühəndisləri və RF sistem inteqratorları tərəfindən antenna dizaynlarını optimallaşdırmaq, EMC qarşılıqlı əlaqəsini təhlil etmək və tənzimləyici standartlara uyğunluğu təmin etmək üçün istifadə olunur. Antenna VLab intuitiv interfeys, səmərəli simulyasiya alqoritmləri və antenna modelləri və materiallarının geniş kitabxanalarını təmin etməklə istifadəçilərə dəqiq və etibarlı EMC simulyasiyalarını həyata keçirməyə imkan verir.

Radioelektron avadanlıqların elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması üçün proqram sistemləri müasir elektron cihazların layihələndirilməsi, təhlili və optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Güclü simulyasiya alətləri, intuitiv interfeyslər və hərtərəfli sonrakı emal imkanları təmin etməklə bu sistemlər mühəndislərə EMC performansını proqnozlaşdırmağa, potensial problemləri müəyyən etməyə və dizaynları səmərəli şəkildə optimallaşdırmağa imkan verir. ANSYS HFSS, CST Studio Suite, FEKO və EMCoS Antenna VLab müxtəlif

sənaye sahələrində qabaqcıl xüsusiyyətlər və tətbiqlər təklif edərək, bu sahədə aparıcı proqram həlləri arasındadır. EMC uyğunluğuna tələb artmaqda davam etdikcə, proqram tərtibatçılarının radioelektron avadanlığı dizaynerlərinin və istehsalçıların inkişaf edən ehtiyaclarını ödəmək üçün simulyasiya dəqiqliyini, miqyaslılığını və istifadə imkanlarını artıraraq daha da yeniliklər edəcəyi gözlənilir.

Radio yayılma itkisi modelləri radio dalğalarının müxtəlif mühitlərdə necə keçdiyini anlamaq və proqnozlaşdırmaq üçün çox vacibdir. Bu modellər mühəndislərə məsafədə və müxtəlif maneələr vasitəsilə signal gücünün zəifləməsini təxmin etməklə səmərəli və etibarlı simsiz rabitə sistemlərini dizayn etməyə kömək edir.

Free Space Path Loss (FSPL) modeli radio yayılma itkilərini hesablamaq üçün istifadə edilən ən sadə və əsas modeldir. O, ötürücü və qəbuledici arasında birbaşa, maneəsiz görmə xəttini nəzərdə tutur.

FSPL modeli elektromaqnit dalğasının güc sıxlığının mənbədən olan məsafənin kvadratına mütənasib olaraq azaldığını bildirən tərs kvadrat qanununa əsaslanır. Peyk rabitəsi, açıq kosmos mühitləri və aydın görmə xəttinin olduğu istənilən ssenari üçün idealdır. Maneələri, əksləri və ya difraksiyanı nəzərə almır, bu da darmadağın və ya qeyri-görmə mühitlərində onu daha az dəqiq edir.

İki Şüalı Yerdən Yansıma modeli radiodalğaların həm birbaşa yolunu, həm də yerdən əks olunan yolunu nəzərə alır və yerdən əks olunmasının əhəmiyyətli olduğu mühitlərdə daha dəqiq proqnoz verir. Bu model birbaşa yol və əks olunan yol arasında konstruktiv və dağıdıcı müdaxiləni nəzərə alaraq yol itkisini hesablayır. Su hövzələri və ya düz ərazi kimi əhəmiyyətli yerdən əks olunan yerüstü rabitə ssenariləri üçün uyğundur. Dəqiqlik əks etdirən səthin pürüzlülüüyünün artması ilə və ya çoxlu əks etdirən səthləri olan mühitlərdə azalır.

Okumura-Hata modeli şəhər, şəhərətrafi və kənd mühitlərində geniş ölçmələrdən əldə edilən empirik modeldir. Mobil rabitə sistemlərində yol itkisini proqnozlaşdırmaq üçün geniş istifadə olunur. Model tezlik, məsafə və antenanın hündürlüyü kimi amilləri nəzərə alaraq empirik məlumatlara əsaslanan orta yol itkisi dəyərlərini təmin edir. Mobil şəbəkənin planlaşdırılmasında, xüsusən də müxtəlif mühitlərdəki makro hüceyrələr üçün geniş istifadə olunur. Mikrohüceyrəli və ya qapalı mühitlər üçün daha az dəqiqdir və binalar və ya bitkilər kimi xüsusi maneələri nəzərə almır.

COST-231 modeli daha yüksək tezlik diapazonlarına (2 GHz-ə qədər) və daha sıx şəhər mühitlərinə uyğunlaşmaq üçün nəzərdə tutulmuş Hata modelinin davamıdır. Şəhər sıxlığını və bina hündürlüyünü tənzimləmək üçün əlavə parametrlərlə Okumura-Hata modelini qurur. Şəhər mikrohüceyrə sistemlərinin planlaşdırılması və sıx məskunlaşmış ərazilərdə yol itkisinin proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunur. Şəhər mühiti haqqında ətraflı məlumat tələb edir və qeyri-şəhər şəraitlərində o qədər də dəqiq olmaya bilər.

Log-Distance Path Loss modeli, empirik yol itkisi eksponentindən istifadə edərək məsafənin funksiyası kimi yol itkisini proqnozlaşdıran ümumiləşdirilmiş modeldir. Model güman edir ki, yol itkisi məsafə ilə loqarifmik olaraq artır, yol itkisi eksponenti ətraf mühitə görə dəyişir. Daxili və açıq məkanlar da daxil olmaqla müxtəlif mühitlərdə istifadə olunan çox yönlü model. Dəqiqlik ətraf mühitə görə dəyişən yol itkisi eksponentinin müvafiq seçimindən asılıdır.

Radio yayılma itkilərinin başa düşülməsi və dəqiq proqnozlaşdırılması simsiz rabitə sistemlərinin dizaynı və optimallaşdırılması üçün əsasdır. Müzakirə olunan modellər – FSPL, İki Şüalı Yer Refleksiyası, Okumura-Hata, COST-231 və Log-Distance Path Loss – xüsusi ssenari və mühitdən asılı olaraq müxtəlif mürəkkəblik və tətbiq oluna bilənlik səviyyələrini təklif edir. Hər bir modelin güclü tərəfləri və məhdudiyyətləri var və model seçimi tezlik diapazonu, maneələrin mövcudluğu

və ətraf mühitin növü (şəhər, şəhərətrafı, kənd və ya qapalı) kimi amillərdən asılıdır. Müvafiq yayılma itkisi modellərini seçmək və tətbiq etməklə mühəndislər kommunikasiya şəbəkələrinin performansını, etibarlılığını və səmərəliliyini artırır, müxtəlif parametrlərdə möhkəm bağlantı təmin edə bilərlər.

1.6 Radio yayılma itkilərinin hesablanması və elektromaqnit sahəsinin gücünün proqnozlaşdırılması üçün istifadə olunan modellərin təsviri

Radio yayılması simsiz rabitə sistemlərində əsas rol oynayır, signal gücünə, əhatə dairəsinə və ümumi sistemin işinə təsir göstərir. Belə sistemləri dəqiq dizayn etmək və optimallaşdırmaq üçün mühəndislər yayılma itkilərini hesablamaq və elektromaqnit sahəsinin gücünü proqnozlaşdırmaq üçün modellərə etibar edirlər.

Sərbəst Kosmik Yol İtkisi (FSPL) Modeli

- FSPL modeli ötürücü və qəbuledici arasındakı məsafəyə, signalın dalğa uzunluğuna və yol itkisi eksponentinə əsasən boş məkanda signal zəifləməsini hesablayır.

- Yol itkisi eksponenti ətraf mühitdən asılı olaraq adətən 1 ilə 4 arasında dəyişən signalın yayılması və udulması kimi amilləri hesablayır.

FSPL modeli uzun məsafəli radio əlaqələri, peyk rabitəsi və görmə xətti (LOS) ssenariləri kimi açıq xarici mühitlərdə signal gücünün qiymətləndirilməsi üçün geniş istifadə olunur. O, digər yayılma modellərini müqayisə etmək üçün əsas kimi xidmət edir və signalın əhatə dairəsini proqnozlaşdırmaq üçün sadə, lakin effektiv vasitə təqdim edir.

FSPL modeli heç bir maneə və ya əksi olmayan ideallaşdırılmış şərtləri qəbul edir və bu, siqnalın yayılmasına binaların, bitki örtüyünün və çoxyollu solğunluğun təsir etdiyi şəhər, şəhərətrafi və ya qapalı mühitlərdə onu daha az dəqiq edir. Daha yüksək tezliklərdə siqnalın yayılmasına təsir göstərə bilən atmosfer qazları tərəfindən udulma kimi tezlikdən asılı təsirləri nəzərə almır.

Log-Distance Path Loss Modeli antenanın hündürlüyü, ərazi nizamsızlıqları və ətraf mühit şəraiti kimi əlavə amilləri özündə birləşdirərək FSPL modelini genişləndirir. O, ərazinin, bitki örtüyünün və binanın nüfuzunun siqnalın yayılmasına təsirini nəzərə alan yol itkisi parametrlərini təqdim edir. Log-Distance Path Loss modeli şəhər, şəhərətrafi və kənd yerləri daxil olmaqla, heterojen mühitlərdə siqnal əhatəsini proqnozlaşdırmaq üçün uyğundur. Antenanın yerləşdirilməsi və sistemin işini optimallaşdırmaq üçün mobil şəbəkənin planlaşdırılmasında, simsiz sensor şəbəkələrində və radiotezlik identifikasiyası (RFID) sistemlərində adətən istifadə olunur.

Log-Distance Path Loss modeli sadələşdirilmiş yayılma mühitini nəzərdə tutur və real dünya ssenarilərində siqnallar və maneələr arasında mürəkkəb qarşılıqlı əlaqəni dəqiq tutmaya bilər. Xüsusi mühitlər, tezliklər və yayılma şəraiti üçün müvafiq yol itkisi parametrlərini müəyyən etmək üçün ölçmə məlumatlarına qarşı empirik kalibrləmə və doğrulama tələb olunur.

Ray Tracing və Ray Launching Modelləri

Şüa izləmə və şüa buraxma modelləri maneələrlə qarşılıqlı əlaqədə olan, səthlərdən əks olunan və obyektlərin ətrafında diffraksiya edən fərdi şüaları izləyərək elektromaqnit dalğasının yayılmasını simulyasiya edir. Bu modellər mürəkkəb qapalı və açıq mühitlərdə siqnalın yayılmasını dəqiq proqnozlaşdırmaq üçün həndəsi optika, diffraksiya nəzəriyyəsi və səpilmə hadisələrini özündə birləşdirir. Şüa izləmə və şüa buraxma modelləri ənənəvi empirik modellərin qeyri-kafi ola biləcəyi şəhər, qapalı və mürəkkəb çoxyollu mühitlərdə ətraflı

yayılma təhlili üçün istifadə olunur. Onlar antenanın yerləşdirilməsi, əhatə dairəsinin proqnozlaşdırılması və müdaxilənin təhlilini optimallaşdırmaq üçün qapalı simsiz şəbəkələr, bina məlumat modelləşdirməsi (BIM) və radio tezliyi (RF) saytı sorğuları kimi tətbiqlərdə istifadə olunur. Şüa izləmə və şüa işə salma modelləri geniş hesablama resursları tələb edir və xüsusilə çoxlu əks etdirən səthlərə və mürəkkəb həndəsələrə malik irimiqyaslı ssenarilər üçün hesablama baxımından intensivdir. Xüsusilə dinamik və ya heterojen mühitlər üçün əldə edilməsi və modelləşdirilməsi çətin ola bilən yayılma mühiti haqqında dəqiq həndəsi və maddi məlumatlara etibar edirlər.

Radio yayılma itkilərinin hesablanması və elektromaqnit sahəsinin gücünün proqnozlaşdırılması üçün modellər simsiz rabitə sistemlərinin layihələndirilməsi və optimallaşdırılması üçün vacib alətlərdir. Sərbəst Kosmos Yolu İtki modeli kimi sadə empirik modellərdən qabaqcıl şüa izləmə və şüa buraxma üsullarına qədər hər bir model tətbiq tələblərindən və ətraf mühit şəraitindən asılı olaraq unikal üstünlüklər və məhdudiyyətlər təklif edir. Bu modellərin prinsiplərini, tətbiqlərini və məhdudiyyətlərini başa düşməklə, mühəndislər əsaslandırılmış qərarlar qəbul edə və xüsusi ehtiyaclara və əməliyyat mühitlərinə uyğunlaşdırılmış etibarlı və səmərəli simsiz rabitə sistemlərinə nail ola bilirlər. Yayılma modelləşdirməsində davamlı tədqiqat və təkmilləşdirmə simsiz rabitədə ən müasir texnologiyaların inkişaf etdirilməsi və gələcək simsiz şəbəkələrdə yaranan problemlərin həlli üçün vacibdir. [Qualcomm. (2020)].

II FƏSİL. AZƏRBAYCANDA RADİO TEZLİK SPEKTRİNİNDƏN İSTİFADƏ SƏMƏRƏLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ ARTIRILMASI ÜSULLARI

2.1. Yerin məsafədən zondlanması ilə alınan ərazinin relyefi və alt səthi haqqında məlumatların istifadəsi

Yerin uzaqdan zondlanması bizim planetimizi dərk etməyimiz və onunla qarşılıqlı əlaqəmizdə inqilab etdi. Peyk görüntülərindən və uzaqdan məlumat toplamanın digər formalarından istifadə etməklə alimlər və tədqiqatçılar Yerin səthi və yeraltı xüsusiyyətləri haqqında ətraflı məlumat əldə edə bilirlər. Uzaqdan zondlama obyekt və ya hadisə haqqında onunla fiziki təmas etmədən məlumatın əldə edilməsinə aiddir. Yerin müşahidəsi kontekstində bu adətən Yer səthi və yeraltı haqqında məlumat toplamaq üçün peyk və ya havadan çəkilişlərdən istifadəni nəzərdə tutur. Radar, LiDAR (Light Detection and Ranging) və multispektral görüntülmə kimi texnologiyalar bu məlumatın əldə edilməsində mühüm rol oynayır.

1. Topoqrafik Xəritəçəkmə və Landforma Analizi:

- Yüksəklik Modelləri: Uzaqdan zondlama məlumatlarından yaradılmış Rəqəmsal Yüksəklik Modelləri (DEM) Yerin topoqrafiyası haqqında ətraflı məlumat verir. Bu modellər dağlar, dərələr və düzənliklər kimi relyef formalarının xəritələşdirilməsi və təhlili üçün vacibdir.

- Geoloji Tədqiqatlar: Ərazinin relyefini anlamaq geoloqlara landşaftların formalaşması və təkamülünü öyrənmək, geoloji təhlükələri müəyyən etmək və mineral ehtiyatları araşdırmaqda kömək edir.

2. Şəhərsalma və İnfrastrukturun İnkişafı:

- Sahənin seçimi: Dəqiq topoqrafik məlumatlar yamacın dayanıqlığı və daşqın riski kimi amilləri nəzərə alaraq yeni inkişaf üçün uyğun yerləri seçməkdə şəhər planlaşdırıcılarına kömək edir.

- İnfrastruktur Layihəsi: Mühəndislər yollar, körpülər və bəndlər kimi infrastruktur layihələrini layihələndirmək üçün yüksəklik məlumatlarından istifadə edərək, onların optimal yerlərdə tikilməsini və təbii təhlükələrə davamlı olmasını təmin edirlər.

3. Ətraf Mühitin Monitorinqi və İdarə Edilməsi:

- Eroziya və Sürüşmə Riskinin Qiymətləndirilməsi: Relyef məlumatı eroziyaya və sürüşməyə meyilli ərazilərin qiymətləndirilməsinə kömək edir və təsirin azaldılması tədbirlərinin həyata keçirilməsinə imkan verir.

- Habitat Xəritəçəkmə: Topoqrafik məlumatlar biomüxtəlifliyin qorunmasına və təbii ehtiyatların idarə olunmasına kömək etməklə, yaşayış yerlərinin xəritələşdirilməsi və monitorinqi üçün istifadə olunur.

Yeraltı məlumatların tətbiqi

1. Geoloji və Geofiziki Kəşfiyyat:

- Resursların Kəşfiyyatı: Yerə nüfuz edən radar və seysmik əksetmə kimi uzaqdan zondlama texnologiyaları neft, qaz və faydalı qazıntılar kimi yeraltı ehtiyatları müəyyən etmək və xəritələşdirmək üçün istifadə olunur. Bu məlumat kəşfiyyat və hasilat fəaliyyətlərini istiqamətləndirmək üçün çox vacibdir.

- Tektonik Tədqiqatlar: Yeraltı məlumatlar alimlərə seysmik təhlükələr haqqında anlayışımıza töhfə verməklə, tektonik prosesləri, o cümlədən qırılma xətləri və zəlzələ fəaliyyətini öyrənməyə kömək edir.

2. Kənd Təsərrüfatı və Torpaq İdarəetmə:

- Torpağın Rütubəti və Tərkibi: Uzaqdan zondlama vasitələri torpağın rütubəti və tərkibindəki dəyişiklikləri aşkarlaya bilər, suvarma təcrübələrini optimallaşdırmaqda və torpağın sağlamlığını yaxşılaşdırmaqda fermerlərə kömək edir.

- Dəqiq Kənd Təsərrüfatı: Yeraltı şərait haqqında məlumat, müxtəlif torpaq zonalarının spesifik ehtiyaclarına əsasən su və gübrə kimi girişlərin dəyişkən şəkildə tətbiq olunduğu dəqiq kənd təsərrüfatı texnikalarına imkan verir.

3. Ətraf Mühit və İqlim Araşdırmaları:

- Aquifer Xəritəçəkmə: Uzaqdan zondlama texnologiyaları şirin suların kritik mənbələri olan sulu təbəqələrin xəritələşdirilməsi və monitorinqi üçün istifadə olunur. Bu, su ehtiyatlarının davamlı şəkildə idarə olunmasına kömək edir.

- Permafrost və Buz Tədqiqatlar: Qütb bölgələrində, iqlim dəyişikliyinə təsirlərini başa düşmək üçün dəyərli məlumatlar təqdim edərək, daimi don və buz qalınlığını öyrənmək üçün uzaqdan zondlama istifadə olunur.

Uzaqdan Zondlamanın Üstünlükləri

1. Geniş Əhatə və Əlçatanlıq:

- Uzaqdan zondlama böyük və əlçatmaz ərazilər üzrə məlumatları təmin etməklə, yerüstü tədqiqatlar vasitəsilə əldə edilməsi çətin olan hərtərəfli görünüş təklif edir.

2. Müvəqqəti Monitorinq:

- Peyk missiyaları Yerin həm relyefində, həm də yeraltında dinamik dəyişiklikləri izləməyə imkan verən zamanla fasiləsiz məlumat təqdim edir. Bu, ekoloji dəyişiklikləri izləmək və fəlakətlərin idarə edilməsi üçün çox vacibdir.

3. Qeyri-invaziv Metodlar:

- Uzaqdan zondlama texnologiyaları məlumatları fiziki müdaxilə olmadan toplayır və onları həssas və ya təhlükəli əraziləri narahat etmədən öyrənmək üçün ideal edir.

Yerin uzaqdan zondlanması ilə əldə edilən ərazinin relyefi və yeraltı təbəqəsi haqqında məlumatların istifadəsi şəhərsalma və infrastrukturun inkişafından tutmuş ətraf mühitin mühafizəsi və resursların idarə edilməsinə qədər geniş sahələrdə əvəzolunmaz hala gəldi. Yerin səthi və yeraltı xüsusiyyətləri haqqında ətraflı, dəqiq və vaxtında məlumat əldə etmək bacarığı alimlərə, siyasətçilərə və praktiklərə əsaslandırılmış qərarlar qəbul etməyə, resurslardan istifadəni optimallaşdırmağa və ekoloji problemləri effektiv şəkildə həll etməyə imkan verir. Uzaqdan zondlama texnologiyaları irəliləməyə davam etdikcə, onların tətbiqləri yalnız genişlənərək, yaşadığımız planeti anlamaq və idarə etmək qabiliyyətimizi daha da gücləndirəcək.

2.2. Hesablamalar üçün radioelektron avadanlıqların yerlərinin göstərilməsinin düzgünlüyünə dair mövcud tələblərin qiymətləndirilməsi

Sürətlə inkişaf edən telekommunikasiya sahəsində radioelektron avadanlığın dəqiq yerləşdirilməsi optimal performans, səmərəli spektrdən istifadə və etibarlı xidmətin təmin edilməsi üçün çox vacibdir.

Baza stansiyaları, antenalar və təkrarlayıcılar kimi radioelektron avadanlıqlar üçün dəqiq yer məlumatları bir neçə səbəbə görə vacibdir:

1. Şəbəkə Optimizasiyası: Dəqiq yer məlumatı simsiz şəbəkələrin dizaynı, yerləşdirilməsi və optimallaşdırılması üçün vacibdir. O, əhatə dairələrinin düzgün xəritələşdirilməsini və resursların səmərəli şəkildə bölüşdürülməsini təmin edir.

2. Müdaxilələrin İdarə Edilməsi: Dəqiq yerləşdirmə müxtəlif radio sistemləri arasında müdaxilənin idarə edilməsinə və azaldılmasına kömək edir ki, bu da signal keyfiyyətini və şəbəkə performansını qorumaq üçün vacibdir.

3. Reqlamentə Uyğunluq: Tənzimləyici standartlara uyğunluq, avadanlığın digər xidmətlərə müdaxilə etməməsini və təyin olunmuş tezlik diapazonlarında işləməsini təmin etmək üçün ətraflı yer məlumatını tələb edir.

4. Fövqəladə Hallar Xidmətləri: Fövqəladə vəziyyət signallarını tapmaq və vaxtında yardım göstərmək üçün fövqəladə hallara cavab sistemləri üçün dəqiq yer məlumatları vacibdir.

Müxtəlif standartlar və tənzimləyici orqanlar radioelektron avadanlıq üçün yer məlumatlarının düzgünlüyünə dair tələblər müəyyən edir. Bəzi əsas standartlara aşağıdakılar daxildir.

1. 3GPP (3-cü Nəsil Tərəfdaşlıq Layihəsi):

- LTE və 5G NR: 3GPP standartları şüa yaratma və ultra etibarlı aşağı gecikmə rabitəsi (URLLC) kimi qabaqcıl xüsusiyyətləri dəstəkləmək üçün İstifadəçi Avadanlığının (UE) və baza stansiyalarının yerləşdirmə dəqiqliyinə dair tələbləri müəyyən edir. Dəqiqlik tələbləri tətbiqdən asılı olaraq bir neçə metrdən alt metr səviyyələrinə qədər dəyişə bilər.

2. FCC (Federal Rabitə Komissiyası):

- E911 Tələbləri: FCC tələb edir ki, simsiz operatorlar təcili zənglər üçün dəqiq yer məlumatı təqdim etməlidirlər. Mövcud tələblər müəyyən bir müddət ərzində

məkan məlumatının daxili zənglərin 80%-i üçün 50 metrə qədər dəqiqliyin olmasını şərtləndirir.

3. ITU (Beynəlxalq Telekommunikasiya İttifaqı):

- Spektr İdarəetmə: BTİ, transsərhəd müdaxilənin qarşısını almaq və spektrdən səmərəli istifadəni təmin etmək üçün radio avadanlığının dəqiq yerləşdirilməsini özündə əks etdirən spektrin idarə edilməsi üçün təlimatlar təqdim edir.

Dəqiqliyə nail olmaqda çətinliklər

1. Ekoloji Faktorlar:

- Bina sıxlığı yüksək olan şəhər mühitləri çox yollu yayılmağa səbəb ola bilər, burada siqnallar səthlərdən əks olunaraq mövqe hesablamalarında qeyri-dəqiqliyə səbəb olur.

- Kənd və ucqar ərazilərdə GPS və ya təkmil mobil trianqulyasiya kimi dəqiq yerləşdirmə texnologiyalarını dəstəkləmək üçün kifayət qədər infrastruktur olmaya bilər.

2. Texnoloji Məhdudiyyətlər:

- GPS kimi yerləşdirmə texnologiyalarına xas olan məhdudiyyətlər, xüsusən də daxili mühitlərdə siqnalın mövcudluğu və dəqiqliyi baxımından əhəmiyyətli problemlər yaradır.

- Müxtəlif cihaz və avadanlıqların performansındakı dəyişkənlik yer məlumatlarında uyğunsuzluqlara səbəb ola bilər.

3. Tənzimləyici və Əməliyyat Məhdudiyyətləri:

- Regionlar üzrə tənzimləmə tələblərindəki fərqlər dəqiqlik tələblərinin standartlaşdırılmasını çətinləşdirə bilər.

- Xüsusilə köhnə sistemlərdə yüksək dəqiqliyin qorunmasının əməliyyat məhdudiyətləri resurs tutumlu ola bilər.

Müxtəlif Tətbiqlər üçün Nəticələr

1. 5G və Gələcək Şəbəkələr:

- Kiçik hüceyrələrə və millimetr dalğa tezliklərinə əsaslanan 5G şəbəkələrinin tətbiqi Massive MIMO (Çoxlu Giriş Çoxlu Çıxış) və şüa formalaşdırma kimi xüsusiyyətləri dəstəkləmək üçün avadanlığın yerində yüksək dəqiqlik tələb edir. Bu, qabaqcıl yerləşdirmə sistemlərini və ciddi dəqiqlik tələblərini tələb edir.

2. Əşyaların İnterneti (IoT):

- Ağıllı şəhərlərdən tutmuş sənaye avtomatlaşdırılmasına qədər olan IoT tətbiqləri əsasən sensorların və cihazların dəqiq yerləşdirilməsinə əsaslanır. Dəqiq yer məlumatları etibarlı əməliyyat və səmərəli şəbəkə idarəçiliyini təmin edir.

3. İctimai Təhlükəsizlik və Fövqəladə Hallara Cavab:

- Radio avadanlıqları üçün yer məlumatlarının təkmilləşdirilmiş dəqiqliyi ictimai təhlükəsizlik sistemlərinin effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Dəqiq yerləşdirmə fəvqəladə hallar zamanı daha sürətli cavab müddəti və daha effektiv koordinasiya imkanı verir.

4. Spektr Səmərəliliyi və Müdaxilələrin Azaldılması:

Dəqiq yer məlumatları spektrin idarə edilməsinə kömək edir, tezliklərin səmərəli istifadə olunmasını və müxtəlif xidmətlər arasında müdaxilənin

minimumuna endirilməsini təmin edir. Bu, əhalinin sıx məskunlaşdığı şəhər yerlərində və yüksək spektrli istifadəyə malik bölgələrdə xüsusilə vacibdir.

Radioelektron avadanlığın yerlərinin göstərilməsinin düzgünlüyünə dair mövcud tələblər şəbəkə performansını optimallaşdırmaq, normativlərə uyğunluğu təmin etmək və xidmətin etibarlılığını artırmaq üçün vacibdir. Ətraf mühit faktorları, texnoloji məhdudiyyətlər və tənzimləyici məhdudiyyətlərin yaratdığı çətinliklərə baxmayaraq, yerləşdirmə texnologiyalarında irəliləyişlər və standartlaşdırmaya artan diqqət bu tələblərə cavab verməyə kömək edir. Simsiz rabitə texnologiyaları inkişaf etməyə davam etdikcə, dəqiq və etibarlı yer məlumatlarına ehtiyac daha da artacaq və bu sahədə davamlı tədqiqat və inkişafın vacibliyini vurğulayır. Məkan məlumatlarının düzgünlüyünün təmin edilməsi gələcək kommunikasiya şəbəkələrinin və onların dəstəklədiyi saysız-hesabsız tətbiqlərin tam potensialının reallaşdırılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edəcək. [Volodina.E.(2016)]

2.3. Azərbaycanada radiotezlik spektrinin idarə edilməsi sisteminin bəzi aspektlərinin təhlili

Radiotezlik spektrinin idarə edilməsi müasir telekommunikasiyanın mühüm aspektidir. Səmərəli idarəetmə mobil şəbəkələr, yayım və peyk rabitəsi kimi müxtəlif simsiz xidmətlərin müdaxiləsiz işləməsini və artan tələbatı ödəməsini təmin edir. Azərbaycanın spektrin idarə edilməsi üzrə normativ bazası yaxşı müəyyən edilib və beynəlxalq standartlara uyğundur. Spektr idarəçiliyini tənzimləyən əsas hüquqi sənədlərə aşağıdakılar daxildir:

Telekommunikasiya haqqında Qanun: Bu əsas qanun Azərbaycanda telekommunikasiyanın tənzimlənməsinin ümumi prinsiplərini, o cümlədən radiotezlik spektrinin idarə edilməsi və bölüşdürülməsini əks etdirir.

Milli Tezliklərin Bölgüsü Planı (NFAP): NFAP həm milli ehtiyaclara, həm də beynəlxalq müqavilələrə, xüsusən də Beynəlxalq Telekommunikasiya İttifaqı (BTİ) tərəfindən müəyyən edilənlərə uyğun olaraq müxtəlif tezlik diapazonlarının müxtəlif xidmətlərə ayrılmasını müəyyən edir.

Lisenzialaşdırma Qaydaları: Xüsusi tezlik diapazonlarından istifadə etmək üçün lisenziyaların alınması üçün ətraflı prosedurlar bölgü prosesində şəffaflığı və ədalətliliyi təmin edir. Bu qaydalar spektrə artan tələbatı səmərəli şəkildə idarə etmək üçün çox vacibdir.

Azərbaycanda radiotezlik spektrinin idarə edilməsinə bir neçə əsas qurum cavabdehdir:

Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi (MDDT): Bu nazirlik bütün telekommunikasiya sektoruna, o cümlədən spektrin idarə olunmasına nəzarət edir. O, spektrin səmərəli istifadəsini idarə etmək üçün siyasət və qaydaların işlənilib hazırlanmasına cavabdehdir.

Radiotezliklər üzrə Dövlət Administrasiyası (SARF): SARF radiotezlik spektrinin gündəlik idarə edilməsi ilə məşğul olan icraedici orqandır. Onun öhdəliklərinə spektrin istifadəsinə nəzarət, müdaxilənin qarşısını almaq və qaydalara riayət olunmasını təmin etmək daxildir.

Milli Televiziya və Radio Şurası (MTRŞ): MTRŞ yayım xidmətlərini tənzimləyir, yayımçıların spektrlərin bölüşdürülməsi qaydalarına riayət etmələrini və keyfiyyət standartlarını qorumasını təmin edir.

Azərbaycanın spektrin bölüşdürülməsi strategiyası müdaxiləni minimuma endirməklə yanaşı, müxtəlif rabitə xidmətlərini yerləşdirmək üçün nəzərdə tutulub. Ayrılma BTİ tərəfindən müəyyən edilmiş beynəlxalq təlimatlara uyğundur və ölkənin xüsusi ehtiyaclarını nəzərə alır. Əsas ayrımalara aşağıdakılar daxildir:

Mobil rabitə: 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz və 2100 MHz diapazonlarında tezliklər mobil şəbəkə operatorları üçün ayrılmışdır. Bu lentlər həm səs, həm də məlumat xidmətlərini dəstəkləyir və geniş yayılmış mobil əlaqəni təmin edir.

Yayım: Televiziya və radio yayımı xidmətləri üçün VHF və UHF diapazonları ayrılmışdır. Bu qruplar yüksək keyfiyyətli audio və vizual məzmunu ictimaiyyətə çatdırmaq üçün vacibdir. [Kotov.P.(2010)].

Peyk Rabitəsi: Xüsusi zolaqlar həm kommersiya, həm də hökumət məqsədləri üçün etibarlı qlobal əlaqəni təmin edən peyk rabitəsi üçün qorunur.

Güclü tənzimləyici bazaya və aydın şəkildə müəyyən edilmiş institusional rollara baxmayaraq, Azərbaycan spektrin idarə edilməsində bir sıra problemlərlə üzləşir:

Spektr çatışmazlığı: Simsiz xidmətlərə artan tələbat mövcud spektrə təzyiqli göstərir. Bu məhdud resursun faydasını artırmaq üçün səmərəli idarəetmə və innovativ bölüşdürmə strategiyaları lazımdır.

Müdaxilələrin İdarə Edilməsi: Fərqli spektr istifadəçilərinin bir-birinə mane olmamasını təmin etmək, xüsusən də çoxsaylı xidmətlərin eyni vaxtda fəaliyyət göstərdiyi sıx məskunlaşan şəhər ərazilərində əhəmiyyətli bir problemdir.

Texnoloji irəliləyişlər: 5G-yə keçid kimi simsiz texnologiyalarda sürətli irəliləyişlər yeni xidmətlər və tətbiqləri yerləşdirmək üçün spektrin idarə edilməsi çərçivəsinin davamlı yeniləmələrini tələb edir.

Transsərhəd Koordinasiya: Spektrin effektiv idarə edilməsi transsərhəd müdaxilənin qarşısını almaq və tezlik diapazonlarından harmonik istifadəni təmin etmək üçün qonşu ölkələrlə koordinasiyanı tələb edir.

Bu problemləri həll etmək və spektrin idarə edilməsini təkmilləşdirmək üçün Azərbaycan bir sıra strateji təşəbbüslər həyata keçirmişdir:

Rəqəmsal dividenddən istifadə: Analox yayımdan rəqəmsal yayıma keçid rəqəmsal dividend kimi tanınan qiymətli spektri azad etdi. Azərbaycan mobil şəbəkə tutumunu və əhatə dairəsini artırmaq üçün bu tezlikləri yenidən bölüşdürür.

Spektr auksionları: Spektr auksionlarının tətbiqi tezlik diapazonlarının bölüşdürülməsi üçün şəffaf və ədalətli prosesi təmin edir. Hərraclar rəqabəti təşviq edir və gəliri maksimum dərəcədə artırır, eyni zamanda spektri ən çox qiymətləndirənlərə verir, səmərəli istifadəni təşviq edir.

Dinamik Spektr Girişi: Koqnitiv radio kimi texnologiyaların tətbiqi spektrdən daha çevik və səmərəli istifadəyə imkan verir. Bu texnologiyalar cihazlara mövcud tezlikləri avtomatik aşkar etməyə və istifadə etməyə imkan verir, sıxlığı və müdaxiləni azaldır.

İnfrastruktur Paylaşımı: Mobil şəbəkə operatorlarını qüllələr və baza stansiyaları kimi infrastrukturunu paylaşmağa həvəsləndirmək yerləşdirmə xərclərini azalda və spektrə ümumi tələbi azalda bilər, bu da daha səmərəli istifadəyə səbəb ola bilər.

Effektiv spektrin idarə edilməsi həmçinin güclü monitorinq və icra mexanizmlərini tələb edir:

Qabaqcıl Monitorinq Sistemləri: Uzaqdan zondlama və avtomatlaşdırılmış aşkarlama texnologiyaları daxil olmaqla qabaqcıl spektr monitorinq sistemlərinin

tətbiqi real vaxt rejimində monitoring və müdaxilə mənbələrinin tez müəyyən edilməsinə kömək edir. [Bxovski.M.(2003)].

Müdaxilələrin araşdırılması və həlli üçün xüsusi qrupların yaradılması problemlərin operativ həllini, simsiz xidmətlərin keyfiyyətinin qorunmasını təmin edir. Spektrdən icazəsiz istifadəyə görə cəzalar sisteminin tətbiqi və spektrin səmərəli istifadəsi üçün stimullar uyğunluğu və tezlik diapazonlarından optimal istifadəni təşviq edir. Radiotezlik spektrinin səmərəli idarə olunması Azərbaycanda güclü simsiz rabitə sistemlərinin inkişafı üçün çox vacibdir. Azərbaycan cari çağırışları həll etməklə, strateji təşəbbüsləri həyata keçirməklə və beynəlxalq əməkdaşlığı inkişaf etdirməklə öz radiotezlik spektrindən səmərəli istifadəni təmin edə bilər. Simsiz xidmətlərə tələbat artmaqda davam etdikcə, spektrin idarə edilməsi təcrübələrində davamlı innovasiyalar və uyğunlaşma gələcək kommunikasiya ehtiyaclarını ödəmək və ölkənin rəqəmsal transformasiyasını dəstəkləmək üçün vacib olacaqdır.

İqtisadi artım və texnoloji tərəqqi üçün vacib olan simsiz rabitə xidmətlərinin davamlı inkişafı üçün spektrin effektiv idarə edilməsi vacibdir. Azərbaycan spektrin səmərəli idarə edilməsinin vacibliyini dərk edərək, mövcud problemləri həll etmək və gələcək tələblərə hazırlaşmaq üçün müxtəlif strateji təşəbbüslər həyata keçirmişdir.

Azərbaycan spektrin idarə edilməsinin səmərəliliyini artırmaq üçün bir sıra strateji təşəbbüslər həyata keçirmişdir. Bu təşəbbüslər spektr çatışmazlığını aradan qaldırmaq, istifadəni optimallaşdırmaq və qabaqcıl texnologiyaların tətbiqinə hazırlamaq məqsədi daşıyır.

1. Rəqəmsal dividendlərdən istifadə:

- Analog yayımdan rəqəmsal yayıma keçid rəqəmsal dividend kimi tanınan dəyərli spektri azad etdi.

- Azərbaycan mobil şəbəkə tutumunu və əhatə dairəsini, xüsusən 4G və 5G xidmətlərini artırmaq üçün bu tezlikləri yenidən bölüşdürür.

- Bu təşəbbüs rəqəmsal uçurumu aradan qaldırmaq və kənd yerləri və xidmət göstərilməyən əraziləri yüksəksürətli internetlə təmin etmək məqsədi daşıyır.

2. Spektr auksionları:

- Tezlik diapazonlarının ayrılması üçün spektr auksionlarının tətbiqi şəffaf və rəqabətli prosesi təmin edir.

- Hərraclar xidmət təminatçıları arasında rəqabəti təşviq edərək, spektrdən səmərəli istifadəyə və innovasiyalara gətirib çıxarır.

- Onlar həmçinin telekommunikasiya infrastrukturunu və xidmətlərinə yenidən sərmayə qoyula bilən hökumət üçün gəlirləri maksimum dərəcədə artırırlar.

3. Dinamik Spektr Girişi:

- Koqnitiv radio kimi dinamik spektrə giriş texnologiyalarının tətbiqi spektrdən daha çevik və səmərəli istifadə etməyə imkan verir.

- Bu texnologiyalar cihazlara mövcud tezlikləri avtomatik aşkar edib istifadə etməyə imkan verir, tıxac və müdaxiləni azaldır.

Dinamik spektrə giriş xüsusilə şəhər əraziləri və ictimai tədbirlər kimi spektrə tələbatın yüksək olduğu mühitlərdə faydalıdır.

4. İnfrastruktur Paylaşımı:

- Mobil şəbəkə operatorlarını qüllələr və baza stansiyaları kimi infrastrukturunu paylaşmağa həvəsləndirmək spektrə ümumi tələbi azalda bilər.

- İnfrastrukturun paylaşılması yerləşdirmə xərclərini azaldır, şəbəkənin genişləndirilməsini sürətləndirir və ətraf mühitə təsiri minimuma endirir.

- Bu təşəbbüs spektrin səmərəli istifadəsini təşviq edir və şəbəkənin əhatə dairəsini və keyfiyyətini artırır.

Effektiv spektrin idarə edilməsi, həmçinin qaydalara uyğunluğu təmin etmək və spektrdən icazəsiz istifadənin qarşısını almaq üçün güclü monitoring və icra mexanizmlərini tələb edir.

1. Təkmil Monitoring Sistemləri:

- Uzaqdan zondlama və avtomatlaşdırılmış aşkarlama texnologiyaları daxil olmaqla qabaqcıl spektr monitoring sistemlərinin tətbiqi spektrdən istifadənin real vaxt rejimində monitoringinə kömək edir.

- Bu sistemlər müdaxilə mənbələrini və icazəsiz spektr istifadəsini tez bir zamanda müəyyən edə, vaxtında müdaxilələrə imkan verə bilər.

2. Müdaxilələrin Azaldılması:

- Müdaxilələrin araşdırılması və həlli üçün xüsusi qrupların yaradılması müdaxilə məsələlərinin operativ şəkildə həll edilməsini təmin edir.

- Bu komandalar həm istehlakçılar, həm də biznes üçün vacib olan simsiz xidmətlərin keyfiyyətini və etibarlılığını qorumaq üçün çalışır.

3. Cərimələr və həvəsləndirmələr:

- Spektrdən icazəsiz istifadəyə görə cəzalar sisteminin tətbiqi və spektrin səmərəli istifadəsi üçün stimullar uyğunluğu təşviq edir.

- Cəzalar icazəsiz istifadənin qarşısını alır, stimullar isə spektrdən səmərəli istifadə edən operatorları mükafatlandıraraq optimal istifadəni təşviq edir.

- Simsiz rabitənin qlobal xarakterini nəzərə alaraq, spektrin effektiv idarə edilməsi üçün beynəlxalq əməkdaşlıq vacibdir. Azərbaycan beynəlxalq forumlarda fəal iştirak edir və öz təcrübəsini qlobal standartlara uyğunlaşdırır.

Azərbaycan Beynəlxalq Telekommunikasiya İttifaqının (BTİ) üzvüdür və BTİ-nin konfranslarında və işçi qruplarında iştirak edir. BTİ ilə əməkdaşlıq Azərbaycana qlobal spektrin idarə edilməsi tendensiyaları və ən yaxşı təcrübələrdən xəbərdar olmağa kömək edir. Qonşu ölkələrlə spektrin idarə olunması səylərinin əlaqələndirilməsi transsərhəd müdaxilənin qarşısını almağa kömək edir. Transsərhəd koordinasiya tezlik diapazonlarından ahəngdar istifadəni təmin edir, qüsursuz rabitə xidmətlərini və beynəlxalq əlaqəni asanlaşdırır.

Gələcəyə baxaraq, Azərbaycan innovativ yanaşmalar və gələcəyə yönəlmiş strategiyalar vasitəsilə spektrin idarə edilməsi sistemini daha da təkmilləşdirməyi hədəfləyir.

- 5G şəbəkələrinin geniş yayılmasına hazırlıq yeni tezlik diapazonlarının ayrılmasını və 5G texnologiyasının qabaqcıl imkanlarını dəstəkləmək üçün qaydaların yenilənməsini nəzərdə tutur.

- 5G texnologiyası iqtisadiyyatın müxtəlif sektorlarını dəyişdirərək daha yüksək məlumat sürəti, aşağı gecikmə vaxtı rabitə və IoT cihazları üçün kütləvi əlaqə vəd edir.

- Mövcud tezlik diapazonlarının yeni texnologiyalar üçün yenidən işlənməsi spektrin səmərəli istifadəsini təmin edir və texnoloji irəliləyişlərlə ayaqlaşır.

- Bu, spektrin köhnə texnologiyalardan (məsələn, 2G) daha təkmil xidmətlərə (məsələn, 4G və 5G) yenidən bölüşdürülməsini nəzərdə tutur.

- Spektr idarəçiliyi siyasətlərinin işlənilib hazırlanması və həyata keçirilməsində özəl sektorun maraqlı tərəfləri ilə əməkdaşlıq sənaye təcrübəsindən yararlanıla bilər.

- Dövlət-özəl tərəfdaşlıq innovativ həlləri və telekommunikasiya infrastrukturunu və xidmətlərinə investisiyaları təşviq edir.

Strateji təşəbbüslər və perspektivli yanaşmalar Azərbaycanda radiotezlik spektrinin səmərəli idarə olunması üçün vacibdir. Mövcud çağırışların həlli, qabaqcıl texnologiyaların tətbiqi və beynəlxalq əməkdaşlığın inkişafı ilə Azərbaycan öz spektr resurslarından optimal istifadəni təmin edə bilər. Bu səylər ölkənin rəqəmsal transformasiyasını dəstəkləyəcək, əlaqəni gücləndirəcək və iqtisadi artıma təkan verəcək, Azərbaycanı global telekommunikasiya mənzərəsində lider kimi yerləşdirəcək. [Bxovski.M.(2006)].

2.4. 146-174 MHz diapazonunda texnoloji rabitə sistemləri tərəfindən radiotezlik resurslarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi

Radiotezlik (RF) resurslarından səmərəli istifadə rabitə sistemlərinin optimallaşdırılması üçün, xüsusilə də yüksək istifadə olunan 146-174 MHz tezlik diapazonunda çox vacibdir. Tez-tez VHF (Çox Yüksək Tezlik) diapazonu olaraq adlandırılan bu diapazon ictimai təhlükəsizlik, ticarət və dəniz rabitəsi də daxil olmaqla müxtəlif texnoloji kommunikasiya sistemləri üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

1. Spektr çatışmazlığı. 146-174 MHz diapazonu bir çox sektorlardan yüksək tələbat olan sonlu resursdur. Etibarlı rabitə xidmətlərinə artan ehtiyacı maneə törətmədən ödəmək üçün səmərəli istifadə lazımdır.

2. Xidmətin Keyfiyyəti (QoS). Səmərəli spektrin idarə edilməsi müdaxiləni minimuma endirməklə, bant genişliyinin ayrılmasını optimallaşdırmaqla və siqnal aydınlığını və etibarlılığını artırmaqla yüksək keyfiyyətli rabitə xidmətlərini təmin edir.

3. Qaydalara uyğunluq. Spektrdən istifadə üçün milli və beynəlxalq tənzimləyici çərçivələrə riayət etmək icazəsiz müdaxilənin qarşısını almaq və RF spektrinə ədalətli çıxışı təmin etmək üçün vacibdir.

146-174 MHz diapazonunda texnoloji kommunikasiya sistemləri

1. İctimai Təhlükəsizlik Kommunikasiyaları. Polis, yanğınsöndürmə və təcili tibbi yardım xidmətləri kritik kommunikasiyalar üçün VHF diapazonlarına etibar edir. Bu spektrdən səmərəli istifadə fəvqəladə hallara vaxtında və aydın cavab vermək üçün çox vacibdir.

2. Kommersiya Radiosu. Biznes və sənaye rabitə sistemləri əməliyyatların koordinasiyası, aktivlərin izlənməsi və digər logistika tətbiqləri üçün VHF tezliklərindən istifadə edir.

3. Dəniz rabitəsi. Dəniz sektoru naviqasiya təhlükəsizliyi və dəniz əməliyyatları üçün vacib olan gəmidən gəmiyə və gəmidən sahilə rabitə üçün VHF tezliklərindən istifadə edir.

Səmərəliliyin qiymətləndirilməsi üsulları

1. Spektr İstifadəsi Metrikləri:

- Bandwidth Efficiency: Bölmə genişliyi vahidinə ötürülən məlumatın miqdarını ölçür. Qabaqcıl modulyasiya və kodlaşdırma sxemləri kimi texnikalar bant genişliyinin səmərəliliyini artırır.

- Kanaldan İstifadə: Ayrılmış kanalların nə dərəcədə effektiv istifadə olunduğunu qiymətləndirir. Yüksək kanal istifadəsi spektrin səmərəli istifadəsini göstərir.

2. Müdaxilə İdarəetmə:

- Eyni tezlik diapazonunda işləyən müxtəlif istifadəçilər və sistemlər arasında müdaxiləni minimuma endirmək üçün görülən tədbirləri qiymətləndirir. Tezlik koordinasiyası və dinamik spektrə giriş kimi texnikalar vacibdir.

3. Tezliyin təkrar istifadəsi:

- Fərqli coğrafi ərazilərdə müdaxilə yaratmadan tezliklərin nə dərəcədə təkrar istifadə oluna biləcəyini qiymətləndirir. Bu, xüsusilə sıx məskunlaşan şəhər yerlərində aktualdır.

Təkmilləşdirilmiş Səmərəlilik üçün Qabaqcıl Texnologiyalar aşağıdakılardır:

1. Proqram təminatı ilə müəyyən edilmiş radiolar (SDR). SDR-lər spektrin istifadəsini optimallaşdırmaq və müdaxiləni azaltmaq üçün əməliyyat tezliklərinin və modulyasiya sxemlərinin dinamik tənzimlənməsinə imkan verən tezliklərin idarə edilməsində çeviklik təklif edir.

2. Koqnitiv Radio. Koqnitiv radio texnologiyaları cihazlara spektral mühiti hiss etməyə və işğal olunmuş tezliklərdən qaçmaq və müdaxiləni minimuma endirmək üçün öz iş parametrlərini dinamik şəkildə tənzimləməyə imkan verməklə spektrin səmərəliliyini artırır.

3. Rəqəmsal Modulyasiya Texnikaları. QAM (Quadrature Amplitude Modulation) və OFDM (Ortoqonal Tezlik Bölməsi Çoxalması) kimi qabaqcıl rəqəmsal modulyasiya üsulları mövcud bant genişliyi daxilində məlumat sürətlərini artırmaqla spektral səmərəliliyi yaxşılaşdırır.

4. Müdaxilə və Tıxac. 146-174 MHz diapazonunda yüksək tələbat tıxaclarına və xüsusilə sıx rabitə şəbəkələrinin olduğu şəhər ərazilərində müdaxilə riskinin artmasına səbəb ola bilər.

5. Tənzimləyici Məhdudiyyətlər. Müxtəlif və inkişaf edən tənzimləyici tələblərə uyğunluq müxtəlif maraqlı tərəflər arasında koordinasiyanı və spektrdən istifadənin davamlı monitorinqini tələb edən çətin ola bilər.

6. Texnologiya İnteqrasiyası. SDR və koqnitiv radio kimi qabaqcıl texnologiyaların mövcud kommunikasiya sistemlərinə inteqrasiyası mürəkkəb və bahalı ola bilər, infrastruktura və təlimə əhəmiyyətli investisiya tələb edir. [Popovski, P.2018].

146-174 MHz diapazonunda radiotezlik resurslarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi texnoloji rabitə sistemlərinin optimallaşdırılması və etibarlı, yüksək keyfiyyətli xidmətin təmin edilməsi üçün vacibdir. Spektrdən istifadə, müdaxilənin idarə edilməsi və tezliklərin təkrar istifadəsi üçün ölçülərdən istifadə etməklə və proqram təminatı ilə müəyyən edilmiş və koqnitiv radiolar kimi qabaqcıl texnologiyalardan istifadə etməklə spektral səmərəliliyin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına nail olmaq olar. Bununla belə, müdaxilə, tənzimləyicilərə uyğunluq və texnoloji inteqrasiya kimi problemlər tənzimləyicilər, sənaye maraqlı tərəfləri və texnologiya tərtibatçıları arasında əlaqələndirilmiş səylər vasitəsilə həll edilməlidir. VHF rabitəsinə tələbat artmaqda davam etdikcə, spektrin idarə olunması təcrübələrində davam edən tədqiqat və innovasiyalar bu həyati resursdan səmərəli və səmərəli istifadənin təmin edilməsi üçün çox vacib olacaqdır.

2.5. Sahənin gücü ölçmələri əsasında şüalanan gücün müəyyən edilməsi üçün ECC CEPT tövsiyələrinin tətbiqi

Poçt və Telekommunikasiya Administrasiyalarının Avropa Konfransı (CEPT) uzun müddətdir ki, Avropada telekommunikasiya sənayesi üçün tənzimləyici çərçivələrin və standartların formalaşdırılmasında ön sıralardadır. Telekommunikasiya sahəsində, CEPT-nin ECC (Elektron Rabitə Komitəsi) üzv dövlətlər arasında qarşılıqlı fəaliyyətin, səmərəliliyin və tənzimləmə uyğunluğunun təmin edilməsi üçün tövsiyələrin və təlimatların işlənilməsində mühüm rol oynayır. [V.Nozdriin.(2018)]

1959-cu ildə yaradılmış CEPT poçt və telekommunikasiya xidmətləri sahəsində Avropa ölkələri arasında əməkdaşlıq üçün forum rolunu oynayır. CEPT-in daimi komitəsi olan ECC, spektrin idarə edilməsi, tənzimləmə siyasəti və texniki standartlar daxil olmaqla, elektron rabitəyə xüsusi diqqət yetirir. Üzv dövlətlərin və müşahidəçi təşkilatların nümayəndələri ilə ECC müzakirələri asanlaşdırır, qaydaları uyğunlaşdırır və telekommunikasiya sektorunda yaranan problemlərin həlli üçün ümumi yanaşmalar hazırlayır.

Telekommunikasiya xidmətlərinin milli sərhədləri aşdığı getdikcə bir-birinə bağlı olan dünyada, uyğunlaşdırılmış standartlar qüsursuz rabitə və spektrdən səmərəli istifadə üçün vacibdir. ECC CEPT tövsiyələri üzv dövlətlər üçün öz tənzimləyici çərçivələrini, texniki spesifikasiyalarını və əməliyyat təcrübələrini uyğunlaşdırmaq üçün plan kimi xidmət edir. Bu tövsiyələrə riayət etməklə, ölkələr qarşılıqlı fəaliyyətə kömək edə, sərhədlərarası kommunikasiyanı asanlaşdırır və sənayenin maraqlı tərəfləri üçün bərabər şərait təmin edə bilər. [V.A.Vişnyakov.(2014)]

ECC CEPT tövsiyələri spektrin bölüşdürülməsi, texniki standartlar, lisenziyalaşdırma prosedurları və normativlərə uyğunluq daxil olmaqla, telekommunikasiya sənayesinə aid olan geniş mövzuları əhatə edir. Bu tövsiyələr texniki ekspertlərin, sənayenin maraqlı tərəflərinin və tənzimləyici orqanların

cəlb olunduğu birgə proses vasitəsilə hazırlanır. Onlar texnologiya sahəsində ən son nailiyyətləri, inkişaf edən bazar tendensiyalarını və ən yaxşı beynəlxalq təcrübələri əks etdirir, üzv dövlətlərə sürətlə inkişaf edən telekommunikasiya mənzərəsində mürəkkəb problemlərin həlli ilə bağlı təlimat verir.

ECC CEPT tövsiyələri üçün diqqət mərkəzində olan əsas sahələrdən biri sahə gücü ölçmələri əsasında şüalanan gücün müəyyən edilməsidir. Bu tövsiyələr sahə gücü ölçmələrinin aparılması, avadanlığın kalibrlənməsi və şüalanan güc səviyyələrinin hesablanması üçün standartlaşdırılmış metodologiyaları təmin edir. Ümumi ölçmə texnikası və prosedurlarını qəbul etməklə üzv dövlətlər elektromaqnit emissiyalarının ardıcıl və dəqiq qiymətləndirilməsini təmin edə, bununla da elektromaqnit uyğunluğunu təşviq edə və radiotezlik spektrində müdaxiləni minimuma endirə bilirlər. [E.Volodina.(2016)].

ECC CEPT tövsiyələrinin qəbulu üzv dövlətlər, sənaye maraqlı tərəfləri və istehlakçılar üçün bir sıra üstünlüklər təklif edir. Tənzimləyici tələbləri və texniki standartları uyğunlaşdırmaqla tövsiyələr bazara giriş prosedurlarını sadələşdirir, uyğunluq xərclərini azaldır və telekommunikasiya sektorunda innovasiya və rəqabəti gücləndirir. Bundan əlavə, ECC qaydalarına riayət telekommunikasiya xidmətlərinin və avadanlığının etibarlılığını, qarşılıqlı fəaliyyətini və təhlükəsizliyini təmin etdiyi üçün istehlakçı inamını artırır. [A. Xoxlaçev.(2009)].

ECC CEPT tövsiyələri bütün Avropada telekommunikasiya təcrübələrinin standartlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Üzv dövlətləri aydın təlimatlar və ən yaxşı təcrübələrlə təmin etməklə, ECC tövsiyələri tənzimləyicilərə uyğunluğu asanlaşdırır, qarşılıqlı fəaliyyətə kömək edir və telekommunikasiya sənayesinin böyüməsini və inkişafını dəstəkləyir. Texnologiya inkişaf etməyə davam etdikcə və əlaqə gətdikcə hər yerdə yayıldıqca, telekommunikasiyanın gələcəyinin formalaşmasında ECC CEPT tövsiyələrinin rolu əsas olaraq qalır.

Sahə gücü ölçmələrindən şüalanan gücün təyini radiotezlik (RF) spektrinin idarə edilməsi və tənzimlənməsində mühüm vəzifədir. Avropa Poçt və Telekommunikasiya Administrasiyaları Konfransının (CEPT) Elektron Rabitə Komitəsi (ECC) dəqiq və ardıcıl ölçmələri təmin etmək üçün hərtərəfli tövsiyələr verir. Ötürücülərin müəyyən edilmiş güc hədləri daxilində işləməsinə təmin etmək tənzimləyici tələblərə uyğunluq, digər xidmətlərə müdaxilənin qarşısını almaq və spektrin nizamlı istifadəsini təmin etmək üçün vacibdir.

Radiasiya olunan gücün dəqiq müəyyən edilməsi spektrin effektiv idarə olunmasında effektiv tezlik planlamasına, müdaxilənin azaldılmasına və spektr resurslarının ayrılmasına imkan verir. Xidmət təminatçıları üçün optimal şüalanmış gücün saxlanması istifadəçilərə etibarlı və yüksək keyfiyyətli rabitə xidmətlərinin göstərilməsi üçün çox vacibdir. [V.Nozdriin.(2018)]

Poçt və Telekommunikasiya Administrasiyalarının Avropa Konfransı (CEPT) bütün Avropada telekommunikasiya sənayesi üçün qaydaların və təlimatların standartlaşdırılmasında mühüm rol oynayır. Telekommunikasiya sahəsində, CEPT-nin ECC (Elektron Rabitə Komitəsi) qarşılıqlı fəaliyyət, səmərəlilik və normativlərə uyğunluğu təmin etmək üçün tövsiyələr hazırlayır. Bu tövsiyələr dəyərli göstərişlər versə də, onların effektiv icrası praktiki mülahizələrin və problemlərin diqqətlə nəzərdən keçirilməsini tələb edir.

ECC CEPT tövsiyələrinin həyata keçirilməsi onların uğurlu tətbiqini təmin etmək üçün bir neçə addımı əhatə edir. Birincisi, telekommunikasiya tənzimləyiciləri və sənayenin maraqlı tərəfləri öz fəaliyyət sahələrinə aid olan xüsusi tövsiyələrlə tanış olmalıdırlar. Bu, ECC sənədlərində qeyd olunan texniki spesifikasiyaların, təlimatların və ən yaxşı təcrübələrin öyrənilməsinə əhatə edə bilər. Sonra təşkilatlar ECC tövsiyələrinin qəbul edilməsinin mümkünlüyünü müəyyən etmək üçün mövcud infrastrukturunu, resurslarını və imkanlarını qiymətləndirməlidirlər. Bu, ECC standartlarına uyğunlaşdırmaq üçün

avadanlıqlara, təlimlərə və əməliyyat dəyişikliklərinə investisiya tələb edə bilər. Hazırlandıqdan sonra təşkilatlar ECC təlimatlarında qeyd olunan müəyyən edilmiş metodologiya və prosedurlara əməl edərək, öz fəaliyyətlərində ECC tövsiyələrinin həyata keçirilməsi prosesinə başlaya bilərlər. [E.Volodina.(2016)].

ECC CEPT tövsiyələrinin icrası zamanı bir sıra praktiki mülahizələr nəzərə alınmalıdır. Kritik məsələlərdən biri resursların, o cümlədən ixtisaslı kadrların, xüsusi avadanlıqların və maliyyə investisiyalarının mövcudluğudur. Təşkilatlar sahə gücü ölçmələrini aparmaq, avadanlıqları kalibrləmək və məlumatları dəqiq təhlil etmək üçün lazımi təcrübə və alətlərə malik olduqlarını təmin etməlidirlər. Bundan əlavə, tənzimləyicilərə uyğunluq vacibdir, çünki təşkilatlar ECC tövsiyələrini həyata keçirərkən milli və beynəlxalq qaydalara əməl etməlidirlər. Bu, tənzimləyici orqanlardan lazımi lisenziyaların, icazələrin və təsdiqlərin alınmasını əhatə edə bilər.

ECC CEPT tövsiyələrinin həyata keçirilməsi təşkilatlar üçün müxtəlif çətinliklər yarada bilər. Ümumi problemlərə texniki mürəkkəbliklər, resurs məhdudiyətləri və mövcud sistemlərlə uyğunluq problemləri daxildir. Təşkilatlar bu problemləri effektiv şəkildə həll etmək üçün strategiyalar hazırlamalıdırlar. Bu, işçilərin bacarıqlarını artırmaq üçün təlim proqramlarına sərmayə qoymağı, resursları və təcrübəni bölüşmək üçün sənaye tərəfdaşları ilə əməkdaşlıq etməyi və həyata keçirmə proseslərini sadələşdirmək üçün texnoloji həllərdən istifadə etməyi əhatə edə bilər. Bundan əlavə, təşkilatlar tənzimləyici orqanlarla açıq əlaqə kanallarını saxlamalı və öz təcrübələrindən kənar problemlər ilə üzləşdikdə rəhbərlik və dəstək axtarmalıdırlar.

Nümunəvi və ən yaxşı təcrübələr ECC CEPT tövsiyələrinin uğurla həyata keçirilməsinə dair dəyərli fikirlər verə bilər. ECC təlimatlarını effektiv şəkildə tətbiq etmiş təşkilatların real dünya nümunələrini araşdıraraq, maraqlı tərəflər öz təcrübələrindən öyrənə və ümumi problemlərin aradan qaldırılması üçün

strategiyalar müəyyən edə bilərlər. Tədqiqatlar yenilikçi yanaşmaları, öyrənilən dərsləri və ECC tövsiyələrinin uğurla həyata keçirilməsinə kömək edən əsas uğur amillərini vurğulaya bilər.

Yekun olaraq, ECC CEPT tövsiyələrinin həyata keçirilməsi telekommunikasiya sənayesində qarşılıqlı fəaliyyətin, səmərəliliyin və normativlərə uyğunluğun təşviqi üçün vacibdir. Təşkilatlar praktiki mülahizələri diqqətlə nəzərdən keçirməklə, problemləri həll etməklə və ən yaxşı təcrübələrdən istifadə etməklə, ECC təlimatlarını öz fəaliyyətlərində effektiv şəkildə tətbiq edə bilərlər. Nəhayət, ECC tövsiyələrinin uğurla həyata keçirilməsi telekommunikasiya xidmətlərinin etibarlılığını, qarşılıqlı fəaliyyət qabiliyyətini və təhlükəsizliyini artırır, həm sənayenin maraqlı tərəfləri, həm də istehlakçılar üçün faydalıdır. [V.A.Vişnyakov.(2014)]

III FƏSİL. AZƏRBAYCANDA SEYRİL XİDMƏTLƏRİN KEYFİYYƏTİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

3.1. Azərbaycanca mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi və onun nəticələrinin təhlili

Mobil rabitə xidmətləri müasir həyatın ayrılmaz hissəsinə çevrilib, əlaqəni asanlaşdırır və məlumatlara, xidmətlərə və imkanlara çıxışı təmin edir. Azərbaycanda telekommunikasiya sektoru əhəmiyyətli artımın şahidi olub, mobil şəbəkələr icmaların birləşdirilməsində və iqtisadi inkişafın idarə olunmasında mühüm rol oynayır.

Qiymətləndirmə Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin qiymətləndirilməsi üçün tətbiq edilən yanaşmanın təfərrüatlı metodologiyası ilə başlayır. O, sahə ölçmələri, şəbəkə performansının testi, müştəri sorğuları və tənzimləmə uyğunluğunun təhlili daxil olmaqla müxtəlif məlumat toplama üsullarını əhatə edir. Xidmət keyfiyyətini hərtərəfli qiymətləndirmək üçün şəbəkə əhatə dairəsi, zəng keyfiyyəti, məlumatların sürəti və etibarlılıq kimi əsas performans göstəriciləri (KPI) istifadə olunur.

Mobil rabitə xidmətlərinin çoxsaylı ölçülərini əhatə edən qiymətləndirmə meyarlarının hərtərəfli müayinəsi aparılır. Kriteriyalara siqnal gücü, zənglərin düşmə sürəti və məlumat ötürmə qabiliyyəti kimi şəbəkə performans göstəriciləri, eləcə də xidmət əlçatanlığı, qiymət şəffaflığı və müştəri dəstəyinin cavabdehliyi kimi müştəri mərkəzli göstəricilər daxildir. Hər bir meyar xidmət keyfiyyətinin və istifadəçi təcrübəsinin vahid görünüşünü təmin etmək üçün diqqətlə seçilir.

Azərbaycandakı mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinə dair mənalı fikirlər əldə etmək üçün toplanmış məlumatlar diqqətlə təhlil edilir. Mobil operatorların fəaliyyətini qiymətləndirmək və güc və təkmilləşdirmə sahələrini müəyyən etmək üçün statistik təhlil, məlumatların vizuallaşdırılması üsulları və sənaye meyarları ilə müqayisəli qiymətləndirmələrdən istifadə olunur. Təhlil regional dəyişiklikləri, demoqrafik tendensiyaları və mobil xidmətlərin çatdırılmasında yaranan nümunələri araşdırır.

Xidmət keyfiyyətinə təsir edən amillərin tədqiqi qiymətləndirmənin nəticələrinə kontekst təqdim edir. İnfrastruktur sərmayəsi, texnoloji irəliləyişlər, tənzimləyici çərçivələr, bazar rəqabəti və istehlakçı davranışı kimi amillər onların mobil xidmətlərin göstərilməsinə təsirini anlamaq üçün araşdırılır. Təhlil bu amillərin qarşılıqlı əlaqəsini və onların xidmət keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün təsirlərini vurğulayır. [A.Xoxlaçev.(2009)].

Qiymətləndirmənin nəticələrinə və müəyyən edilmiş problemlərə əsaslanaraq, məqalə Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin təkmilləşdirilməsi üçün icra edilə bilən tövsiyələr təklif edir. Tövsiyələrə infrastrukturun təkmilləşdirilməsi, şəbəkənin optimallaşdırılması tədbirləri, tənzimləyici islahatlar, istehlakçıların maarifləndirilməsi təşəbbüsləri və sənaye əməkdaşlığı daxil ola bilər. Bu tövsiyələr mövcud çatışmazlıqları aradan qaldırmaq və inkişaf edən istehlakçı gözləntilərinə cavab vermək üçün xidmət standartlarını yüksəltmək məqsədi daşıyır.

Mobil rabitə xidmətləri insanları birləşdirmək, iqtisadi artımı təmin etmək və sosial inkişafa təkan verməkdə mühüm rol oynayır. Azərbaycanda telekommunikasiya sektoru mühüm irəliləyişlərin şahidi olub, mobil şəbəkələr milyonlarla insan üçün əsas rabitə növü kimi xidmət edir. Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi sektorda güclü, zəif tərəflər və təkmilləşdirmə imkanları haqqında dəyərli fikirlər təqdim edir.

Kompleks qiymətləndirmənin nəticələrinin təhlili Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin vəziyyəti ilə bağlı bir neçə əsas nəticəni ortaya qoyur. Müsbət cəhətlər arasında:

1. Geniş Şəbəkə Əhatə dairəsi: Azərbaycanda şəhər əraziləri istifadəçilərə səsli zənglər və məlumat xidmətləri üçün etibarlı əlaqə təmin edən geniş şəbəkə əhatəsindən faydalanır.

2. Təkmilləşdirilmiş Məlumat Sürətləri: Mobil operatorlar məlumatların ötürülmə sürətinin artırılmasında irəliləyişlər əldə etmişlər, bu da istifadəçilərə məzmunun ötürülməsi, gözdən keçirilməsi və yüklənməsi üçün yüksək sürətli internetə daxil olmaq imkanı verir.

3. Rəqabətli Qiymətləndirmə: Qiymətləndirmə göstərir ki, Azərbaycanda mobil xidmət qiymətləri istehlakçılar üçün əlverişlilik və dəyər təklif etməklə regional standartlarla müqayisədə rəqabətə davamlı olaraq qalır.

Bununla belə, qiymətləndirmə diqqət və təkmilləşdirmə tələb olunan sahələri də vurğulayır:

1. Şəbəkə Tıxacları: Sıx məskunlaşan şəhər mərkəzlərində pik saatlarda şəbəkə tıxacları yaşanır, bu da məlumat sürətinin azalmasına və zənglərin azalma sürətinin artmasına səbəb olur.

2. Kənd yerlərində xidmət boşluqları: Kənd və ucqar rayonlar məhdud şəbəkə əhatə dairəsi və infrastruktura malik mobil rabitə xidmətlərinə çıxışda çətinliklərlə üzləşirlər.

3. Xidmətin Keyfiyyətində Uyğunsuzluqlar: Müxtəlif regionlar və operatorlar arasında xidmət keyfiyyətindəki fərqlər standartlaşdırılmış performans göstəricilərinə və tənzimləyici nəzarətə ehtiyacı vurğulayır.

Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinə bir neçə amil təsir edir:

1. İnfrastruktur İnvestisiyaları: Qüllələr, antenalar və arxa keçid daxil olmaqla, şəbəkə infrastrukturuna investisiyalar, xidmətin əhatə dairəsi, etibarlılıq və məlumat sürəti.

2. Texnoloji irəliləyişlər: 4G LTE və 5G şəbəkələri kimi qabaqcıl texnologiyaların qəbulu məlumatların ötürülmə sürətini artırır və bant genişliyi tələb edən tətbiqləri dəstəkləyir.

3. Tənzimləyici Çərçivələr: Spektrlərin bölüşdürülməsini, lisenziyalaşdırmanı və xidmətin keyfiyyətini tənzimləyən tənzimləyici siyasət və təlimatlar operatorun davranışına və xidmətlərin göstərilməsi standartlarına təsir göstərir.

4. Bazar Rəqabəti: Mobil operatorlar arasında rəqabət innovasiyalara təkan verir, qiymət rəqabətini gücləndirir və şəbəkənin genişləndirilməsi və xidmət keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına investisiyaları stimullaşdırır.

5. İstehlakçı Davranışı: İstehlakçı üstünlükləri, istifadə nümunələri və tələbləri operatorların strateji qərarlarına və investisiya prioritetlərinə təsir edərək mobil xidmətlərin təkamülünü formalaşdırır.

Qiymətləndirmənin nəticələrinə əsasən, Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin təkmilləşdirilməsi üçün bir neçə tövsiyə təklif oluna bilər:

1. İnfrastrukturun genişləndirilməsi: əhatə dairəsini və əlaqəni yaxşılaşdırmaq üçün xidmət göstərilməyən kənd ərazilərində şəbəkə infrastrukturunun yerləşdirilməsini sürətləndirin.

2. Şəbəkənin optimallaşdırılması: Şəhər mərkəzlərində tıxacları aradan qaldırmaq və məlumat sürətini artırmaq üçün şəbəkə optimallaşdırma texnologiyalarına və tutumun təkmilləşdirilməsinə investisiya qoyun.

3. Tənzimləyici islahatlar: Xidmətlərin keyfiyyət standartlarına və istehlakçıların hüquqlarının müdafiəsi qaydalarına riayət olunmasını təmin etmək üçün tənzimləyici nəzarət və icra mexanizmlərinin gücləndirilməsi.

4. Dövlət-Özəl Tərəfdaşlıq: Xidmət boşluqlarını aradan qaldırmaq, innovasiyaları təşviq etmək və telekommunikasiya sektoruna investisiyaları artırmaq üçün dövlət qurumları, mobil operatorlar və digər maraqlı tərəflər arasında əməkdaşlığı gücləndirin.

5. İstehlakçıların Maarifləndirilməsi Kampaniyaları: İstehlakçılar arasında onların hüquqları, mövcud xidmətlər və xidmət keyfiyyəti problemlərini həll etmək üçün tədbirlər haqqında məlumatlılığı artırmaq üçün maarifləndirici kampaniyalara başlayın. [Popovski, P.2018].

Yekun olaraq qeyd edək ki, hərtərəfli qiymətləndirmə nəticələrinin təhlili Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin vəziyyəti haqqında dəyərli fikirlər verir. Müəyyən edilmiş problemləri həll etməklə və məqsədyönlü tövsiyələri həyata keçirməklə maraqlı tərəflər xidmət keyfiyyətinin artırılması, əhatə dairəsinin genişləndirilməsi və bütün vətəndaşlar üçün rəqəmsal inklüzivliyin təşviqi istiqamətində işləyə bilirlər. Azərbaycanda sosial-iqtisadi inkişafın və həyat keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasında mobil rabitə xidmətlərinin tam potensialının reallaşdırılması üçün hökumət, sənaye və vətəndaş cəmiyyəti arasında əməkdaşlıq vacibdir.

Eyni zamanda, Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin hərtərəfli qiymətləndirilməsi telekommunikasiya sektorunun vəziyyəti və təkmilləşdirilməsi imkanları haqqında dəyərli fikirlər verir. Maraqlı tərəflər qiymətləndirmənin nəticələrindən istifadə etməklə və məqsədyönlü tövsiyələri həyata keçirməklə Azərbaycanda əlaqələrin gücləndirilməsi, rəqəmsal fərqlərin aradan qaldırılması və inklüziv sosial-iqtisadi inkişafın təşviqi istiqamətində işləyə bilirlər.

3.2. Mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinin nəticələrinin müqayisəli təhlili

Mobil rabitə xidmətlərinin qiymətləndirilməsi nəticələrinin müqayisəli təhlili müxtəlif operatorlar və ya müxtəlif regionlar tərəfindən göstərilən xidmətlərin performansını və keyfiyyətini daha dərindən başa düşməyə imkan verir. Şəbəkənin əhatə dairəsi, zəng keyfiyyəti, məlumat sürəti və müştəri məmnuniyyəti səviyyələri kimi əsas performans göstəricilərini (KPI) araşdıraraq və müqayisə edərək, maraqlı tərəflər hər bir xidmət təminatçısının və ya coğrafi ərazinin güclü və zəif tərəfləri haqqında fikir əldə edə bilərlər.

Qiymətləndirmədə istifadə olunan metodologiyanın başa düşülməsi müqayisəli təhlilin nəticələrini düzgün şərh etmək üçün çox vacibdir.

Müqayisəli təhlil müxtəlif xidmət təminatçıları və ya coğrafi regionlar üzrə əsas performans göstəricilərinin müqayisəsini əhatə edir. Şəbəkənin əhatə dairəsi, zənglərin buraxılma sürəti, məlumat sürəti və etibarlılıq kimi göstəricilər bərabərsizlikləri və meylləri müəyyən etmək üçün müqayisə edilir. Bu müqayisə maraqlı tərəflərə müxtəlif kontekstlərdə mobil rabitə xidmətlərinin ümumi performansını və keyfiyyətini qiymətləndirməyə imkan verir.

Mobil rabitə xidmətinin keyfiyyətində regional fərqlərin araşdırılması müxtəlif sahələr üzrə performans fərqlərini başa düşmək üçün vacibdir. Qiymətləndirmə nəticələrini şəhər və kənd yerləri arasında və ya müxtəlif əhali sıxlığına malik regionlar arasında müqayisə etməklə, təhlil şəbəkə əhatə dairəsi, xidmət əlçatanlığı və müştəri təcrübəsində fərqləri vurğulaya bilər. Bu

bərabərsizliklərin başa düşülməsi bərabərsizliklərin aradan qaldırılması və telekommunikasiya xidmətlərinə çıxışın yaxşılaşdırılması üçün çox vacibdir.

Eyni bazarda fəaliyyət göstərən bir neçə xidmət təminatçısının müqayisəsi onların fəaliyyətinin və rəqabət qabiliyyətinin hərtərəfli qiymətləndirilməsinə imkan verir. Bu müqayisə şəbəkə etibarlılığı, zəng keyfiyyəti, məlumat sürəti, qiymət strukturları və müştəri məmnuniyyəti səviyyələri kimi KPI-lərin qiymətləndirilməsini əhatə edir. Xidmət təminatçılarını bir-biri ilə müqayisə edərək, təhlil bazar dinamikası və operatorun performansı ilə bağlı fikirlər təklif edir, istehlakçı seçimi və tənzimləyici qərarlar haqqında məlumat verir.

Qiymətləndirmə nəticələrinin müqayisəli təhlili vasitəsilə mobil rabitə xidmətlərinin dinamikası haqqında dəyərli fikirlər verən tendensiyalar və nümunələr müəyyən edilə bilər. Bu bölmə müxtəlif regionlar və ya xidmət təminatçıları arasında müşahidə olunan hər hansı ardıcıl tendensiyaları araşdırır. Məsələn, o, zamanla məlumat sürətindəki təkmilləşdirmələri və ya pik istifadə saatlarında xidmət keyfiyyətindəki dəyişiklikləri vurğulaya bilər. Bu tendensiyaları başa düşmək maraqlı tərəflərə gələcək inkişafı qabaqcadan görməyə və strateji müdaxilələri buna uyğun planlaşdırmağa imkan verir.

Müqayisəli təhlil nəticələrinin mobil rabitə xidmətlərinin istehlakçıları üçün əhəmiyyətli təsiri var. Fərqli xidmət təminatçıları və ya regionlar arasında xidmət keyfiyyəti və qiymət dəyişiklikləri istehlakçı seçiminə, məmnunluq səviyyələrinə və ümumi istifadəçi təcrübəsinə təsir edə bilər. Bu bölmə bu fərqlərin istehlakçı davranışına və qərar qəbul etmə proseslərinə necə təsir edə biləcəyini araşdırır. Bundan əlavə, o, rəqəmsal daxilolma və cəmiyyətin bütün seqmentləri üçün telekommunikasiya xidmətlərinə çıxış üçün xidmət keyfiyyətində regional bərabərsizliklərin təsirlərini araşdırır. [Bxovski.M.(2013)].

Müqayisəli təhlildən əldə edilən fikirlərə əsaslanaraq, bu bölmə xidmət təminatçıları, tənzimləyicilər və siyasətçilər də daxil olmaqla müxtəlif maraqlı

tərəflər üçün strateji tövsiyələr təklif edir. Tövsiyələrə müəyyən edilmiş zəif cəhətləri aradan qaldırmaq, xidmət keyfiyyətini artırmaq, xidmət göstərilməyən ərazilərdə şəbəkə əhatəsini yaxşılaşdırmaq və telekommunikasiya bazarında sağlam rəqabəti təşviq etmək üçün tədbirlər daxil ola bilər. Bu tövsiyələr istehlakçıların ehtiyaclarını ödəmək və ümumi xidmət göstərilməsini təkmilləşdirmək üçün hədəflənmiş strategiyaların hazırlanmasında maraqlı tərəflərə rəhbərlik etmək məqsədi daşıyır.

Müqayisəli təhlilin nəticələri telekommunikasiya sektorunda tənzimləyicilər və siyasətçilər üçün də mühüm siyasət nəticələrinə malikdir. Mobil rabitə xidmətlərinin performansını və keyfiyyətini başa düşməklə, siyasətçilər tənzimləyici çərçivələr, spektrlərin bölüşdürülməsi, lisenziya tələbləri və istehlakçıların müdafiəsi tədbirləri ilə bağlı əsaslandırılmış qərarlar qəbul edə bilərlər.

Yekun olaraq, qiymətləndirmə nəticələrinin müqayisəli təhlilindən əldə edilən anlayışlar və nəticələr mobil rabitə ekosistemində maraqlı tərəflər üçün dəyərli təlimatlar verir. Maraqlı tərəflər tendensiyaları başa düşmək, istehlakçı ehtiyaclarını ödəmək və məqsədyönlü müdaxilələri həyata keçirməklə xidmət keyfiyyətinin artırılması, rəqabətin təşviq edilməsi və bütün vətəndaşlar üçün telekommunikasiya xidmətlərinə bərabər çıxışın təmin edilməsi istiqamətində işləyə bilərlər. Sənaye oyunçuları, tənzimləyicilər və siyasətçilər arasında əməkdaşlıq bu məqsədləri həyata keçirmək və mobil rabitə sektoru və bütövlükdə cəmiyyət üçün müsbət nəticələr əldə etmək üçün vacibdir.

3.3. Azərbaycan əhalisinin mobil rabitə xidmətləri və simsiz mobil internetlə təminatının qiymətləndirilməsi

Şərqi Avropa və Qərbi Asiyanın qovşağında yerləşən Azərbaycan telekommunikasiya sahəsində, xüsusən də mobil rabitə xidmətləri və simsiz mobil internetin təmin edilməsində sürətli irəliləyişlər əldə etmişdir. Bu qiymətləndirmənin məqsədi bu xidmətlərin Azərbaycan əhalisi üçün əlçatanlığını, keyfiyyətini və əlçatanlığını qiymətləndirməkdir.

Qiymətləndirmə Azərbaycanın müxtəlif regionlarında mobil rabitə xidmətlərinin əlçatanlığının araşdırılması ilə başlayır. O, əsas mobil operatorlar tərəfindən təmin edilən şəbəkə əhatə dairəsini təhlil edir, əsas diqqəti şəhər mərkəzləri, kənd yerləri və ucqar rayonlara yönəldir. Qiymətləndirmə, həmçinin əhalinin geniş təbəqəsinin mobil rabitə xidmətlərindən istifadə edə bilməsini təmin edərək, mobil telefon cihazlarının mövcudluğunu və xidmət planlarının əlverişliliyini nəzərə alır.

Sonra, qiymətləndirmə mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətini zəng keyfiyyəti, şəbəkənin etibarlılığı, məlumatların sürəti və müştəri məmnunluğu baxımından qiymətləndirir. O, Azərbaycandakı mobil şəbəkələrin ümumi fəaliyyətini qiymətləndirmək üçün zənglərin düşmə sürəti, siqnal gücü və məlumat ötürmə qabiliyyəti kimi əsas performans göstəricilərini (KPI) araşdırır. İstifadəçi təcrübələrini başa düşmək və təkmilləşdirilməli sahələri müəyyən etmək üçün müştəri sorğuları və rəylər də birləşdirilmişdir.

Qiymətləndirmə daha sonra Azərbaycanda simsiz mobil internet xidmətlərinin göstərilməsinə yönəlib. O, 3G, 4G LTE və yeni yaranan 5G texnologiyaları kimi amilləri nəzərə alaraq, mobil internet bağlantısının mövcudluğunu və sürətini qiymətləndirir. Bundan əlavə, qiymətləndirmə şəhər və kənd yerlərində simsiz internet xidmətlərinin əhatə dairəsini araşdırır, sakinlərin məzmununa baxmaq, yayımlamaq və yükləmək üçün yüksək sürətli internetə çıxışı olub-olmadığını qiymətləndirir.

Qiymətləndirmə zamanı Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin və simsiz mobil internetin təmin edilməsində çətinliklərə və imkanlara diqqət yetirilir. Çətinliklərə infrastruktur məhdudiyyətləri, tənzimləyici maneələr və istehlakçılar üçün əlçatanlıq problemləri daxil ola bilər. Əksinə, imkanlar texnoloji irəliləyişlərdən, mobil operatorlar arasında artan rəqabətdən və hökumətin telekommunikasiya infrastrukturunu genişləndirmək təşəbbüslərindən yarana bilər.

Qiymətləndirmənin nəticələrinə əsasən, Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin və simsiz mobil internetin təmin edilməsini gücləndirmək üçün siyasət tövsiyələri təklif olunur. Təvsiyələrə kənd yerlərində şəbəkə əhatəsinin yaxşılaşdırılması, telekommunikasiya infrastrukturuna investisiyaların təşviqi, istehlakçılar üçün əlçatanlıq problemlərinin həlli və ədalətli rəqabətin və istehlakçıların müdafiəsinin təmin edilməsi üçün tənzimləyici çərçivələrin gücləndirilməsi üzrə tədbirlər daxil ola bilər.

Yekun olaraq qeyd edək ki, Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin və simsiz mobil internet təminatının qiymətləndirilməsi ölkədə telekommunikasiyanın mövcud vəziyyəti haqqında dəyərli fikirlər verir. Maraqlı tərəflər güclü, zəif tərəfləri, imkanları və çətinlikləri müəyyən etməklə, Azərbaycan əhalisi üçün mobil xidmətlərin əlçatanlığını, keyfiyyətini və əlçatanlığını yaxşılaşdırmaq üçün məqsədyönlü strategiyalar hazırlaya, nəticədə rəqəmsal inklüzivliyi və sosial-iqtisadi inkişafı təşviq edə bilərlər. [Popovski, P.2018].

3.4. Azərbaycanda mobil şəbəkələrin inkişaf dinamikasının təhlili və qiymətləndirilməsi

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin təkamülü texnoloji tərəqqi və infrastrukturun inkişafı səyahətini əks etdirir. İlk yarandığı gündən bu günə qədər ölkə telekommunikasiya sahəsində mühüm irəliləyişlərin şahidi olub, vətəndaşlarının dünya ilə ünsiyyət və qarşılıqlı əlaqə tərzini dəyişdirib. Azərbaycanda mobil şəbəkələrin yaranmasını 1990-cı illərin əvvəllərinə, ölkənin Sovet İttifaqından müstəqillik əldə etməsindən sonra müşahidə etmək olar. Bu keçid dövründə Azərbaycan əhalisinin artan tələbatını ödəmək üçün telekommunikasiya infrastrukturunu modernləşdirmək missiyasına başlamışdır. Mobil telefoniyanın tətbiqi vətəndaşlara ilk dəfə simsiz rabitədən istifadə imkanı verən mühüm mərhələ oldu. 1990-cı illərin ortalarında ölkə telekommunikasiyada yeni eranın başlanğıcından xəbər verən ilk mobil şəbəkənin yaradılmasının şahidi oldu.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin inkişafının asanlaşdırılmasında əlverişli tənzimləyici baza mühüm rol oynamışdır. Telekommunikasiya sektorunun liberallaşdırılmasına və rəqabətin təşviqinə yönəlmiş tənzimləyici islahatlar özəl sektorun investisiya və innovasiyalarına yol açdı. Hökumətin siyasəti sağlam rəqabəti təşviq edərək, şəbəkə əhatə dairəsi və xidmət keyfiyyətində irəliləyişlərə təkan verən çoxsaylı mobil operatorların daxil olmasını təşviq etdi. Tənzimləyici mühit ölkə daxilində mobil şəbəkələrin genişləndirilməsi və modernləşdirilməsi üçün lazımi stimullar və təlimatlar təmin etdi.

Texnoloji tərəqqi Azərbaycanda mobil şəbəkələrin təkamülündə mühüm rol oynamışdır. Analoq texnologiyadan rəqəmsal texnologiyaya keçid səs keyfiyyətini, şəbəkə etibarlılığını və əhatə dairəsini yaxşılaşdırmağa imkan verən əhəmiyyətli bir irəliləyiş oldu. İkinci nəsil (2G) GSM texnologiyasının tətbiqi səsli zənglər və mətn mesajları kimi əsas mobil xidmətlərin əsasını qoydu. Üçüncü nəsil (3G) və dördüncü nəsil (4G LTE) şəbəkələrinin tətbiqi də daxil olmaqla sonrakı irəliləyişlər istehlakçılara yüksək sürətli məlumat bağlantısı və təkmilləşdirilmiş mobil internet imkanları gətirdi.

İnfrastrukturun inkişafı Azərbaycanda mobil şəbəkələrin tarixi inkişafının təməl daşı olmuşdur. Geniş əhatə dairəsini və etibarlı xidmət göstərilməsini təmin etmək üçün şəbəkə infrastrukturunun qurulmasına və genişləndirilməsinə əhəmiyyətli investisiyalar qoyulmuşdur. Mobil operatorlar kənd və ucqar ərazilərə şəbəkə əhatəsini genişləndirmək üçün yeni baza stansiyalarının, qüllələrin və ötürmə qurğularının yerləşdirilməsinə sərmayə qoyublar. Bu infrastruktur sərmayələri rəqəmsal uçurumun aradan qaldırılmasında və bütün vətəndaşların mobil telekommunikasiya xidmətlərinə çıxışının təmin edilməsində mühüm rol oynamışdır.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin tarixi inkişafı ölkənin texnoloji tərəqqini qəbul etmək və vətəndaşları üçün əlaqəni yaxşılaşdırmaq öhdəliyini vurğulayır. Mobil telefoniyanın ilk günlərindən qabaqcıl 4G LTE şəbəkələrinin tətbiqinə qədər Azərbaycan davamlı olaraq telekommunikasiya infrastrukturunu təkmilləşdirməyə və əhalisinin inkişaf edən ehtiyaclarını ödəməyə çalışır. Gələcəyə nəzər salsaq, ölkə mobil telekommunikasiya sektorunda gələcək innovasiyalara və böyüməyə yol açaraq 5G kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyaları qəbul etməyə hazırdır.

Azərbaycan son bir neçə onillikdə mobil şəbəkələrinin nəzərəcarpacaq dərəcədə genişlənməsinin və modernləşdirilməsinin şahidi olub. Bu transformasiya texnoloji irəliləyişlər, infrastruktur sərmayələri və tənzimləmə islahatları ilə idarə olunub və ölkə daxilində təkmilləşdirilmiş əlaqə, təkmil xidmətlər və daha çox rəqəmsal inklüzivliyə gətirib çıxarıb.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin genişləndirilməsi və modernləşdirilməsinin əsas amillərindən biri telekommunikasiya texnologiyalarının davamlı təkamülü olmuşdur. Analog şəbəkələrdən rəqəmsal şəbəkələrə keçid təkmilləşdirilmiş səs keyfiyyətinin, artan tutumun və əhatə dairəsinin yaxşılaşdırılmasının əsasını qoydu. İkinci nəsil (2G) GSM texnologiyasının tətbiqi kimi sonrakı irəliləyişlər

səsli zənglər və mətn mesajları kimi əsas mobil xidmətlərin daha geniş auditoriyaya çatmasını təmin etdi. Üçüncü nəsil (3G) və dördüncü nəsil (4G LTE) şəbəkələrinin tətbiqi modernləşmə sürətini daha da sürətləndirdi, yüksək sürətli məlumat bağlantısını təmin etdi və mobil internetə baxış, video axını və mobil tətbiqlər kimi qabaqcıl xidmətlərə imkan verdi.

Şəbəkə infrastrukturuna qoyulan əhəmiyyətli investisiyalar Azərbaycanda mobil şəbəkələrin genişləndirilməsi və modernləşdirilməsində mühüm rol oynayıb. Mobil operatorlar şəbəkənin əhatə dairəsini təmin olunmayan ərazilərə çatdırmaq və şəhər mərkəzlərində xidmət keyfiyyətini artırmaq üçün yeni baza stansiyalarının, qüllələrin və ötürücü qurğuların yerləşdirilməsinə sərmayə qoyublar. Bu infrastruktur investisiyaları nəinki istehlakçılar üçün əlaqəni yaxşılaşdırdı, həm də iqtisadiyyatın müxtəlif sektorlarında iqtisadi artımı, sahibkarlığı və innovasiyaları dəstəklədi.

Hökumətin təşəbbüsləri və tənzimləyici islahatlar Azərbaycanda mobil şəbəkələrin genişləndirilməsi və modernləşdirilməsinin asanlaşdırılmasında mühüm rol oynamışdır. Rəqabətin təşviqinə, investisiyaların təşviqinə və tənzimləyici müəyyənliyin təmin edilməsinə yönəlmiş siyasət mobil operatorlar üçün yeni texnologiyalar tətbiq etmək və şəbəkələrini genişləndirmək üçün əlverişli mühit yaratmışdır. Tənzimləyici orqanlar spektrin səmərəli şəkildə bölüşdürülməsi, lisenziyalaşdırma prosedurlarının sadələşdirilməsi və xidmət standartlarının keyfiyyətinin təmin edilməsi, bununla da rəqabətli bazar mühitinin gücləndirilməsi və ümumi istifadəçi təcrübəsinin artırılması üçün sənayenin maraqlı tərəfləri ilə sıx əməkdaşlıq etmişlər.

Mobil operatorlar, texnologiya təchizatçıları və dövlət qurumları arasında tərəfdaşlıq və əməkdaşlıq Azərbaycanın mobil telekommunikasiya sektorunda innovasiyaların və tərəqqinin əsas hərəkətverici qüvvəsi olmuşdur. Mobil operatorlar ən müasir infrastrukturunu yerləşdirmək və qabaqcıl texnologiyalardan

istifadə etmək üçün beynəlxalq təchizatçılarla strateji tərəfdaşlıq qurmuşlar. Əlavə olaraq, şəbəkənin əhatə dairəsinin kənd yerlərini genişləndirmək və şəbəkə dayanıqlığını və etibarlılığını artırmaq üçün innovativ həlləri tətbiq etmək kimi xüsusi problemləri həll etmək üçün dövlət-özəl tərəfdaşlıqlar yaradılmışdır.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin genişləndirilməsi və modernləşdirilməsi sosial-iqtisadi inkişafın sürətləndirilməsində, icmaların səlahiyyətlərinin artırılmasında və rəqəmsal inklüzivliyin təşviqində mühüm rol oynamışdır. Texnoloji irəliləyişlər, infrastruktur sərmayələri, hökumət təşəbbüsləri və birgə səylər vasitəsilə Azərbaycan əhalisinin artan tələblərinə cavab verən və ölkənin rəqəmsal transformasiya və iqtisadi artım istəklərini dəstəkləyən möhkəm və dayanıqlı mobil telekommunikasiya infrastrukturunu yaradıb. Gələcəyə baxsaq, şəbəkə infrastrukturuna davamlı investisiyalar, 5G kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyaların mənimsənilməsi və tənzimləmənin mükəmməlliyinə sadıqlıq tərəqqinin sürətini saxlamaq və bütün vətəndaşların yüksək keyfiyyətli mobil xidmətlərə çıxışını təmin etmək üçün vacib olacaq.

Mövcud mənzərəyə görə, Azərbaycanda mobil şəbəkələr həm şəhər mərkəzlərinə, həm də kənd yerlərinə çatmaqla geniş əhatə dairəsinə nail olub. Bakı, Gəncə və Sumqayıt kimi iri şəhərlər güclü şəbəkə infrastrukturuna malikdir, şəhər sakinlərinə yüksək sürətli əlaqə və qabaqcıl xidmətlər təqdim edir. Bundan əlavə, əhatə dairəsini ucqar regionlara genişləndirmək üçün səylər göstərilib, hətta ən zəif xidmət göstərən icmaların da mobil telekommunikasiyaya çıxışı təmin edilib.

Azərbaycanın mobil şəbəkələri 4G LTE kimi qabaqcıl texnologiyaları mənimsəyib, sürətli məlumat sürəti, aşağı gecikmə müddəti və abunəçilərə etibarlı əlaqə təklif edir. Bu, mobil internetdən istifadənin yayılmasını asanlaşdıraraq, istifadəçilərə mobil cihazlarında axın, oyun və sosial media daxil olmaqla, geniş çeşiddə onlayn xidmətlərə daxil olmaq imkanı verib.

Azərbaycanın mobil telekommunikasiya bazarı çoxsaylı operatorlar arasında gərgin rəqabətlə xarakterizə olunur. Bu rəqabətli mənərə şəbəkə infrastrukturuna innovasiya və sərmayə qoyaraq xidmət keyfiyyətinin yaxşılaşmasına, əhatə dairəsinin genişlənməsinə və müştəri təkliflərinin artmasına səbəb olub. Mobil operatorlar əlavə dəyərli xidmətlər, sərfəli qiymət planları və üstün müştəri dəstəyi vasitəsilə daim fərqlənməyə çalışırlar.

Azərbaycanda rəqəmsal inklüziyanın təşviqi və rəqəmsal uçurumun aradan qaldırılması istiqamətində səylər davam etdirilir. Hökumətin təşəbbüsləri mobil operatorlar və digər maraqlı tərəflərlə əməkdaşlıq edərək, coğrafi mövqeyindən və sosial-iqtisadi vəziyyətindən asılı olmayaraq bütün vətəndaşlar üçün mobil telekommunikasiya xidmətlərinə əlverişli çıxışı təmin etmək məqsədi daşıyır. Bu təşəbbüslər şəbəkənin əhatə dairəsinin genişləndirilməsinə, xidmət xərclərinin azaldılmasına və az xidmət göstərən icmalar arasında rəqəmsal savadlılığın təşviqinə yönəlib.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin gələcəyi beşinci nəsil (5G) texnologiyasının tətbiqi ilə daha da irəliləməyə hazırdır. 5G innovasiya və rəqəmsal transformasiya üçün yeni imkanlar açaraq, ultra sürətli sürət, ultra aşağı gecikmə və kütləvi əlaqə ilə mobil rabitədə inqilab etməyi vəd edir. Mobil operatorlar təkmil mobil genişzolaqlı internet, immersiv təcrübə və Əşyaların İnterneti (IoT) üçün zəmin qoyan 5G şəbəkələrini təqdim etməyə hazırlaşır.

Azərbaycanın gələcəyə baxışı qabaqcıl mobil şəbəkələr və rəqəmsal texnologiyalarla təchiz edilmiş ağıllı şəhərlərin inkişafını əhatə edir. Ağıllı şəhər təşəbbüsləri şəhər infrastrukturunu optimallaşdırmaq, ictimai xidmətləri təkmilləşdirmək və sakinlər üçün həyat keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün mobil əlaqə, IoT cihazları və məlumat analitikasından istifadə edir. Bu təşəbbüslər Azərbaycanın şəhər mərkəzlərini innovasiya və davamlılıq mərkəzlərinə

çevirərək, ağıllı nəqliyyat, enerji idarəçiliyi, səhiyyə və ictimai təhlükəsizliyi əhatə edir.

Mobil şəbəkələr təkamül etməyə davam etdikcə davamlılıq və dayanıqlılığa diqqət artır. Mobil operatorlar ətraf mühitə təsirini minimuma endirmək və iqlim fəaliyyətinə töhfə vermək üçün ekoloji cəhətdən təmiz infrastruktura, bərpa olunan enerji mənbələrinə və enerjiyə qənaət edən texnologiyalara sərmayə qoyurlar. Bundan əlavə, şəbəkənin dayanıqlılığını və kibertəhlükəsizliyini artırmaq, mobil rabitəni yaranan təhdidlərdən qorumaq və çağırışlar qarşısında xidmətin fasiləsiz çatdırılmasını təmin etmək üçün səylər davam etdirilir.

Azərbaycanda mobil şəbəkələrin hazırkı mənzərəsi və gələcək dünyagörüşü tərəqqi, innovasiya və imkanların mənzərəsini yaradır. Genişlənən əhatə dairəsi, qabaqcıl texnologiyalar və rəqəmsal inklüzivliyə sadıqlığı ilə Azərbaycan mobil telekommunikasiyanın transformasiya gücündən öz vətəndaşlarının və iqtisadiyyatının rifahı üçün istifadə etmək üçün yaxşı mövqeyə malikdir. Ölkə 5G texnologiyasını mənimsədiyi və ağıllı şəhər təşəbbüslərinə başlayacağı bir vaxtda mobil şəbəkələr dayanıqlı inkişafın sürətləndirilməsində, innovasiyaların təşviqində və Azərbaycanın rəqəmsal iqtisadiyyatının gələcəyinin formalaşdırılmasında mərkəzi rol oynayacaq. [A.Xoxlaçev.(2009)].

NƏTİCƏ

Mövcud tədqiqatda Azərbaycanda rabitə keyfiyyətinin təmin edilməsi və radiotezlik spektrindən səmərəli istifadənin kritik aspektlərini araşdırdıq. Göstərilən fəsillərin təfərrüatlı tədqiqi nəticəsində mobil rabitə şəbəkələri və spektrin idarə edilməsi ilə bağlı problemlər, metodologiyalar və imkanlar haqqında dəyərli fikirlər əldə etdik.

I Fəsil rabitə keyfiyyətinin təminatının və radiotezlik spektrindən səmərəli istifadənin aktuallığını araşdırdı. Biz spektrin effektivliyinin qiymətləndirilməsi, elektromaqnit uyğunluğunun hesablanması və elektromaqnit uyğunluğu təhlili üçün proqram sistemlərinin nəzərdən keçirilməsi üsullarını araşdırdıq. Bundan əlavə, biz radio yayılma itkilərini və elektromaqnit sahəsinin gücünü proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunan modelləri təsvir etdik. Bu müzakirələr etibarlı rabitə xidmətlərinin təmin edilməsi və spektrdən istifadənin optimallaşdırılması üçün möhkəm metodologiya və vasitələrin vacibliyini vurğuladı.

II Fəsil Azərbaycanda radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi və artırılması üsullarına diqqət yetirmişdir. Biz relyefin təhlili üçün uzaqdan zondlama məlumatlarından istifadə, radioelektron avadanlıqlar üçün yerin dəqiqliyi tələblərinin qiymətləndirilməsi və Azərbaycanda radiotezlik spektrinin idarə edilməsi sisteminin aspektlərinin təhlili kimi innovativ yanaşmaları araşdırdıq. Bundan əlavə, biz texnoloji rabitə sistemləri tərəfindən radiotezlik resursundan istifadənin səmərəliliyini qiymətləndirdik və şüalanın gücün müəyyən edilməsi üçün ECC CEPT tövsiyələrinin tətbiqini müzakirə etdik. Bu anlayışlar spektrin idarə edilməsi təcrübələri və səmərəliliyin artırılması imkanları haqqında hərtərəfli anlayışı təmin etdi.

III Fəsil Azərbaycanda mobil rabitə xidmətlərinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinə həsr edilmişdir. Biz mobil rabitə xidmətlərinin hərtərəfli qiymətləndirilməsini, o cümlədən keyfiyyət göstəricilərinin müqayisəli təhlilini və əhaliyə xidmətin göstərilməsinin qiymətləndirilməsini apardıq. Bundan əlavə, biz mobil şəbəkələrin inkişaf dinamikasını təhlil edərək, telekommunikasiya sektorundakı tendensiyaları, çağırışları və imkanları işıqlandırdıq. Bu qiymətləndirmələr xidmətin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq, əhatə dairəsini artırmaq və mobil istifadəçilərin inkişaf edən ehtiyaclarını ödəmək üçün maraqlı tərəflər üçün dəyərli fikirlər təqdim edib.

Nəticə olaraq, bu tədqiqat Azərbaycanın mobil telekommunikasiya sektorunda rabitə keyfiyyətinin və spektrin səmərəliliyinin optimallaşdırılması istiqamətində aparılan davamlı səylərə töhfə verir. Maraqlı tərəflər innovativ metodologiyalardan, texnologiyalardan və tənzimləyici çərçivələrdən istifadə etməklə etibarlı və əlçatan mobil rabitə xidmətlərini təmin etməklə yanaşı, radiotezlik spektrindən səmərəli istifadəni maksimum dərəcədə artırmağa bilirlər. İrəliləmək, davamlı tədqiqatlar, əməkdaşlıq və investisiyalar ortaya çıxan problemləri həll etmək və mobil rabitə sahəsində gələcək irəliləyiş üçün imkanlardan istifadə etmək üçün vacib olacaq.

İSTİFADƏ EDİLMİŞ ƏDƏBİYYAT

- **Rappaport, T. S. (2002).** *Wireless Communications: Principles and Practice*. Prentice Hall.
- **Andrews, J. G., Buzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C., & Zhang, J. C. (2014).** What will 5G be? *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(6), 1065-1082.
- **Mitola, J., & Maguire, G. Q. (1999).** **Cognitive radio:** Making software radios more personal. *IEEE Personal Communications*, 6(4), 13-18.
- **Zhang, N., Zhang, S., & Yang, P. (2016).** Software defined networking enabled wireless network virtualization: Challenges and solutions. *IEEE Network*, 30(4), 42-49.
- **Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2020–2025.** Cisco Systems.
- **Goldsmith, A., Jafar, S. A., Maric, I., & Srinivasa, S. (2009).** Breaking spectrum gridlock with cognitive radios: An information theoretic perspective. In *IEEE International Conference on Communications* (pp. 1-6).
- **Popovski, P., Trillingsgaard, K. F., Simeone, O., & Durisi, G. (2018).** 5G wireless network slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A communication-theoretic view. In *IEEE Global Communications Conference* (pp. 1-6).
- **ITU-R M.2083-0 (2015).** *IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*.
- **3GPP TS 38.300.** *NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage-2 (Release 15).
- **Ericsson (2021).** *Ericsson Mobility Report
- **Qualcomm (2020).** *The 5G Economy: How 5G technology will contribute to the global economy

- **FCC. *Spectrum Management***. Retrieved from [FCC Website] (<https://www.fcc.gov/about-fcc/fcc-initiatives/spectrum-management>)
- <https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=7bf3592e6d750144e58d9dcfac6adfab&download>
- **Sənaye statistikas** // Rusiya Federasiyasının Rabitə və Kütləvi İnformasiya Vasitələri Nazirliyinin rəsmi saytı. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/activity/statistic/statistika-otrasli> (giriş tarixi: 12/01/2018).
- **Rusiya Federasiyasında rabitə keyfiyyətinin idarə edilməsi konsepsiyası (layihə)** // Rusiya Federasiyası Telekommunikasiya və Kütləvi Rabitə Nazirliyinin rəsmi saytı. URL: <http://minsvyaz.ru/ru/documents/4668> (giriş tarixi: 12/01/2016).
- **2016-cı ilin 3-cü rübü üçün GSM/UMTS şəbəkələrində sürücü sınaqlarının nəticələri** // BELÇİKA Telekommunikasiyaya Nəzarət üzrə Respublika Unitar Müəssisəsinin rəsmi saytı. URL: <http://belgie.by/ru/reports> (giriş tarixi: 12/01/2016).
- **Volodina E.E. Radiotezlik spektrindən istifadənin dövlət idarəçiliyinin iqtisadi və metodoloji problemləri.** Müasir Rusiyanın iqtisadiyyat elmi, 2016 No 3 (74). S.124-135.
- **Kotov V.I. Radiotezlik resurslarından istifadənin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinə inteqrasiya olunmuş yanaşma.** Sankt-Peterburq Dövlət Universitetinin Elmi və Texniki Jurnalı, 2010, No5, səh.63-67.
- **Bıxovski M.A. Rabitə və yayım sistemlərində radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyinin artırılmasının əsasları.** Elmi məruzə şəklində texnika elmləri doktoru alimlik dərəcəsi almaq üçün dissertasiya, 2003, Moskva, 121 s
- **Radiotezlik spektrinin idarə edilməsi və radiosistemlərin elektromaqnit uyğunluğu.** Maarifləndirici müavinət / Ed. Texnika elmləri

doktoru, prof. M.A. Bıxovski. -M.: Eko-Trends, 2006. - 376 s.: ill. Buzov A.L., Bıxovski M.A., Vasekho N.V.

- **Bıxovski M.A. Televiziya və radio yayımında sinxron şəbəkələrdən istifadə zamanı radiotezlik tezliklərindən istifadənin səmərəliliyinin artırılması.** T-comm, 2013, No 9, 3438.
- **Bıxovski M.A. CDMA mobil mobil şəbəkələrində radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyini artırmaq üçün bir üsul.** Mobil televiziya sistemləri. Mart 2006. səh. 38-44.
- **V.V. Nozdrin, V.V. Makarov. Rəqəmsal iqtisadiyyatın inkişafı şəraitində radiotezlik spektrindən istifadənin iqtisadi səmərəliliyi.** İqtisadiyyat Elmləri. 11-ci cild, No 5, 2018. səh.22-37.
- **V.A. Vişnyakov, A.V. Tabankov. Belarus Respublikasında radiotezlik spektrindən istifadə zamanı səmərəliliyin informasiya idarə edilməsi.** Sistem təhlili və tətbiqi informatika. 2014. № 1-3. səh. 29-33.
- **E.E. Volodina, E.E. Devyatkin. Radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyini artırmaq üçün inzibati və hüquqi tədbirlər.** Rabitə sistemlərinin iqtisadiyyatı və keyfiyyəti. 2016. № 1. səh. 30-35.
- **N.A. Xoxlaçev. Geostasion stasionar peyk xidməti sistemlərinin operatorları tərəfindən haqların və radiotezlik spektrindən istifadənin səmərəliliyinin əsaslandırılması üçün aparatın hazırlanması.** İqtisad elmləri namizədi alimlik dərəcəsi almaq üçün dissertasiya. 2009. Moskva.