

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

OLMASOV AXMAD ASADOVICH

**ULTRA YUQORI CHASTOTA DIAPAZONIDA RADIOMONITORING
SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING MODEL I VA ALGORITMI**

**05.04.02 – Radiotexnika, radionavigatsiya, radiolokatsiya va televideniye tizimlari va
qurilmalari. Mobil, tolaoptik aloqa tizimlari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent–2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

**Contents of dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Olmasov Axmad Asadovich

Ultra yuqori chastota diapazonida radiomonitoring samaradorligini oshirishning modeli va algoritmi3

Олмасов Ахмад Асадович

Модель и алгоритм повышения эффективности радиомониторинга в ультра высокочастотном диапазоне21

Olmasov Akhmad Asadovich

Model and algorithm for increasing the efficiency of radio monitoring in the ultra-high frequency range.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

OLMASOV AXMAD ASADOVICH

**ULTRA YUQORI CHASTOTA DIAPAZONIDA RADIOMONITORING
SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING MODEL I VA ALGORITMI**

**05.04.02 – Radiotexnika, radionavigatsiya, radiolokatsiya va televidenie tizimlari va
qurilmalari. Mobil, tolaoptik aloqa tizimlari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent–2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestasiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4895 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (reziyumi)) Ilmiy kengash web sahifasida (www.tuit.uz) va "ZiyoNet" axborot-talim portalida (www.ziynet.uz) joylangan.

Ilmiy rahbar:	Mirzoqulov Hotam Baxtiyor o'g'li texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent
Rasmiy opponentlar:	Alimova Nodira Batirdjanovna texnika fanlari doktori, professor Shaxobiddinov Alisher Shopatxiddinovich texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent
Yetakchi tashkilot:	Harbiy xavfsizlik va mudofaa universitetining Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va aloqa harbiy instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.02 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil "1" noyabr soat 11³⁰ daqi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 1000804, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-15; e-mail: info@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (375-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-15).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "21" oktabrda tarqatildi.
(2025 yil "21" oktabrdagi 13-raqamli registr bayonnomasi)

B.Sh.Maxkamov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

M.S.Saitkamolov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent

D.A.Davronbekov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi anotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda ultra yuqori chastota (UHF) diapazonida radiomonitoring jarayonini samarali tashkil etishda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash yetakchi o'rinlardan birini egallamoqda. "Verified Market Reports" ma'lumotlariga ko'ra, Shimoliy Amerikada 2023-yilda UHF diapazonidagi qurilmalar bozori hajmi 900 million AQSH dollarini tashkil etgan bo'lsa, 2032-yilga kelib u o'rtacha yillik 8,5 foiz ko'payish sur'ati bilan 1,9 milliard dollarga, Osiyo-Tinch okeani mintaqasida 2023-yilda 650 million dollarlik bozor yiliga 11,0 foiz ortish sur'ati bilan 1,7 milliard dollargacha o'sishi kutilmoqda¹. Shu jihatdan, UHF diapazonidagi bu qurilmalarning aniq va xatosiz ishlashini ta'minlashda radiomonitoring jarayonini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda zamonaviy radioaloqa tizimlari va mobil aloqa texnologiyalarida ultra yuqori hamda o'ta yuqori chastota diapazonlarida ma'lumot uzatishning kengayib borayotgan hajmi, uzatish tezligi va sifati, signal barqarorligi va shovqinlarga chidamlilik, ma'lumot uzatish jarayonini samarali tashkil etish usullarini ishlab chiqishga qaratilgan qator ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada muhitda tarqalayotgan katta hajmdagi, xalaqitlarga bardoshli kodlar bilan kodlangan signallarni aniqlash va tahlil qilish, yuqori samaradorlikka ega radiomonitoring tizimlarida signallarni aniqlash va tasniflash algoritmlarini ishlab chiqish hamda takomillashtirish, logoperiodik vibratorli antennalarni o'lchamlari va elektromagnit parametrlarini yaxshilash orqali ularning qamrovini, sezgirligini va chastota diapazonida ishlash samaradorligini oshirish, shuningdek, ushbu texnologiyalarni xalaqitlarga, tashqi muhit omillari va murakkab elektromagnit sharoitlarga nisbatan barqarorligini ta'minlash bo'yicha texnologiyalarga yo'nalishtirilgan ilmiy izlanishlarga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda radioaloqa va axborot texnologiyalari sohasini yanada takomillashtirish, mobil aloqa tizimlari qamrovini kengaytirish, ma'lumotlar uzatish tezligi va sifatini ta'minlaydigan tizimlarni rivojlantirish bo'yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasida "Iste'molchilarga televideniyani uzatish, yer usti televideniyani oshirish, kabel televideniyesi, IP-televideniye, ma'lumotlar uzatish tarmoqlari, mobil aloqa, Internet texnologiyalaridan foydalangan holda teleradioeshittirish, televideniyani va radio xizmatlarining barcha turlarini to'liq qamrab olgan holda raqamli oshirishni takomillashtirish"² bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, radiomonitoring tizimlarining qabul qiluvchi qurilmalari samaradorligini oshirishga asoslangan signallarni dekodlashning yangi algoritmlari, takomillashtirilgan antennaning modeli hamda ularni tatbiq etishning nazariy asoslari va amaliy yechimlarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

¹ <https://dataintel.com/report/global-ultra-high-frequency-uhf-receiver-market>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni.

Respublikamizda radioaloqa tarmoqlarining samarali ishlashini ta'minlash, radiochastota spektridan foydalanish, teleradioeshittirish va mobil aloqa xizmatlari sifatini oshirish maqsadida, O'zbekiston Respublikasining 2024-yil 27-dekabrda "Telekommunikatsiya to'g'risida"gi O'RQ-1015-son Qonuni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-maydagi "O'zbekiston Respublikasi aholi punktlarida telekommunikatsiya infratuzilmasini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-4939-sonli Qarori, 2020-yil 28-apreldagi "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-4699-son Qarori, shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 22-dekabrda "Radiochastota spektridan foydalanish sohasida ruxsat etish hamda radioelektron vositalar va yuqori chastotali qurilmalardan foydalanishni tartibga solish to'g'risida" 801-son Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. "Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish" yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Hozirgi vaqtda radiomonitoring samaradorligini oshirish usullari va modellarini ishlab chiqish, ularda ishlatiladigan algoritmlar va antennalarni yaratishning nazariy shuningdek amaliy asoslari bo'yicha ilmiy-tadqiqotlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta'lim muassasalarida, jumladan Stanford University (AQSH), Georgia Institute of Technology (AQSH), Harbin Engineering University (Xitoy), National University of Defense Technology (Xitoy), Yeungnam University (Koreya), Istanbul Aydin University (Turkiya), University of Toronto (Kanada), University of British Columbia (Kanada), Karlsruhe Institute of Technology (Germaniya), Dresden University of Technology (Germaniya), University of Cambridge (Buyuk Britaniya), Southampton University (Buyuk Britaniya), Sharif University of Technology (Eron), Artois University (Fransiya), Nihon University (Yaponiya), Amity University (Hindiston), V.F.Utkin nomidagi Ryazan davlat radiotexnika universiteti (Rossiya), Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti (O'zbekiston) va boshqalarda amalga oshirilmoqda.

Radiomonitoring samaradorligini oshirishda signallarni ishonchli qabul qilish algoritmlari va texnik parametrlari takomillashtirilgan logoperiodik vibratorli antennalarni yaratish, ularning o'ziga xos xususiyatlarini o'rganish va ularni ma'lumot uzatish jarayonida xalaqitbardosh kodlash usullari yordamida qo'llash muammolari jahon ilmiy adabiyotlarida keng yoritilgan. K.Rothammel (Germaniya), Yongqing Fu (Xitoy), Fang Ye (Xitoy), M.Pehlivan (Turkiya), Golshan Piroozzadeh (Turkiya), Reza Asvadi (Turkiya), D.N.Kiselev (Rossiya), O.Yu.Perfilov (Rossiya), S.J.Johnson (AQSH), A.M.Rembovskiy (Rossiya)lar va boshqa taniqli xorijiy olimlarning ilmiy ishlari ushbu yo'nalishga bag'ishlangan. Radiomonitoring hamda antennalarning radioaloqa sohasidagi qo'llanilishi bo'yicha A.M.Nazarov, T.G. Raximov, D.A.Davronbekov, B.N.Rahimov, Sh.U.Pulatov,

D.N.Likontsev, V.A.Gubenko, H.X.Madaminov, A.Sh.Shaxobiddinov, A.Hotamovlar va boshqalarning ilmiy ishlari bag‘ishlangan.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida radiomonitoring samaradorligini oshirish masalalarini yechishda salmoqli natijalarga erishilgan. Shu bilan birga radiomonitoring samaradorligini oshirishda signallarni ishonchli qabul qilish algoritmlari va texnik parametrlari takomillashgan kichik o‘lchamli logoperiodik vibratorli antennalar yaratish bilan bog‘liq ilmiy muammolar batafsil o‘rganilmagan.

Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq, IL-77-8023102181 sonli “Hududlar va iqtisodiyot tarmoqlari bo‘yicha yangi ilmiy ishlanmalar va texnologiyalarni qamrab olgan “Innovatsion g‘oyalar banki”ni yaratish” (2024-2025) amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Expectation Propagation (kutilmani tarqatish) algoritmi, Zero Padding (nol bilan to‘ldirish) usuli hamda takomillashtirilgan logoperiodik vibratorli antenna asosida ultra yuqori chastota diapazonida radiomonitoring samaradorligini oshirishning modeli va algoritmini yaratishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

radiomonitoring jarayonida qo‘llaniladigan signalni tanib olish usullari va zamonaviy logoperiodik vibratorli antennalar asosiy fizik parametrlarini tahlil qilish;

radiomonitoring jarayonida signallarni tanib olish aniqligini oshirish algoritmi va modelini tadqiq qilish;

keng chastota polosasi diapazonida ishlaydigan takomillashtirilgan logoperiodik vibratorli antennaning modelini ishlab chiqish;

yaratilgan logoperiodik vibratorli antennani amaliyotda qo‘llash orqali radiomonitoring jarayonining samaradorligini oshirish.

Tadqiqotning obyekti sifatida radiomonitoring amalga oshiriladigan raqamli televideniye va mobil aloqa tizimlari signallari olingan.

Tadqiqotning predmetini raqamli televideniye va mobil aloqa tizimlarida radiomonitoring samaradorligini signallarni tanib olish usuli va yangi turdagi logoperiodik vibratorli antenna qurilmasi tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida matematik modellashtirish, imitatsion modellashtirish, elektromagnit maydonlarni tahlil qilish hamda tajribaviy-tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

expectation propagation (EP) algoritmini radiomonitoringga tatbiq etish orqali uning sifat ko‘rsatkichi parametrlarini yaxshilovchi LDPC kodli MIMO-OFDM tizimining modeli signallarni tanib olish jarayonida Bayes teoremasi asosida takomillashtirilgan;

radiomonitoring jarayonida uzatilgan va qabul qilingan signallar o‘rtacha kvadratik xatolik koeffitsiyentini aniqlash darajasini oshiruvchi zero padding (ZP) usuli asosida SISO-OFDM tizimining modeli takomillashtirilgan;

ultra yuqori chastota diapazonidagi signallarni belgilangan parametrlarning qiymatlari asosida tanib olish uchun expectation propagation (EP) algoritmi, zero padding (ZP) usuli va logoperiodik vibratorli antennani o'zaro bog'lanishi hamda integratsiya tamoyili orqali radiomonitoring samaradorligini oshirish imkonini beruvchi algoritm taklif etilgan;

LPDAning ochilish burchagini aniqlovchi matematik modelga dipollar orasidagi masofa koeffitsiyentini kiritish orqali yo'nalish diagrammasi va kuchlanish bo'yicha turg'un to'lqin koeffitsiyenti parametrlari konfiguratsiyalanadigan antenaning takomillashtirilgan fizik modeli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

radiomonitoring jarayonida signallarni tanib olishda qo'llaniladigan EP algoritmi va ZP usuli uchun immitatsion modellar ishlab chiqilgan;

mobil aloqa tayanch stansiyalari chastota diapazonlaridagi radioxalaqitlarni aniqlash va ishlash samaradorligini oshirish uchun logoperiodik vibratorli antenna ishlab chiqilgan;

ishlash samaradorligi oshirilgan LPDAning parametrlarini hisoblash uchun dasturiy vosita ishlab chiqilgan;

radiomonitoring jarayoni ma'lumotlarini to'plash va tahlil qilish dasturi ishlab chiqilgan;

olis aholi yashash hududlarida televideniya xizmatini taqdim etish uchun o'rnatilgan kam quvvatli uzatgichlarning qabul qiluvchi antennasi o'rniga logoperiodik vibratorli antennani qo'llash orqali signal sathi yaxshilangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchiligi nazariy va amaliy natijalarning bir-biriga mos kelishi, tizimli tahlil, matematik statistika va elektromagnit nurlanish nazariyasi, umume'tirof etilgan mezonlar asosida olingan natijalarni qiyosiy solishtirish orqali izohlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati LDPC kodli MIMO-OFDM tizimida expectation propagation (EP) algoritmini, SISO-OFDM tizimlarida zero padding (ZP) usulini va T-fraktal tuzilishga ega ishlash samaradorligi oshirilgan logoperiodik vibratorli antennani qo'llash asosida radiomonitoring jarayoni aniqligini oshirish uchun model ishlab chiqilganligi bilan baholanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati EP algoritmi va ZP usuli asosida signallarni tanib olish jarayonining immitatsion modellari, logoperiodik vibratorli antennalarni yaratishda ishlatiladigan dasturiy vosita, simmetrik ikki qismli logoperiodik vibratorli antenaning namunasi, radiomonitoring jarayonida ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish dasturi, hamda ular asosida keng chastota diapazonida radiomonitoring jarayonining yaxshilanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Hisoblash qonuniyatlaridan eng maqbullarini tanlagan holda xalaqitbardosh signallarni dekodlash va yarim mavhum kanalni baholashni optimallashtirishning immitatsion modellarini ishlab chiqish, texnik parametrlari takomillashtirilgan logoperiodik vibratorli antennalarning matematik va real modelini yaratish hamda radiomonitoring jarayonining samaradorligini oshirish usullari va modellari bo'yicha olingan natijalar asosida:

LPDAning ochilish burchagini aniqlovchi matematik modelga dipollar orasidagi masofa koeffitsiyentini kiritish orqali yoʻnalish diagrammasi va kuchlanish boʻyicha turgʻun toʻlqin koeffitsiyenti parametrlari konfiguratsiyalanadigan antenaning takomillashtirilgan fizik modeli hamda expectation propagation (EP) algoritmini LDPC kodli MIMO-OFDM tizimining mobil aloqa tayanch stansiyalari chastota diapazonlaridagi radioxalaqitlarni aniqlashda radiomonitoring jarayoniga tatbiq etish orqali uning sifat koʻrsatkichi parametrlarini samaradorligini oshirish usuli, yaratilgan logoperiodik vibratorli antenna hamda algoritm Oʻzbektelekom AK “OʻzMobayl” filiali Samarqand hududiy bogʻlamasida joriy etilgan (Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 6-noyabrdagi 33-8/7493-sonli maʼlumotomasi). Natijada, Oʻzbektelekom AK “OʻzMobayl” filiali Samarqand hududiy bogʻlamasining 713,0-733,0 MHz, 733,0-748,0 MHz, 902,8-908,6 MHz, 1766,4-1784,8 MHz, 1965,0-1980,0 MHz chastota diapazonlarida ishlaydigan mobil aloqa tizimlari tayanch stansiyalarining sifatli ishlashiga taʼsir koʻrsatayotgan radioxalaqitlarni aniqlash samaradorligini 10,0 foizgacha oshirish imkoni yaratilgan;

SISO-OFDM tizimining kam quvvatli uzatgichlarida qabul qiluvchi antenna sifatida logoperiodik vibratorli antenna hamda zero padding (ZP) usulini qoʻllash asosida signalni qabul qilish va tanib olishning takomillashgan modeli “RRTM” DUK Samarqand Radioteleuzatish markazida tatbiq etilgan (Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 6-noyabrdagi 33-8/7493-sonli maʼlumotomasi). Natijada taklif etilayotgan model asosida signal sathi 64,1 dB μ V/m ga teng, ishlab chiqarishda foydalanilayotgan televizion antennada signal sathi 59,1 dB μ V/m boʻlgan. Bunda taklif etilayotgan logoperiodik vibratorli antenna yordamida 8,5 foizgacha signalni samarali qabul qilish imkoni yaratilgan;

ultra yuqori chastota diapazonidagi signallarni belgilangan parametrlarning qiymatlari asosida tanib olish uchun expectation propagation (EP) algoritmi, zero padding (ZP) usuli va logoperiodik vibratorli antenaning takomillashtirilgan fizik modeli oʻzaro bogʻlanishi hamda integratsiya tamoyili orqali radiomonitoring samaradorligini oshirish imkonini beruvchi algoritm “UMS” MChJ Samarqand shahar xizmat koʻrsatish markazida qoʻllanilgan (Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 6-noyabrdagi 33-8/7493-sonli maʼlumotomasi). Natijada, “UMS” MChJ Samarqand shahar xizmat koʻrsatish markazi 804,0-815,0 MHz, 935,0-960,0 MHz, 1805,0-1870,0 MHz, 2110,0-2170,0 MHz chastota diapazonlarida ishlaydigan mobil aloqa tizimlari tayanch stansiyalarining sifatli ishlashiga taʼsir koʻrsatayotgan radioxalaqitlarni aniqlash samaradorligini 13,2 foizgacha oshirish imkoni yaratilgan.

Tadqiqot natijalarini aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 7 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy konferensiyalar hamda ilmiy seminarlarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining eʼlon qilinganligi. Dissertasiya mavzusi boʻyicha jami 24 ta ilmiy ish chop etilgan, ulardan 9 ta maqolalar Oʻzbekiston Respublikasi Oliy attestasiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertasiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan jurnallarda, shu jumladan 5 ta respublika

va 4 ta chet el ilmiy jurnallarida nashr etilgan, 3 ta EHM uchun dasturga guvohnomalari olingan.

Ishning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 107 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan, tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, natijalarning ishonchligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amalda joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dessertatsiyaning **“Radiomonitoring jarayonida antenna texnologiyalari va signallarni tanib olish algoritmlarining ahamiyati”** deb nomlangan birinchi bobi radiomonitoring jarayonini tashkil etish, undagi muammolar, radiomonitoringda qo'llaniladigan antennalar, ularning tasniflanishi, logoperiodik vibratorli antennalarning radiomonitoringda qo'llanilishi bo'yicha umumiy ma'lumotlar va radiomonitoring samaradorligini oshirishda ma'lumotlarni tanib olish algoritmining o'rnini kabi masalalarni tadqiq qilishga bag'ishlangan. Raqamli radioaloqaning jadal rivojlanishi natijasida hozirgi kunda simsiz aloqa tizimlari orqali juda katta hajmdagi ma'lumotlarni uzatish va qabul qilishga to'g'ri kelmoqda. Bu esa radiochastota spektrining monitoringini amalga oshirishga ham katta talablar qo'yilishiga olib kelmoqda. Uzatilayotgan ma'lumotlarning tezligi hamda hajmiga o'sib borayotgan doimiy ravishdagi talablar natijasida, radiomonitoring tizimlari yordamida ruxsat etilmagan radiochastota spektri foydalanuvchilari faoliyatini aniqlashda va bartaraf etish juda ko'p murakkabliklarni keltirib chiqarishi ko'rsatilib o'tilgan.

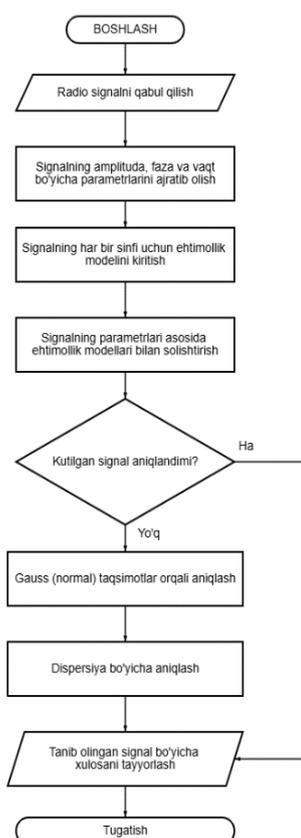
Radiomonitoring jarayonini tashkil etishning usullari va uni amalga oshirishdagi muammolar tahlil qilingan. Bugungi kunda radiomonitoring jarayonida qo'llaniladigan antennalarning shakli, qutblanishi, chastota diapazoning kengligi, yo'nalish diagrammasi va signalni kuchaytirish usullari tahlil qilingan va o'rganib chiqilgan. Radiomonitoring jarayonini samarali tashkil etishda logoperiodik vibratorli antennalardan foydalanishning afzalliklari, radioaloqani tashkil etishda ushbu turdagi antennadan foydalanishning o'ziga xos hususiyatlari keltirib o'tilgan. Logoperiodik vibratorli antennalarning asosiy parametrlari va turlarini tahlil qilish asosida ushbu turdagi antennalarning boshqa antennalarda kuzatilmaydigan hususiyatlari aniqlandi.

Adabiyotlar tahlili bugungi kunda radiomonitoring tizimlarida qo'llanilayotgan va loyihalananayotgan turli tuzilishdagi LPDAning hususiyatlari tahlil qilib chiqildi va olib borilgan tahliliy tadqiqot ishlari davomida bugungi kunda radiomonitoring jarayonida yo'naltirilgan, keng chastota diapazonida, yuqori

ishlash samaradorligiga ega ixcham antenna qurilmalariga talab yuqoriligini ko'rsatdi.

EP algoritmi ilmiy maqolalar yordamida tahlil qilindi va radiomonitoring tizimiga ushbu algoritmi tatbiq etib samaradorlikni oshirish imkoniyati mavjudligi ko'rsatib o'tildi.

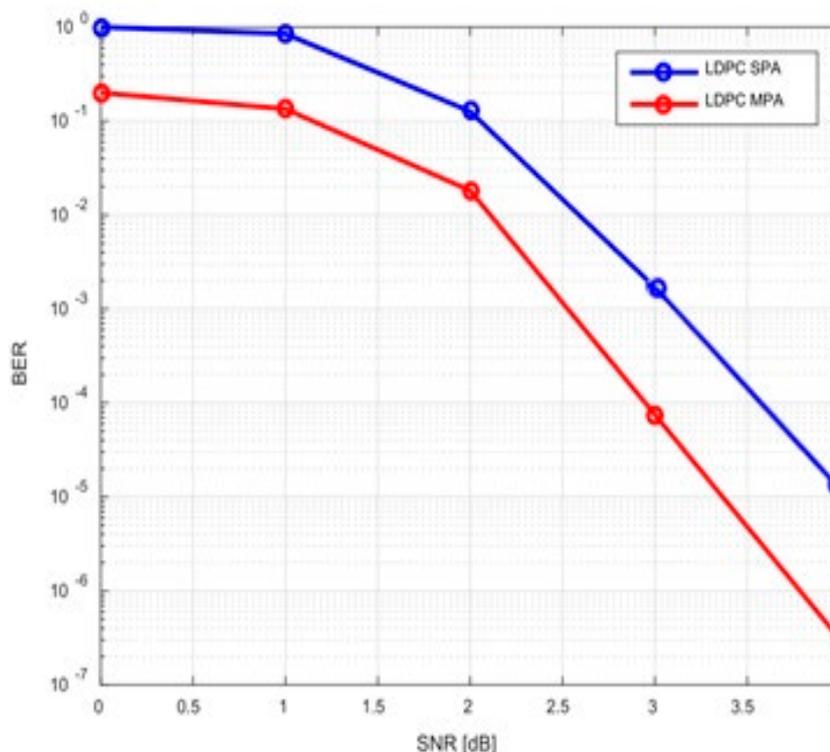
Dessertatsiyaning "**Radiomonitoringda signalni tanib olish jarayonida EP algoritmi va ZP usulining ahamiyati**" deb nomlangan ikkinchi bobida past zichlikdagi juftlikni tekshirish kodi yordamida uzatilayotgan raqamli signallarni kodlash va dekodlash, OFDM tizimlarida optimallashtirilgan yarim mavhum kanalni baholash usulining radiomonitoringdagi o'rni, hamda signallarni tanib olish va samarali qayta ishlash algoritmi asosida katta o'lchamli MIMO-OFDM tizimlarida radiomonitoring jarayonini takomillashtirish ko'rib chiqilgan. EP algoritmi asosida signalni tanib olish jarayonining ishlash ketma-ketligi 1-rasmda tasvirlangan bo'lib, unda algoritmning asosiy bosqichlari va hisoblash jarayonlari ko'rsatib berilgan.



1-rasm. LDPC kodli MIMO-OFDM tizimida EP asosida signalni tanib olish jarayonining algoritmi.

Simvollarni aniqlash yoki MIMO-OFDM tizimini LDPC kodlash bilan dekodlash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan takomillashga ma'lumotni aniqlash usullariga e'tibor qaratildi va kutilmani tarqatish algoritmi EP radiomonitoringda taxminiy xulosa chiqarishning samarali usuli sifatida tanlab olingan. LDPC kodlarining radiomonitoring jarayonini tashkil etishda qo'llashning asosiy sabablari keltirib o'tilgan.

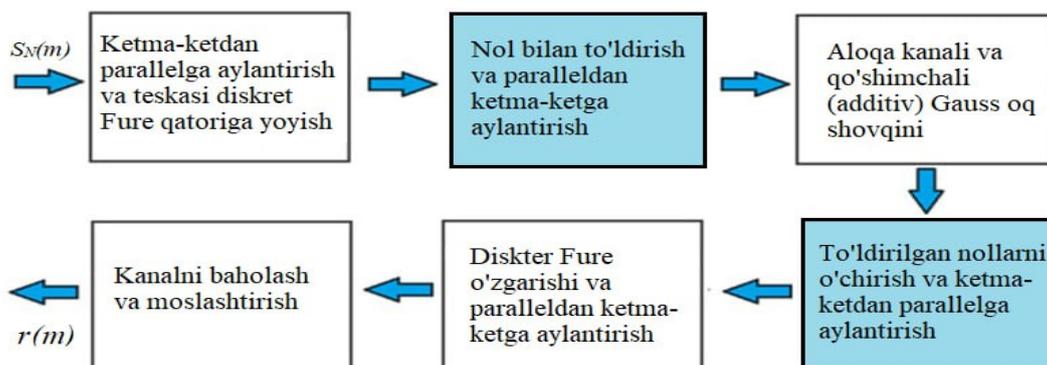
EP asosidagi signalni tanib olish algoritmi iterativ qayta hisoblash usulidan foydalanib, signalning statistik parametrlarini yaxshilash va shovqin ta'sirini minimallashtirishga xizmat qiladi. Ushbu algoritm yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.



2-rasm. LDPC kodli MIMO-OFDM tizimida MMSE BP va EPD BPning taqqoslanishi.

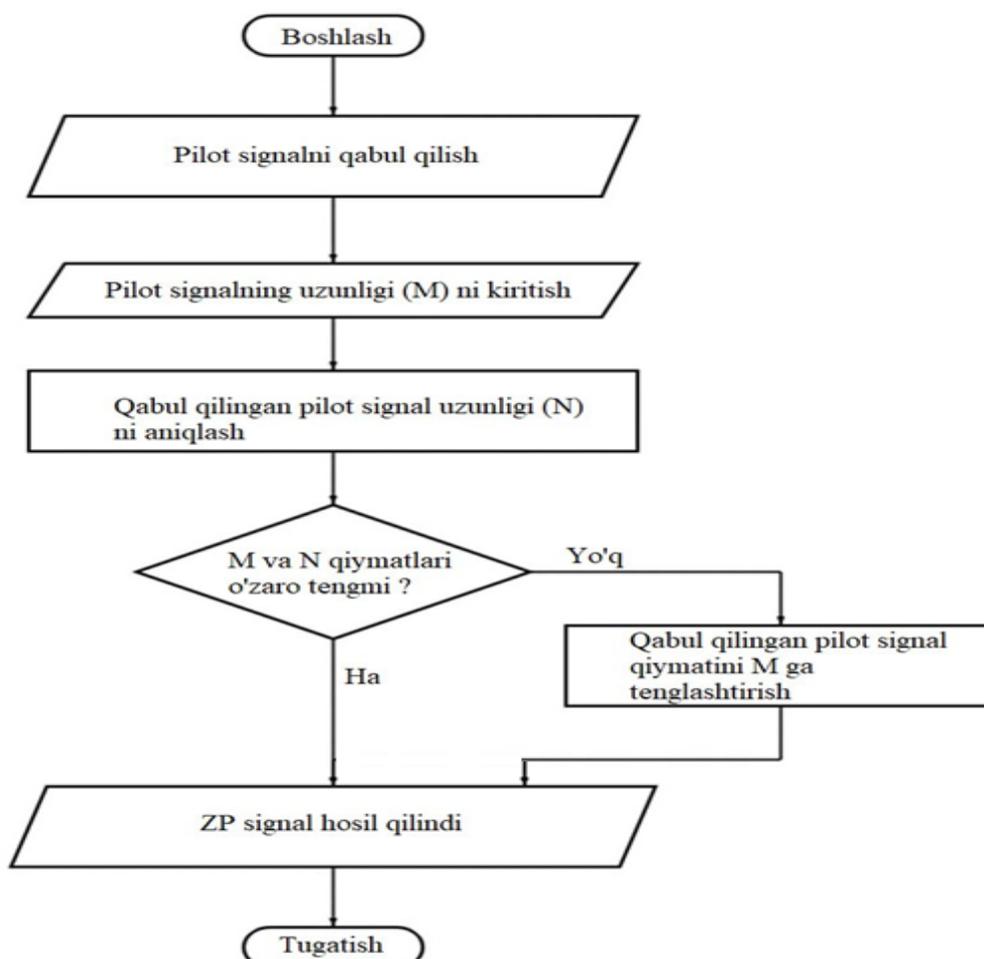
OFDM tizimlarida optimallashtirilgan yarim mavhum kanalni baholash usuli radiochastota spektri holatini kuzatishda samarali yondashuvdir. Optimallashtirilgan yarim mavhum usul aloqa kanalining xususiyatlarini, masalan, susayish, ko'p yo'nalishli tarqalish, vaqt kechikishi va boshqalarni samarali baholashga imkon beradi, bu qabul qilgichda olingan signallarni to'g'ri talqin qilish va tahlil qilishga yordam beradi.

Yarim mavhum kanalni baholash usullari aloqa tizimlarida signal uzatish sifati va qabul qiluvchi qurilmaning ishlash samaradorligini oshirish uchun muhim hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda ortiqcha chiziqli oldindan kodlashga asoslangan yarim mavhum kanalni baholash usuli ishlab chiqilgan bo'lib, u uzatish samaradorligini oshirish va interferensiyani kamaytirishga qaratilgan. Biroq, ushbu usulni amalga oshirishda kanal matritsassini qurish jarayoni muayyan murakkabliklarni keltirib chiqaradi. yarim mavhum kanal baholashni yanada takomillashtirish uchun optimal matritsa tuzilishini aniqlash va hisoblash murakkabligini kamaytirish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yondashuv yuqori o'lchamli Single Input, Single Output (Bir kirish, bitta chiqish, SISO) asosidagi OFDM tizimlarida signalni ishonchli qayta tiklash va interferensiyani kamaytirishga yordam beradi.



3-rasm. SISO-OFDM tizimining ZP usuli asosida takomillashgan modeli.

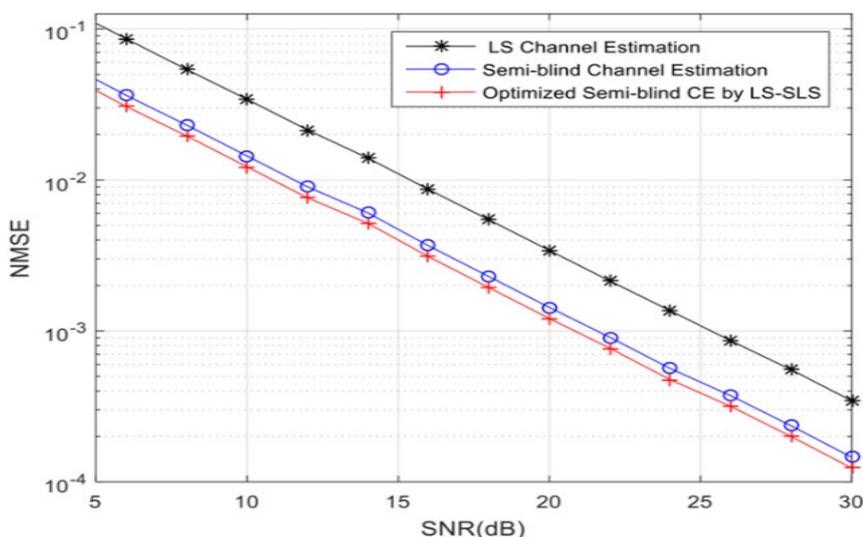
SISO-OFDM tizimining ZP usuli asosida takomillashtirilgan algoritmi va modeli ishlab chiqilgan (3-4-rasm).



4-rasm. ZP usuli asosida SISO-OFDM tizimining imitatsion modelini amalga oshirish algoritmi.

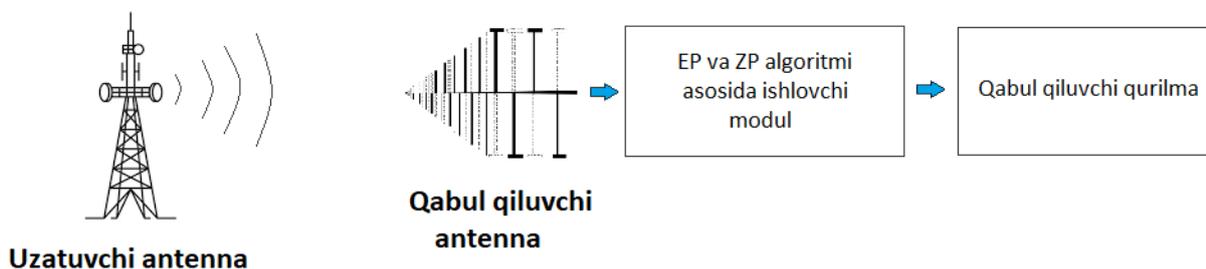
Mazkur algoritm SISO-OFDM tizimlarida ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish jarayonlarini yaxshilashga xizmat qiladi. ZP usuli uzatiladigan SISO-OFDM signallarining oraliq intervallariga nol qiymatlar qo'shish orqali interferensiyani kamaytirish va spektral samaradorlikni oshirishga yordam beradi. Ushbu usul an'anaviy CP o'rniga qo'llanilib, signal uzatish samaradorligini oshirish va interferensiyalarni kamaytirishga xizmat qiladi. SISO ZP-OFDM tizimi uchun bir qator baholash usullari modellashtirildi.

Simulyatsiya natijalari ZP usuli asosida SISO-OFDM tizimida kvadraturali fazaviy manipulyatsiya (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) va 16-QAM modulyatsiya sxemalariga asoslangan holda baholangan. O‘rtacha kvadrat xatolik (Mean Squared Error, MSE)ni taqqoslash natijalari 5-rasmda keltirilgan bo‘lib, u tavsiya etilgan yarim mavhum kanal bahosining LS kanal bahosiga nisbatan 6,0-6,5 dB, an’anaviy yarim mavhum kanal bahosiga nisbatan 1,5-2,0 dB ustunligini ko‘rsatgan.



5-rasm. ZP usuli asosida SISO-OFDM tizimlarida QPSKga asoslangan me'yorlashtirilgan o'rtacha kvadratik baholash (NMSE) yordamida kanalni baholash.

Hisoblab chiqilgan natijalar shuni ko‘rsatdiki, radiomonitoring jarayonining samaradorligini oshirish uchun biz tomonimizdan taklif qilingan usul olingan MSE va NMSE parametrlariga asosan ustunroq ekan. Shunday qilib, radiomonitoring uchun ZP usuli asosida SISO-OFDM tizimlarida optimallashtirilgan yarim mavhum kanalni baholash usulini qo‘llash turli xil chastotali muhit sharoitlarida ma’lumotlarni qabul qilishni samarali boshqarish va nazorat qilish imkonini beradi.



6-rasm. Radiomonitoring samaradorligini oshirish modeli.

Radiomonitoring samaradorligini oshirishda signallarni tanib olish algoritmlarini qo‘llash bo‘yicha modelning nazariy asoslari quyidagi 6-rasmda taqdim etilgan. Bunda model qabul qiluvchi LPDA hamda ZP usuli va EP algoritmi asosida signalni tanib olish imkoniga ega moduldan iborat, ushbu modul qabul qiluvchi qurilma tomonidan ZP usuli asosida pilot signallarni tanib olish jarayonining samaradorligini oshiradi va EP algoritmi asosida signalni qabul qilishda xatoliklar sonini kamaytirish imkonini beradi.

Dessertatsiyaning “Radiomonitoring samaradorligini takomillashgan logoperiodik vibratorli antenna modeli asosida oshirish” deb nomlangan uchinchi bobida radiomonitoring nazorat jarayonida qo‘llaniladigan statsionar, mobil va portativ stansiyalarda ishlatiladigan LPDAning konfiguratsiyasi, qonuniyatlari, matematik modeli, o‘lchamlarini kichraytirish usullari va loyihalash jarayonlari ko‘rib chiqilgan. Antenna ishlash samaradorligini oshirish maqsadida optimal o‘lchamlar hamda parametrlari matematik model va u asosida yaratilgan dasturiy vosita orqali aniqlangan.

Antennalar dipolining uzunligi (1) ifodada keltirilgan τ o‘lchamsiz koeffitsientiga bog‘liq holda logarifmik qonuniyat asosida o‘zgarib borishi ko‘rsatilgan.

$$\tau = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{X_{n+1}}{X_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{a_{n+1}}{a_n}, 1 \leq n \leq N. \quad (1)$$

Shuningdek, antenning dipollari orasidagi masofani aniqlashda qo‘llaniladigan σ qatorlararo koeffitsiyenti quyidagi formulalar orqali aniqlangan

$$\sigma = \frac{d_n}{2L_n}. \quad (2)$$

ushbu koeffitsiyentlar o‘zaro quyidagi ifoda asosida bog‘langan

$$\sigma = 0,25(1 - \tau) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

Demak, α antenna ochilish burchagi o‘zgarishi σ qatarlararo koeffitsiyent qiymati o‘zgarishiga olib keladi, α quyidagi formula orqali aniqlangan.

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{4\sigma}{1 - \tau}. \quad (4)$$

O‘lchamsiz koeffitsiyenti τ strukturasi har bir davri, ma’lum bir qatarlararo koeffitsiyent σ_{opt} ga to‘g‘ri keladi va o‘shandagina maksimal antenning kuchaytirish koeffitsientiga erishiladi.

$$\sigma_{opt} = 0,258\tau - 0,066 \quad (5)$$

LPDAlarning ishchi chastota diapazoni uchun eng kichik chastotada ishlovchi dipol uzunligi l_{max} va eng katta chastotada ishlovchi dipolning uzunligi l_{min} bilan chegaralanadi. LPDAlar dipollarining o‘lchamlarini aniqlashda quyidagi formuladan foydalanilgan

$$l_{max} \approx \frac{\lambda_{max}}{2} \quad \text{va} \quad l_{min} \approx \frac{\lambda_{min}}{3}. \quad (6)$$

Bajarilgan matematik hisoblashlar asosida, 400÷3000 MHz gacha bo‘lgan chastota diapazonida radiomonitoring jarayonida ishlatiladigan LPDAni yasash uchun kerak bo‘ladigan barcha parametrlar aniqlangan.

Dastur yordamida dipollarning uzunligi l , ular orasidagi masofa R va dipollarning kengligi W ning qiymatlari aniqlash uchun dasturiy vosita ishlab chiqilgan va olingan natijalar quyidagi 7-rasmda keltirilgan.

Logperiodik antenaning parametrlarini hisoblash dasturi

Ma'lumotlar

	I	R	W
O'lcham ko'effitsient (t) 0.89	3.75		12
	3.34	0.43	10.68
	2.97	0.38	9.51
	2.64	0.34	8.46
Pastki chegara chastotasi (fp) MGs 400	2.35	0.3	7.53
	2.09	0.27	6.7
	1.86	0.24	5.96
	1.66	0.21	5.31
	1.48	0.19	4.72
	1.31	0.17	4.2
Yuqori chegara chastotasi (fyu) MGs 3000	1.17	0.15	3.74
	1.04	0.13	3.33
	0.93	0.12	2.96
	0.82	0.11	2.64
	0.73	0.1	2.35
Antenna cho'qqisining burchagi (α , grad) 23	0.65	0.09	2.09
	0.58	0.08	1.86
	0.52	0.07	1.66
	0.46	0.06	1.47
	0.41	0.05	1.31
LPDA dipollarining eni (Wn, mm) 12	0.36	0.05	1.17
	0.32	0.04	1.04

NATURA

7-rasm. LPDA hisoblash dasturi.

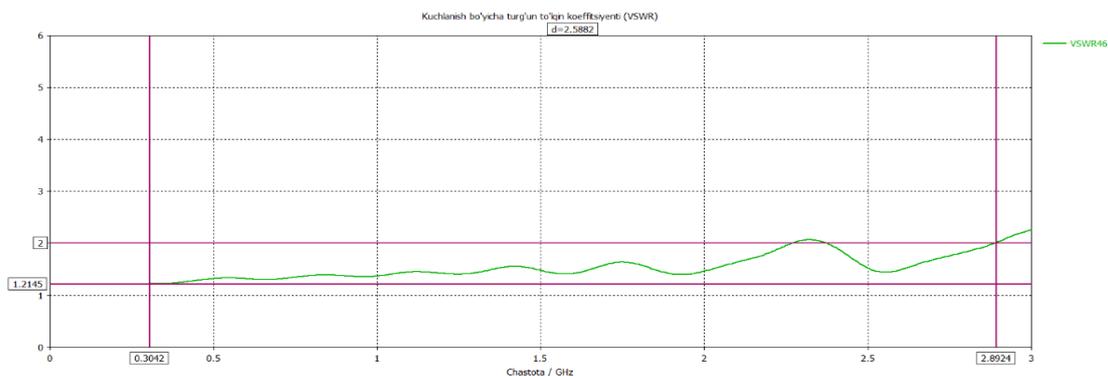
Dastur hisob-kitob jarayoni uchun sarflanadigan vaqtni qisqartirishga va natijalar aniqligini ta'minlash imkonini beradi.

LPDA o'lchamini kamaytirishning asosiy usullaridan biri fraktallar texnikasidan foydalanishdir. Bu LPDA Koch fraktal geometriya modeli o'rtasidagi qo'shma texnikadan foydalangan holda ishlab chiqilgan bo'lib, bunda antenna hajmi "T" fraktal geometriya hosil qilish orqali antenna o'lchamlarining kichrayishiga erishilgan. Antenna o'lchamlari antenna cho'qqisining burchagi α ni 2,35 marta kattalashtirganligi hisobiga antenaning umumiy hajmini 12,6 % ga kichraytirishga ham erishilgan.

CST Studio Suite dasturi asosida antenna modeli immitatsion modellashtirilgan va simulyatsiya asosida olingan natijalar bo'yicha optimallashtirilgan. Simulyatsiya natijalarida S parameter, yo'nalish diagrammasi va turg'un to'lqinning kuchayish ko'effitsienti asosida baholangan.

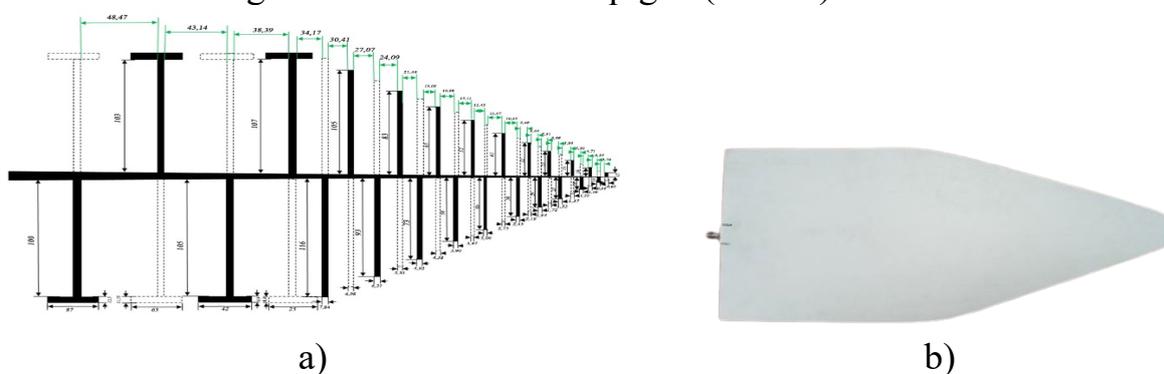
Simulyatsiya asosida olingan natijalar antenaning ochilish burchak ko'effitsiyenti 46° gradusga teng bo'lganda antenna samarali ishlash diapazoni 400 MHzdan 2880 MHzgacha bo'lishini ko'rsatdi va bu eng optimal natija hisoblanadi. Ushbu chastota diapazonining faqat 100 MHzlik 2270 MHzdan 2370 MHzgacha chastota polasasida KTTKning maksimal qiymati 2.07 ga teng bo'lgan (8-rasm).

LPDAning ochilish burchak qiymati $46,0^\circ$ ga teng bo'lganda, boshqa burchaklarga nisbatan 0.4-3.0 GHz chastota diapazonida KTTK eng optimal qiymatni qabul qildi. Ushbu natija antenaning elektromagnit moslashuvini sezilarli darajada yaxshilab, energiya uzatish samaradorligini oshirgan holda, radiomonitoring tizimlarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.



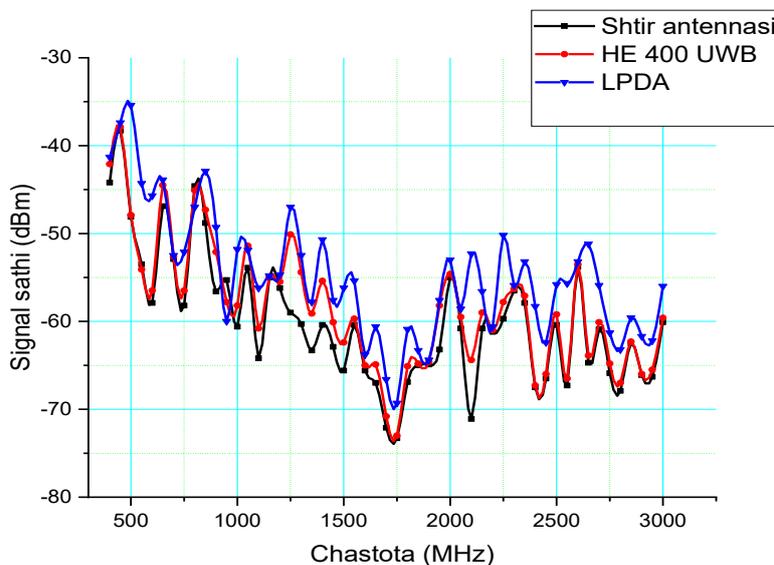
8-rasm. 0,4-3,0 GHz chastota diapazonidagi LPDA ochilish burchagining qiymati $46,0^\circ$ ga teng bo'lgandagi KTTK.

Matematik model va imitatsion modell asosida olingan natijalar bo'yicha logoperiodli dipolli antenna modeli optimallashtirilgan o'lchamlari aniqlangan hamda antannaning real modeli ishlab chiqilgan (9-rasm).



9-rasm. Ishlab chiqarilgan antannaning o'lchamlari (a) va tashqi (b) ko'rinishi.

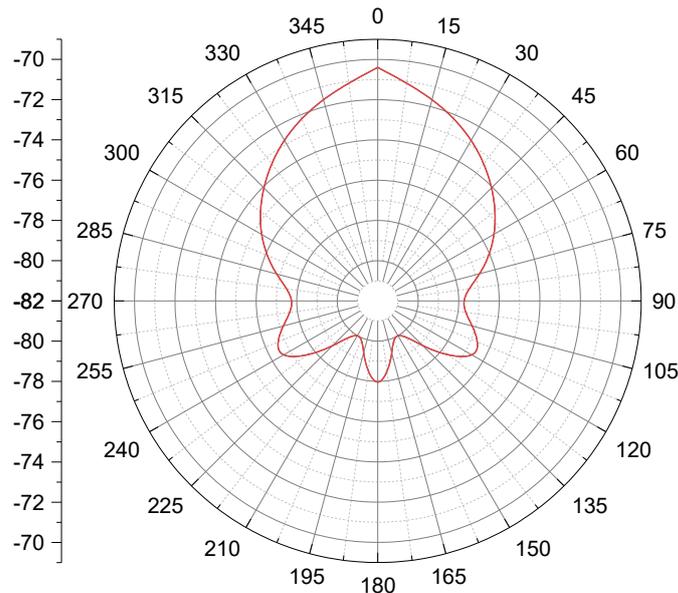
Radiomonitoring jarayonida antenna ishlash samaradorligini aniqlash maqsadida o'lchov ishlari amalga oshirilgan va grafik (10-rasm) ko'rinishiga keltirilgan. Antennalarning imkoniyatlarini qiyosiy tahlil qilish uchun shtir antenna, HE-400 UWB yo'naltirilgan antenna va modellashtirilgan LPDA o'zaro solishtirilgan.



10-rasm. Antennalar bo'yicha o'tkazilgan o'lchovlar natijalari.

Ushbu antenning parametrlarini shtirli antenna bilan taqqoslaganda signal sathi 18,8 dBga, HE-400 UWB antenadan esa 12,7 dBga yuqori ekanligini ko‘rish mumkin.

Antenna imkoniyatlarini qiyosiy tahlil qilish uchun yaratilgan LPDA, HE-400 UWB yo‘naltirilgan antenna bilan solishtirildi. Ushbu natijalar asosida, shuni aytishimiz mumkinki, yaratilgan LPDAning signal sathi darajasi HE-400UWB antenaga nisbatan 11,8 dB ga yuqori ekanligi, foizlarda esa 13,2 foizga samaraliroq ekanligi aniqlandi.

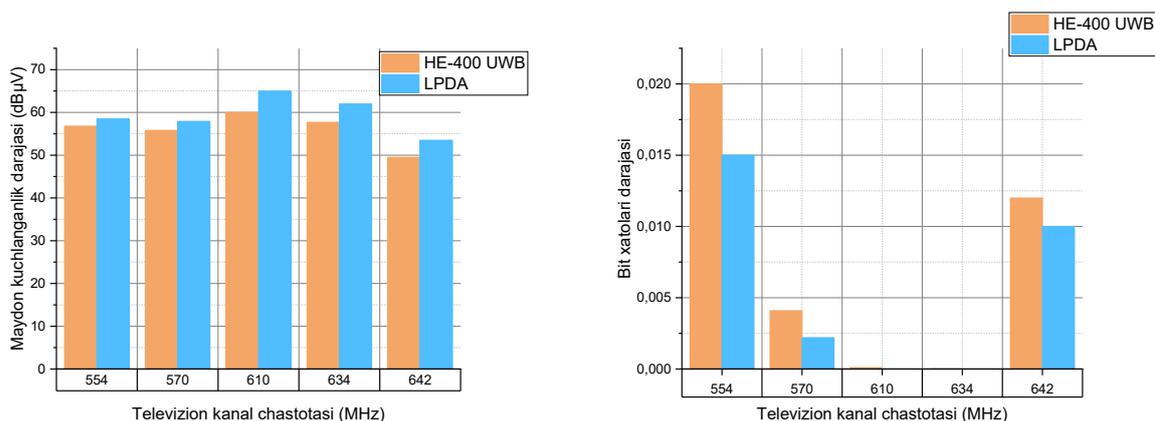


11-rasm. LPDA antenning 500 MHz chastotada yo‘nalish diagrammasi

Yaratilgan LPDAning yo‘nalganlik diagrammasining simmetriyasi an’anaviy LPDAning yo‘nalganlik diagrammasi bilan o‘xshashligi 11-rasmda keltirilgan. Bu simulyatsiya natijalarining ishonchli ekanligini tasdiqlaydi.

Televizion uzatkichlar signallarining HE-400 UWB va ishlab chiqilgan LPDA orqali qabul qilingan maydon kuchlanish darajalari ($\text{dB}\mu\text{V}$) bo‘yicha o‘lchov natijalari olindi. Olingan grafik ma‘lumotlar tahliliga ko‘ra, LPDA barcha kanallar chastota diapazoni bo‘yicha HE-400 UWB antenasiga nisbatan yuqoriroq maydon kuchlanish sathini qayd etgan. Ayniqsa, 610 MHz chastotada LPDA maksimal 5 $\text{dB}\mu\text{V}$ farq bilan ustunlik namoyon etgan bo‘lib, bu antenning ma‘lum chastota oralig‘ida sezilarli darajada samaraliroq ishlashini ko‘rsatadi. Qolgan barcha o‘lchov nuqtalarida ham LPDA signallarni barqaror va yuqori darajada qabul qilgan, bu esa uning spektral sezgirligi yuqoriligi va qabul qilish xususiyatlari yaxshilanganini tasdiqlaydi.

Yaratilgan LPDA va “HE-400 UWB” antenadan foydalangan holda televizion kanallar chastota polosasining efir bo‘yicha maydon kuchlanganlik, bit xatolari koeffitsiyent (BER), modulyatsiya xatolari darajasi va signal shovqin nisbat parametrlari qiymatlari o‘lchandi va qiyosiy tahlil qilindi.



a)

b)

12-rasm. Televizion kanal chastota polosasining HE-400 UWB va LPDAlardagi a) signal sathi darajasining va b) bit xatolari darajasi o‘lchovlar natijalari.

LPDA barcha chastotalarda HE-400 UWB ga nisbatan yuqoriroq SNR ko‘rsatkichlariga ega ekanligi kuzatiladi. 554 MHz chastotada SNR eng past bo‘lib, HE-400 UWB uchun 25,9 dB, LPDA uchun 26,8 dB ni tashkil etadi. 610 MHz chastotada eng yuqori natija qayd etilgan bo‘lib, HE-400 UWB 40,6 dB, LPDA 41,9 dB ga yetgan. Qolgan chastotalarda ham LPDA antenasi ustunlik ko‘rsatib, signal sifati va shovqinga chidamliligi yaxshiroq ekanini namoyon qilgan.

Televizion kanal chastota polosalarining o‘lchangan qiymatlaridan ko‘rinib turibdiki, LDPC bo‘yicha kodlangan signallarning maydon kuchlanganligi, BER, MER va SNR kabi parametrlari HE-400 UWB antennaga nisbatan LPDAda barcha parametrlar bo‘yicha yuqori ekanligi aniqlandi.

XULOSA

“Ultra yuqori chastota diapazonida radiomonitoring samaradorligini oshirishning modeli va algoritmi” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiya ishida quyidagi xulosalar taqdim etiladi:

1. Tadqiqotlar va adabiyotlar tahlili logoperiodik dipol antennalardan foydalanishning muhimligini hamda ularni takomillashtirishning dolzarbligini tasdiqladi. Keng chastota diapazonida ishlash uchun yuqori samaradorlikka ega ixcham antenna qurilmalariga bo‘lgan ehtiyojni aniqladi. Bu antennalar parametrlarini optimallashtirish va signalni kuchaytirish orqali radiomonitoring sifatini yaxshilashga yordam berishi aniqlandi.

2. EP algoritmini LDPC-kodlash va OFDM tizimlari bilan birgalikda joriy etish radiomonitoring unumdorligini oshirishda o‘zining samaradorligini isbotladi. Ushbu usullar signallarni aniq dekodlashni ta‘minlaydi va ehtimollik noaniqligini kamaytiradi, bu esa murakkab aloqa tizimlarida ma‘lumotlarni qayta ishlashni yaxshilaydi.

3. ZP usuli asosida SISO OFDM tizimi uchun yarim mavhum kanallarni baholash usullari, shu jumladan LS-SLS shovqin tufayli yuzaga keladigan xatoliklarni minimallashtirish qobiliyatini ko‘rsatdi va kanal parametrlarini

baholash aniqligini oshirdi. Bu real xalaqitlar sharoitida radiomonitoringning ishonchlilik va aniqligini oshirish imkoniyatini beradi.

4. Radiomonitoring sohasida qo'llashga mo'ljallangan, 400÷3000 MHz chastota diapazonida ishlash qobiliyatiga ega optimallashtirilgan logoperiodli dipolli antenaning matematik, imitatsion va fizik modellari ishlab chiqildi. Ushbu modelning samaradorligi simulyatsiya va real tajribalar asosida tahlil qilindi.

5. Loyihalangan LPDAning fizik modeli ishlab chiqilgan va uning radiomonitoringdagi samaradorligini aniqlash maqsadida o'lchov ishlari amalga oshirilgan. Ushbu antenaning parametrlarini shtirli antenna bilan taqqoslaganda elektromagnit maydon kuchlanganlik darajasi 18,8 dB ga, HE-400 UWB antennadan esa 12,7 dB ga yuqori ekanligini ko'rish mumkin. Mobil aloqa operatorlari baza stansiyalari chastota diapazonlarida ham o'lchov ishlari olib borildi va yaratilgan LPD antenna HE-400UWB antennaga nisbatan 13,2 foizga samaraliroq ekanligi aniqlandi.

6. Radiomonitoringda ma'lumotlarni qabul qilish jarayonida LDPC kodlash usulidan foydalangan holda loyihalangan LPDA ishlatilganda 540÷640 MHz chastota diapazonida maydon kuchlanganligi, bit xatolik koeffitsiyenti (BER), modulyatsiya xatolik koeffitsiyenti (MER) va signal-shovqin nisbati (SNR) parametrlarining son qiymatlari o'lchangan. O'lchov jarayonida HE-400 UWB antennaga nisbatan LPDAning ko'rsatkichlari barcha parametrlar bo'yicha yuqori ekanligi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

ОЛМАСОВ АХМАД АСАДОВИЧ

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАДИОМОНИТОРИНГА В УЛЬТРАВЫСОКОЧАСТОТНОМ
ДИАПАЗОНЕ**

**05.04.02 - Системы и устройства радиотехники, радионавигации, радиолокации и
телевидения. Мобильные, волоконно-оптические системы связи**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.3.PhD/T4895.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net)

Научный руководитель: **Мирзокулов Хотам Бахтиёр угли**
доктор философии по техническим наукам, доцент

Официальные оппоненты: **Алимова Нодира Батирджановна**
доктор технических наук, профессор

Шахобиддинов Алишер Шопатхиддинович
доктор философии по техническим наукам, доцент

Ведущая организация: **Военный институт информационно-коммуникационных технологий и связи Университета военной безопасности и обороны**

Защита диссертации состоится «1» ноября 2025 г. в 11³⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100084, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108.Тел.: (99871) 238-64-15; e-mail:tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 375). Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-15.

Автореферат диссертации разослан «21» октября 2025 года.

(протокол рассылки № 13 от «21» октября 2025 г.).

Б.Ш.Махкамов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.э.н., профессор

М.С.Саиткамолов

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Д.А.Давронбеков

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире применение современных технологий в эффективной организации процесса радиомониторинга в ультравысокочастотном диапазоне занимает одно из ведущих мест. По данным "Verified Market Reports," объем рынка устройств в диапазоне UHF в Северной Америке в 2023 году составил 900 миллионов долларов США, к 2032 году он, как ожидается, вырастет до 1,9 миллиарда долларов со среднегодовым темпом роста 8,5 процента, а в Азиатско-Тихоокеанском регионе в 2023 году рынок составит 650 миллионов долларов и, как ожидается, увеличится до 1,7 миллиарда долларов со среднегодовым темпом роста 11,0 процента¹. В связи с этим совершенствование процесса радиомониторинга имеет важное значение для обеспечения точной и безошибочной работы этих устройств в диапазоне УВЧ.

В мире в современных системах радиосвязи и технологиях мобильной связи проводится ряд научно-исследовательских работ, направленных на разработку методов эффективной организации процесса передачи информации в ультравысоких и сверхвысоких частотных диапазонах с расширяющимся объемом, скоростью и качеством передачи, стабильностью сигнала и помехоустойчивостью. В связи с этим особое внимание уделяется выявлению и анализу больших объемов сигналов, распространяющихся в среде, закодированных помехоустойчивыми кодами, разработке и совершенствованию алгоритмов обнаружения и классификации сигналов в высокоэффективных системах радиомониторинга, повышению их охвата, чувствительности и эффективности работы в частотном диапазоне за счет улучшения размеров и электромагнитных параметров логопериодических антенн, а также технологиям обеспечения устойчивости этих технологий к помехам, факторам внешней среды и сложным электромагнитным условиям.

В республике реализуются комплексные меры по дальнейшему совершенствованию сферы радиосвязи и информационных технологий, расширению охвата систем мобильной связи, развитию систем, обеспечивающих скорость и качество передачи данных, и достигаются определенные результаты. В Стратегии Президента Республики Узбекистан "Цифровой Узбекистан-2030" от 5 октября 2020 года определены важные задачи по "Совершенствованию цифрового вещания с полным охватом всех видов телевизионных и радио услуг, включая передачу телевизионного сигнала потребителям, наземное телевизионное вещание, кабельное телевидение, IP-телевидение, сети передачи данных, мобильную связь, телерадиовещание с использованием интернет-технологий"². При выполнении этих задач важное значение имеет разработка новых алгоритмов декодирования сигналов, усовершенствованной модели антенны, а также теоретических основ и практических решений их внедрения, основанных на

¹<https://dataintel.com/report/global-ultra-high-frequency-uhf-receiver-market>

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktyabrdagi "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni.

повышении эффективности приемных устройств радиомониторинговых систем.

В республике в целях обеспечения эффективной работы сетей радиосвязи, использования радиочастотного спектра, повышения качества услуг телерадиовещания и мобильной связи, Президентом Республики Узбекистан Шавкатом Мирзиёевым от 22 мая 2019 года было подписано постановление № ПП-4939 “О мерах по ускоренному развитию телекоммуникационной инфраструктуры в населенных пунктах Республики Узбекистан”. Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан от 27 декабря 2024 года № ЗРУ-1015 "О телекоммуникациях," Постановлении Президента Республики Узбекистан от 28 апреля 2020 года № ПП-4699 "О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства," а также в других нормативно-правовых документах, в том числе в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 22 декабря 2020 года № 801 "О разрешении в области использования радиочастотного спектра и регулировании использования радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств," а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. В настоящее время научные исследования по разработке методов и моделей повышения эффективности радиомониторинга, теоретических и практических основ создания используемых в них алгоритмов и антенн проводятся в ведущих научных центрах и высших учебных заведениях мира, в том числе Stanford University (США), Georgia Institute of Technology (США), Harbin Engineering University (Китай), National University of Defense Technology (Китай), Yeungnam University (Корея), Istanbul Aydin University (Турция), University of Toronto (Канада), University of British Columbia (Канада), Karlsruhe Institute of Technology (Германия), Dresden University of Technology (Германия), University of Cambridge (Великобритания), Southampton University (Великобритания), Sharif University of Technology (Иран), Artois University (Франция), Nihon University (Япония), Amity University (Индия), Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф.Уткина (Россия), Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (Узбекистан) и др.

В мировой научной литературе широко освещены проблемы создания логопериодических антенн с усовершенствованными алгоритмами и техническими параметрами надежного приема сигналов для повышения эффективности радиомониторинга, изучения их особенностей и применения их методами помехоустойчивого кодирования в процессе передачи данных.

Данному направлению посвящены научные работы таких известных зарубежных ученых, как K.Rothammel (Германия), Yongqing Fu (Китай), Fang Ye (Китай), M.Pehlivan (Турция), Golshan Piroozzadeh (Турция), Reza Asvadi (Турция), Д.Н.Киселев (Россия), О.Ю.Перфилов (Россия), S.J.Johnson (США), А.М.Рембовский (Россия) и других. Радиомониторинг и применение антенн в области радиосвязи подробно рассмотрены в научных работах А.М.Назарова, Т.Г.Рахимова, Д.А.Давронбекова, Б.Н.Рахимова, Ш.У.Пулатова, Д.Н.Ликонцева, В.А.Губенко, Х.Х.Мадаминова, А.Ш.Шахобиддинова, А.Хотамова и других отечественных ученых.

В результате проведенных научных исследований достигнуты значительные результаты в решении вопросов повышения эффективности радиомониторинга. В то же время научные проблемы, связанные с созданием малогабаритных логопериодических вибраторных антенн с усовершенствованными алгоритмами и техническими параметрами надежного приема сигналов для повышения эффективности радиомониторинга, детально не изучены.

Взаимосвязь темы диссертации с научными исследованиями организаций высшего образования, где выполнена диссертационная работа. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий в рамках прикладного проекта ПЛ-77-8023102181 "Создание "Банка инновационных идей," охватывающего новые научные разработки и технологии по регионам и отраслям экономики" (2024-2025).

Целью исследования является создание модели и алгоритма повышения эффективности радиомониторинга в ультравысоком диапазоне частот на основе алгоритма Expectation Propagation, метода Zero Padding и усовершенствованной логопериодической вибраторной антенны.

Задачи исследования:

анализ методов распознавания сигнала, используемых в процессе радиомониторинга, и основных физических параметров современных логопериодических вибраторных антенн;

исследование алгоритма и модели повышения точности распознавания сигналов в процессе радиомониторинга;

разработка модели усовершенствованной логопериодической вибраторной антенны, работающей в широком диапазоне частот;

повышение эффективности процесса радиомониторинга за счет практического применения созданной логопериодической вибраторной антенны.

Объектом исследования являются сигналы цифрового телевидения и систем мобильной связи, в которых осуществляется радиомониторинг.

Предметом исследования является метод распознавания сигналов эффективности радиомониторинга в системах цифрового телевидения и мобильной связи и антенное устройство с логопериодическим вибратором нового типа.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы математического моделирования, имитационного моделирования, анализа электромагнитных полей и экспериментально-исследовательские методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствована модель системы MIMO-OFDM с кодом LDPC на основе теоремы Байеса в процессе распознавания сигналов, которая улучшает параметры показателя качества путем внедрения алгоритма предложения ожиданий (EP) в радиомониторинг;

усовершенствована модель системы SISO-OFDM на основе метода zero padding (ZP), повышающего уровень определения среднеквадратического коэффициента ошибки передаваемых и принимаемых сигналов в процессе радиомониторинга;

предложен алгоритм повышения эффективности радиомониторинга за счет принципа интеграции и взаимосвязи логопериодической виброантенной антенны, алгоритма expectation propagation (EP), метода zero padding (ZP) и принципа логопериодической вибраторной антенны (LPDA) для распознавания сигналов в диапазоне ультравысоких частот по значениям заданных параметров;

разработана усовершенствованная физическая модель антенны, в которой параметры диаграммы направленности и коэффициент стоячей волны по напряжению настраиваются путем введения коэффициента расстояния между диполями в математическую модель, определяющую угол раскрытия LPDA.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны имитационные модели для алгоритма EP и метода ZP, используемые для распознавания сигналов в процессе радиомониторинга;

разработана логопериодическая вибраторная антенна для обнаружения радиопомех в диапазонах частот базовых станций мобильной связи и повышения их эффективности;

разработано программное средство для расчета параметров LPDA с повышенной эффективностью работы;

разработана программа сбора и анализа данных процесса радиомониторинга;

уровень сигнала улучшен за счет использования LPDA вместо приемной антенны маломощных передатчиков, установленных для предоставления услуг телевидения в отдаленных населенных пунктах.

Достоверность результатов исследования объясняется соответствием теоретических и практических результатов, системным анализом, математической статистикой и теорией электромагнитного излучения, сравнительным сопоставлением результатов полученных на основе общепринятых критериев.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке модели повышения точности процесса радиомониторинга на основе

применения алгоритма expectation propagation (EP) в системе MIMO-OFDM с кодом LDPC и метода zero padding (ZP) в системах SISO-OFDM с использованием логопериодической вибраторной антенны с Т-фрактальной структурой повышенной производительности.

Практическая значимость результатов исследования объясняется имитационными моделями процесса распознавания сигналов на основе алгоритма EP и метода ZP, программным средством, используемым при создании антенн с логопериодическими вибраторами, образцом симметричной двухчастной логопериодической вибраторной антенны, программой сбора и анализа данных в процессе радиомониторинга, а также улучшением процесса радиомониторинга в широком диапазоне частот на их основе.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов по разработке имитационных моделей декодирования помехоустойчивых сигналов и оптимизации оценки полуабстрактного канала с выбором наиболее оптимальных из вычислительных закономерностей, созданию математической и реальной модели антенн с логопериодическими вибраторами с усовершенствованными техническими параметрами, а также методов и моделей повышения эффективности процесса радиомониторинга:

представлены усовершенствованная физическая модель антенны, в которой параметры диаграммы направленности и коэффициент стоячей волны по напряжению настраиваются путём введения коэффициента расстояния между диполями в математическую модель, определяющую угол раскрытия LPDA, и способ повышения эффективности параметров показателя качества путём применения алгоритма expectation propagation (EP) к процессу радиомониторинга для обнаружения радиопомех в полосах частот базовых станций мобильной связи системы MIMO-OFDM с кодированием LDPC. В частности, созданная логопериодическая вибраторная антенна внедрена в Самаркандском региональном филиале АК "Узбектелеком" "УзМобайл" (справка Министерства цифровых технологий № 33-8/7493 от 6 ноября 2024 г.). В результате удалось повысить эффективность обнаружения радиопомех, влияющих на качество работы базовых станций систем подвижной связи, работающих в полосах частот 713,0-733,0 МГц, 733,0-748,0 МГц, 902,8-908,6 МГц, 1766,4-1784,8 МГц, 1965,0-1980,0 МГц Самаркандского регионального узла филиала АК "Узбектелеком" "УзМобайл", до 10,0%;

в Самаркандском радиотелевещательном центре ГУП "РРТМ" (справка Министерства цифровых технологий № 33-8/7493 от 6 ноября 2024 г.) реализована усовершенствованная модель приема и распознавания сигналов, основанная на использовании логопериодической вибраторной антенны и метода Zero Padding (ZP) в качестве приемной антенны в маломощных передатчиках системы SISO-OFDM. В результате уровень сигнала по предлагаемой модели составил 64,1 дБмкВ/м, тогда как уровень сигнала в телевизионной антенне, используемой в производстве, составил 59,1 дБмкВ/м.

При этом предлагаемая логопериодическая вибрационная антенна позволила эффективно принимать до 8,5% сигнала;

Предложен алгоритм, позволяющий повысить эффективность радиоконтроля за счет принципа интеграции и взаимосвязи алгоритма expectation propagation (EP), метода Zero Padding (ZP) и усовершенствованной физической модели логопериодической вибрационной антенны для распознавания сигналов в диапазоне ультравысоких частот по значениям заданных параметров. В частности, созданная логопериодическая вибраторная антенна внедрена в Самаркандском городском сервисном центре ООО "UMS" (справка Министерства цифровых технологий № 33-8/7493 от 6 ноября 2024 г.). В результате удалось повысить эффективность обнаружения радиопомех, влияющих на качество работы базовых станций систем мобильной связи, работающих в диапазонах частот 804,0-815,0 МГц, 935,0-960,0 МГц, 1805,0-1870,0 МГц, 2110,0-2170,0 МГц Самаркандского городского сервисного центра ООО "UMS," до 13,2%;

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 7 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях и научных семинарах.

Публикация результатов исследования. Всего по теме исследования опубликованы 24 научных работ, в том числе 9 статей в журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 зарубежных, 5 республиканских журналах, а также получены 3 свидетельства о регистрации программных средств, созданных для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 107 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, определены цель и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **“Значение антенных технологий и алгоритмов распознавания сигналов в процессе радиомониторинга”** посвящена исследованию таких вопросов, как организация процесса радиомониторинга, проблемы в нем, антенны, используемые в радиомониторинге, их классификация, общие сведения о применении антенн с логопериодическими вибраторами в радиомониторинге и роль алгоритма распознавания данных в повышении эффективности радиомониторинга. В результате стремительного развития цифровой радиосвязи в настоящее время

приходится передавать и принимать очень большие объемы данных через беспроводные системы связи. Это приводит к высоким требованиям к мониторингу радиочастотного спектра. В результате постоянно растущих требований к скорости и объему передаваемых данных показано, что выявление и устранение деятельности пользователей несанкционированного радиочастотного спектра с помощью систем радиомониторинга вызывает множество сложностей.

Проанализированы методы организации процесса радиомониторинга и проблемы его реализации. На сегодняшний день проанализированы и изучены форма, поляризация, ширина частотного диапазона, диаграмма направления и методы усиления сигнала антенн, используемых в процессе радиомониторинга. Приведены преимущества использования антенн с логопериодическими вибраторами в эффективной организации процесса радиомониторинга, особенности использования данного типа антенн в организации радиосвязи. На основе анализа основных параметров и типов антенн с логопериодическими вибраторами были определены особенности этих типов антенн, которые не наблюдаются в других антеннах.

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день существует высокий спрос на компактные антенные устройства с высокой эффективностью работы в широком диапазоне частот, ориентированные в процессе радиомониторинга.

Алгоритм EP был проанализирован с помощью научных статей и было показано, что существует возможность повышения эффективности путем внедрения этого алгоритма в систему радиомониторинга.

Во второй главе диссертации под названием **“Значение алгоритма EP и метода ZP в процессе распознавания сигнала в радиомониторинге”** рассмотрено кодирование и декодирование передаваемых цифровых сигналов с помощью кода парной проверки низкой плотности, роль оптимизированного метода оценки полуабстрактного канала в системах OFDM в радиомониторинге, а также совершенствование процесса радиомониторинга в крупномасштабных системах MIMO-OFDM на основе алгоритма распознавания и эффективной обработки сигналов. Последовательность работы процесса распознавания сигнала на основе алгоритма EP представлена на рис. 1, где показаны основные этапы алгоритма и вычислительные процессы.

Сосредоточено внимание на методах распознавания информации, которые могут быть использованы для идентификации символов или декодирования системы MIMO-OFDM с LDPC-кодированием, и алгоритм распределения ожиданий был выбран в качестве эффективного метода приблизительного вывода в EP радиомониторинге. Приведены основные причины использования кодов LDPC при организации процесса радиомониторинга.

Алгоритм распознавания сигнала на основе EP служит для улучшения статистических параметров сигнала и минимизации воздействия шума с использованием метода итеративного пересчета. Этот алгоритм обеспечивает высокую эффективность.



Рисунок 1. Алгоритм процесса распознавания сигнала на основе EP в системе MIMO-OFDM с кодированием LDPC.

В процессе симуляции, выполненной в среде Matlab, была продемонстрирована работа алгоритма EP для вычисления сложных решений в системе MIMO-OFDM с кодированием LDPC на принимающей стороне. Алгоритм EP использовался для оценки неопределенных послеэкспериментальных (posterior) вероятностей битов, используемых в декодере LDPC. В процессе моделирования использовалась многонаправленная канальная матрица с распределением Rayleigh. Результаты, связанные с показателями BER и SNR алгоритмов MPA и SPA, представлены на рисунке 2. Из этих результатов видно, что алгоритм MPA достиг лучших результатов по показателям BER, чем алгоритм SPA. Это объясняется высокой эффективностью алгоритма MPA в оптимизации сигнала и минимизации ошибок в процессе передачи сообщений.

Оптимизированный метод оценки полуабстрактного канала в системах OFDM является эффективным подходом к мониторингу состояния радиочастотного спектра. Оптимизированный полуабстрактный метод позволяет эффективно оценивать характеристики канала связи, такие как затухание, многонаправленное распространение, задержка во времени и т.д., что помогает правильно интерпретировать и анализировать сигналы, полученные на приемнике.

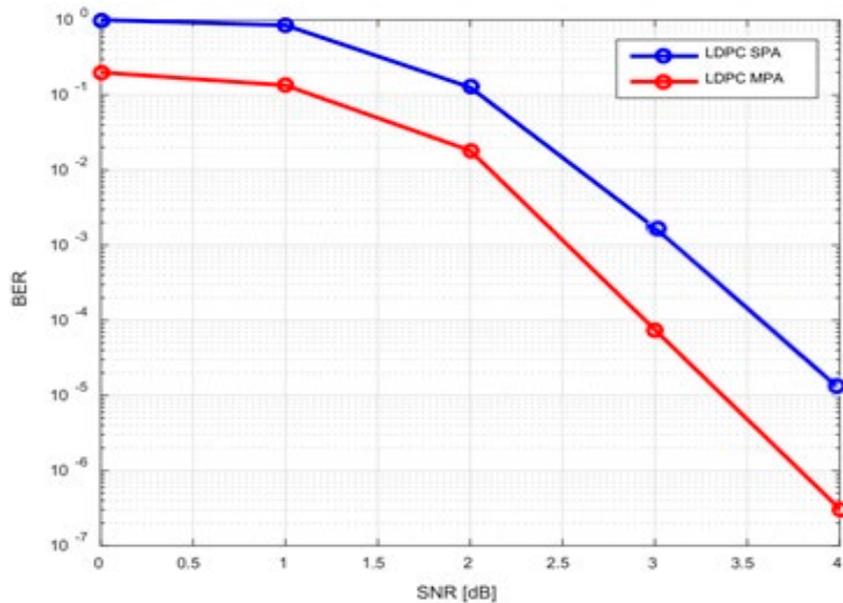


Рисунок 2. Сравнение MMSE BP и BP с детектором EP в системе MIMO-OFDM с кодированием LDPC.

Методы оценки полуабстрактного канала важны для повышения качества передачи сигнала и эффективности работы приемного устройства в системах связи. В этом направлении разработан метод оценки полуабстрактного канала, основанный на избыточном линейном предварительном кодировании, направленный на повышение эффективности передачи и снижение интерференции. Однако процесс построения матрицы канала при реализации этого метода вызывает определенные сложности. Для дальнейшего совершенствования оценки полуабстрактного канала проводятся исследования по определению оптимальной структуры матрицы и снижению сложности вычислений.

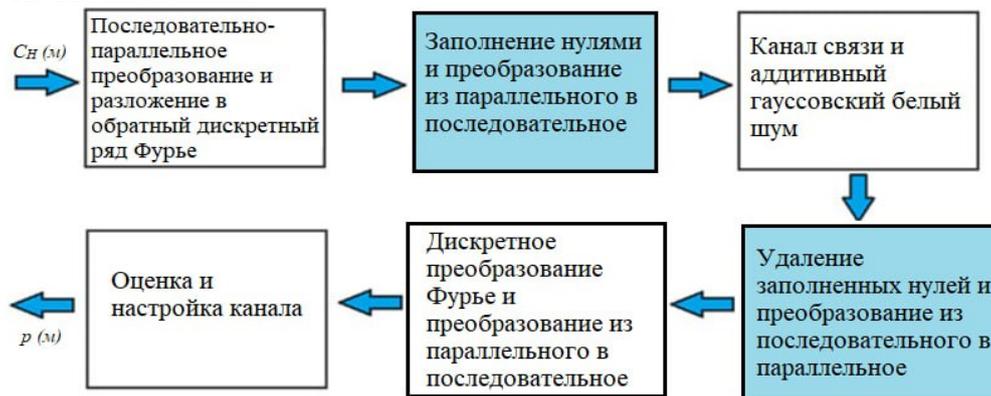


Рисунок 3. Усовершенствованная модель системы OFDM "Один вход-один выход" (SISO) на основе метода нулевого заполнения (ZP).

Данный подход способствует надежному воспроизведению сигнала и снижению помех в высокоразмерных системах OFDM на основе Single Input, Single Output (Один вход, один выход, SISO). Разработаны усовершенствованный алгоритм и модель системы SISO-OFDM на основе метода ZP (рис. 3-4).

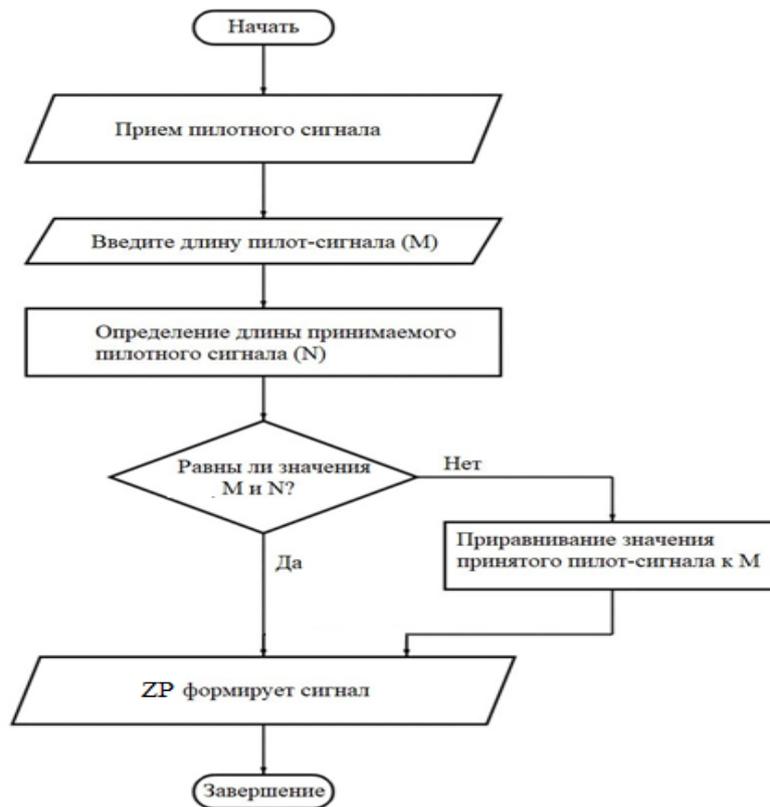


Рисунок 4. Алгоритм реализации имитационной модели системы SISO-OFDM на основе метода ZP.

Данный алгоритм служит для улучшения процессов передачи и приема данных в системах SISO-OFDM. Метод ZP способствует снижению интерференции и повышению спектральной эффективности путем добавления нулевых значений к промежуточным интервалам передаваемых сигналов SISO-OFDM. Этот метод используется вместо традиционного CP и служит для повышения эффективности передачи сигнала и уменьшения помех. Для системы SISO ZP-OFDM был смоделирован ряд методов оценки.

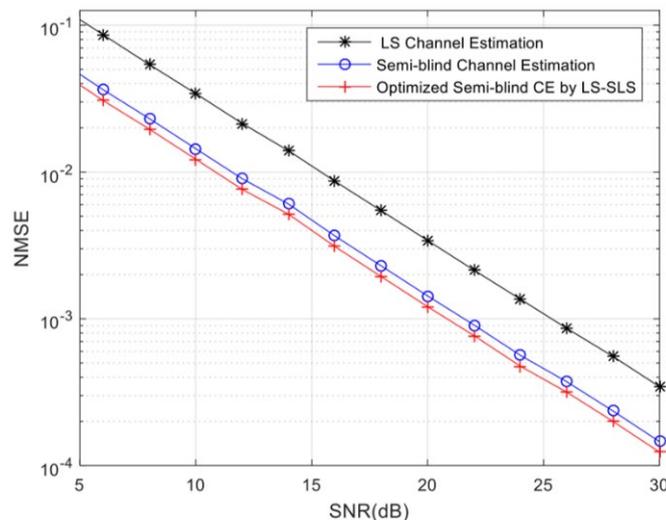


Рисунок 5. Оценка канала с использованием нормализованной среднеквадратической оценки (NMSE) на основе QPSK в системах SISO-OFDM на основе метода ZP.

Результаты симуляции оценивались на основе метода ZP на основе квадратурной фазовой манипуляции (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) и схемы модуляции 16-QAM в системе SISO-OFDM. Результаты сравнения средней квадратичной ошибки (Mean Squared Error, MSE) представлены на рисунке 5, который показывает, что рекомендуемая оценка полуабстрактного канала превосходит оценку канала LS на 6,0-6,5 дБ, а оценка традиционного полуабстрактного канала - на 1,5-2,0 дБ.

Рассчитанные результаты показали, что для повышения эффективности процесса радиомониторинга предложенный нами метод превосходит по полученным параметрам MSE и NMSE. Таким образом, применение оптимизированного метода оценки полуабстрактного канала в системах SISO-OFDM на основе метода ZP для радиомониторинга позволяет эффективно управлять и контролировать прием данных в различных частотных средах.

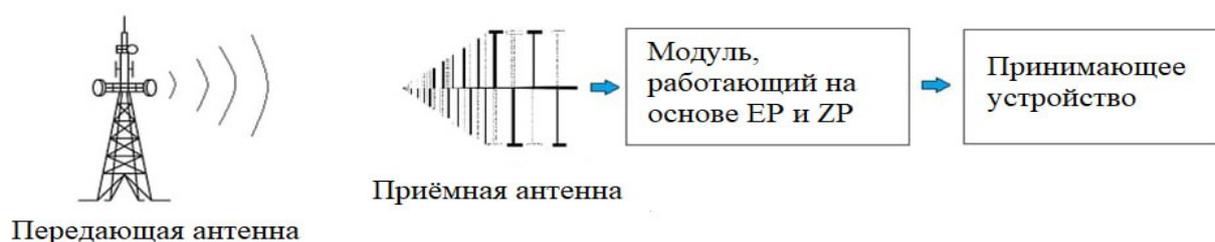


Рисунок 6. Модель повышения эффективности радиомониторинга.

Теоретические основы модели применения алгоритмов распознавания сигналов для повышения эффективности радиомониторинга представлены на рисунке 6 ниже. При этом модель состоит из приемного LPDA и модуля с возможностью распознавания сигнала на основе метода ZP и алгоритма EP, данный модуль повышает эффективность процесса распознавания пилотных сигналов приемным устройством на основе метода ZP и позволяет снизить количество ошибок при приеме сигнала на основе алгоритма EP.

В третьей главе диссертации **“Повышение эффективности радиомониторинга на основе усовершенствованной модели антенны с логопериодическим вибратором”** рассмотрены конфигурация, закономерности, математическая модель, методы уменьшения размеров и процессы проектирования LPDA, используемых в стационарных, мобильных и портативных станциях, используемых в процессе контроля радиомониторинга. С целью повышения эффективности работы антенны оптимальные размеры и параметры определены с помощью математической модели и созданного на ее основе программного средства.

Показано, что длина диполя антенн изменяется по логарифмическому закону в зависимости от безразмерного коэффициента τ , приведенного в выражении (1).

$$\tau = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{X_{n+1}}{X_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} = \frac{a_{n+1}}{a_n}, 1 \leq n \leq N. \quad (1)$$

Также межрядный коэффициент σ , используемый для определения расстояния между диполями антенны определяется по следующим формулам

$$\sigma = \frac{d_n}{2L_n}. \quad (2)$$

эти коэффициенты связаны друг с другом на основе следующего выражения

$$\sigma = 0,25(1 - \tau) \operatorname{ctg} \alpha/2 \quad (3)$$

Итак, изменение угла вершины α приводит к изменению значения промежуточного коэффициента σ , определяемого по следующей формуле.

$$\operatorname{ctg} \alpha/2 = \frac{4\sigma}{1 - \tau} \quad (4)$$

Каждому периоду структуры безразмерного коэффициента τ соответствует определенный промежуточный коэффициент σ_{opt} , и только тогда достигается максимальный коэффициент усиления антенны.

$$\sigma_{opt} = 0,258\tau - 0,066 \quad (5)$$

Для диапазона рабочих частот LPDA длина вибратора, работающего на самой низкой частоте, ограничена l_{max} , а длина вибратора, работающего на самой высокой частоте, ограничена l_{min} . Для определения размеров диполей LPDA использовалась следующая формула:

$$l_{max} \approx \frac{\lambda_{max}}{2} \text{ и } l_{min} \approx \frac{\lambda_{min}}{3} \quad (6)$$

На основе выполненных математических расчетов определены все параметры, необходимые для изготовления ЛПДА, используемого в процессе радиомониторинга в диапазоне частот 400÷3000 МГц.

С помощью программы разработано программное средство для определения значений длины диполей l , расстояния между ними R и ширины диполей W , и полученные результаты представлены на рисунке 7 ниже.

Parameter	l	R	W
O'cham ko'effitsient (τ)	3.75		12
	3.34	0.43	10.68
	2.97	0.38	9.51
Pastki chegara chastotasi (fp) MGs	2.64	0.34	8.46
	2.35	0.3	7.53
	2.09	0.27	6.7
	1.86	0.24	5.96
	1.66	0.21	5.31
	1.48	0.19	4.72
Yuqori chegara chastotasi (fy) MGs	1.31	0.17	4.2
	1.17	0.15	3.74
	1.04	0.13	3.33
	0.93	0.12	2.96
	0.82	0.11	2.64
Antenna cho'qqisining burchagi (α, grad)	0.73	0.1	2.35
	0.65	0.08	2.09
	0.58	0.08	1.86
	0.52	0.07	1.66
	0.46	0.06	1.47
	0.41	0.05	1.31
LPDA dipollarning eni (Wn, mm)	0.36	0.05	1.17
	0.32	0.04	1.04

Рисунок 7. Программа для расчета логопериодной дипольной антенны.

Программа позволяет сократить время, затрачиваемое на процесс расчета и обеспечить точность результатов.

Одним из основных способов уменьшения размера LPDA является использование техники фракталов. Это было разработано с использованием комбинированной техники между моделью фрактальной геометрии LPDA Koch, в которой размер антенны был уменьшен за счет создания T–

фрактальной геометрии. За счет увеличения размеров антенны угла пика антенны α в 2,35 раза также удалось уменьшить общий объем антенны на 12,6%.

Модель антенны была имитационно смоделирована на основе программы CST Studio Suite и оптимизирована на основе результатов, полученных на основе симуляции. Результаты моделирования оценивались на основе параметра S, диаграммы направления и коэффициента усиления стоячей волны.

Результаты, полученные на основе симуляции, показали, что диапазон эффективной работы антенны составляет от 400 МГц до 2880 МГц при угловом коэффициенте открытия антенны 46о градусов, что является наиболее оптимальным результатом. Только в полосе частот от 2270 МГц до 2370 МГц с частотой 100 МГц этого диапазона максимальное значение КСВН (коэффициент стоячий волны по напряжению) было равно 2.07 (рис. 8).

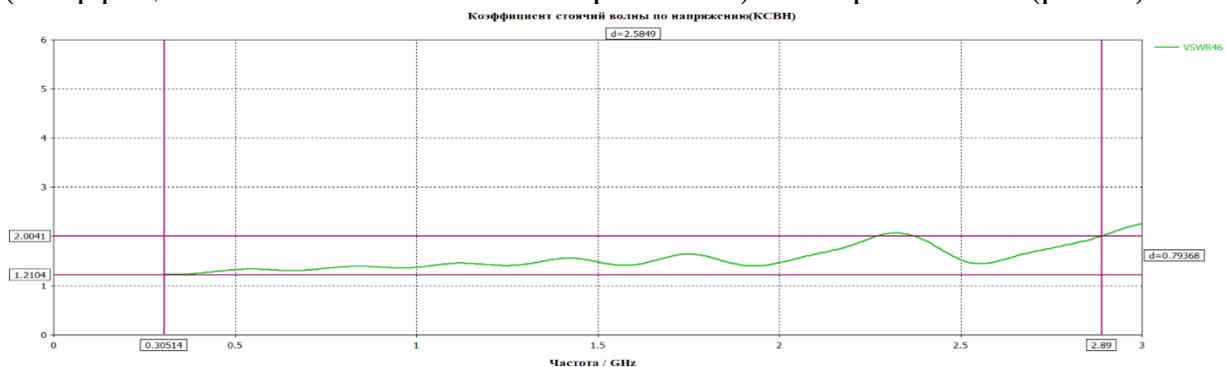


Рисунок 8. КСВН LPDA при значении угла раскрытия 46,0° в диапазоне частот 0,4-3,0 ГГц

В диапазоне частот 0.4-3.0 ГГц КСВН принял наиболее оптимальное значение по сравнению с другими углами, когда угол открытия LPDA был равен 46,0°. Этот результат играет важную роль в обеспечении точности и надежности систем радиомониторинга, значительно улучшая электромагнитную совместимость антенны и повышая эффективность передачи энергии.

По результатам, полученным на основе математической модели и имитационной модели, определены оптимизированные размеры логопериодической модели дипольной антенны и разработана реальная модель антенны (рис. 9).

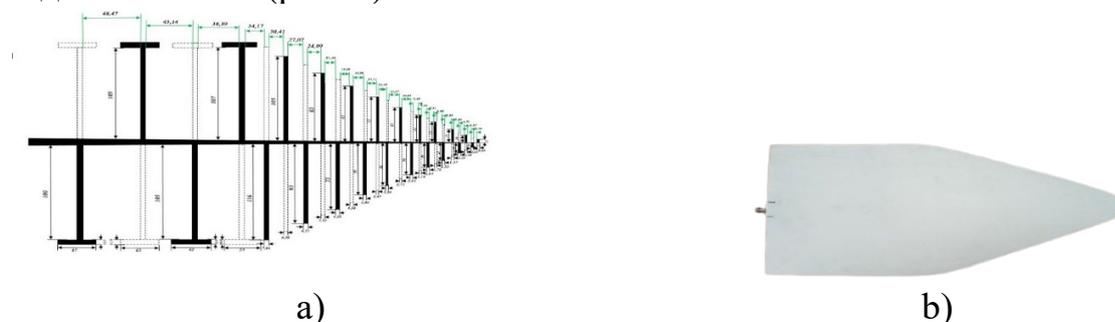


Рисунок 9. Размеры (а) и внешний вид (б) изготовленной антенны.

С целью определения эффективности работы антенны в процессе радиомониторинга были проведены измерительные работы и представлены в виде графика (рис. 10). Для сравнительного анализа возможностей антенн были сопоставлены штыревая антенна, направленная антенна HE-400 UWB и смоделированная LPDA.

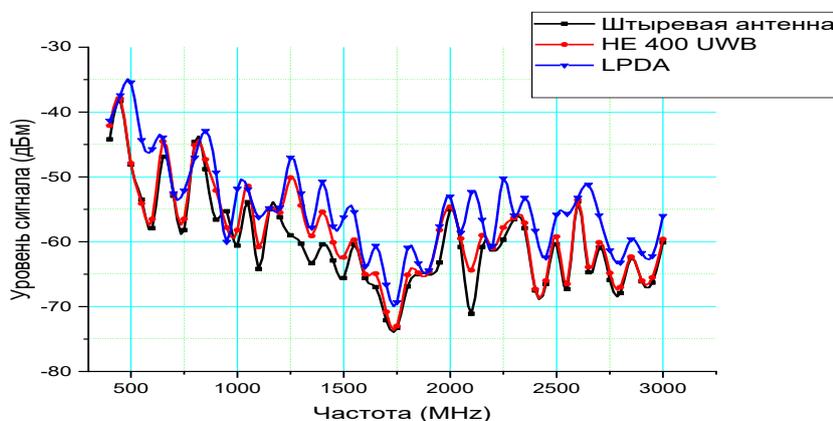


Рисунок 10. Результаты измерений проведенных по антеннам.

При сравнении параметров данной антенны со штыревой можно увидеть, что уровень сигнала на 18,8 дБ выше, чем у антенны HE-400 UWB на 12,7 дБ.

Для сравнительного анализа возможностей антенны было проведено сравнение с разработанной антенной LPDA, HE-400 UWB. На основании этих результатов можно сказать, что уровень сигнала созданной LPDA на 11,8 дБ выше, чем у антенны HE-400UWB, а в процентах эффективнее на 13,2%.

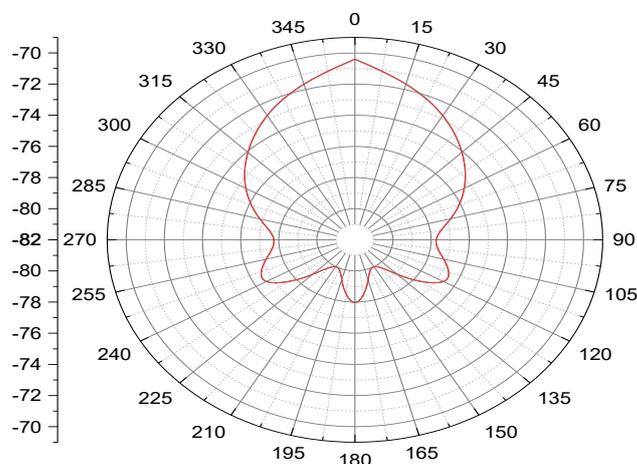


Рисунок 11. Диаграмма направленности LPDA на частоте 500 MHz.

Сходство симметрии диаграммы направленности созданного ЛПДА с диаграммой направленности традиционного ЛПДА показано на рис. 11. Это подтверждает достоверность результатов симуляции.

Получены результаты измерений сигналов телевизионных передатчиков по уровням напряженности поля ($\text{dB}\mu\text{V}$), принятым через HE-400 UWB и разработанную LPDA. Согласно анализу полученных графических данных, все каналы LPDA зарегистрировали более высокий уровень напряженности поля по частотному диапазону по сравнению с антенной HE-400 UWB. Особенно на частоте 610 MHz преобладает LPDA с максимальной разностью

5 дБмкВ, что свидетельствует о значительно более эффективной работе антенны в определенном диапазоне частот. Во всех остальных точках измерения LPDA также принимала сигналы стабильно и на высоком уровне, что подтверждает его высокую спектральную чувствительность и улучшенные характеристики приема.

С помощью созданных антенн LPDA и "HE-400 UWB" измерены и сравнительно проанализированы значения уровня напряженности поля по эфиру, коэффициента битовой ошибки (BER), уровня ошибки модуляции и параметров отношения сигнала к шуму частотной полосы телевизионных каналов.

Наблюдается, что LPDA имеет более высокие показатели SNR на всех частотах по сравнению с HE-400 UWB. На частоте 554 МГц SNR является самой низкой, составляя 25,9 дБ для HE-400 UWB и 26,8 дБ для LPDA. Самый высокий результат был зафиксирован на частоте 610 МГц, где HE-400 UWB достиг 40,6 дБ, LPDA 41,9 дБ. На остальных частотах антенна LPDA также показала превосходство, продемонстрировав лучшее качество сигнала и помехоустойчивость.

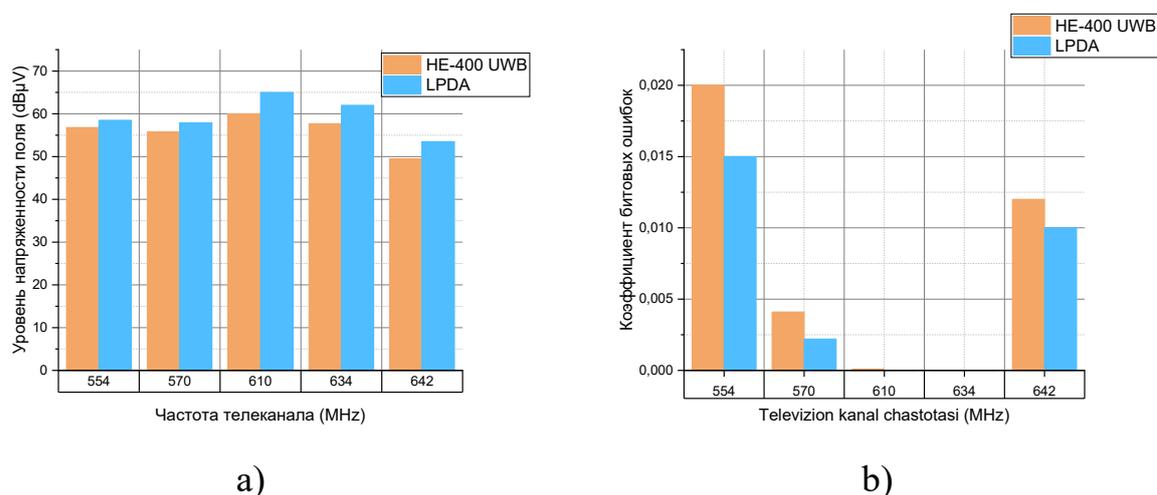


Рисунок 12. Результаты измерений а) уровня сигнала и б) уровня битовых ошибок полосы частот телевизионного канала в HE-400 UWB и LPDA.

Из измеренных значений полос частот телевизионного канала видно, что такие параметры, как напряженность поля, BER, MER и SNR сигналов, закодированных по LDPC, были выше по всем параметрам в LPDA по сравнению с антенной HE-400 UWB.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационного исследования доктора философии (PhD) на тему «Модель и алгоритм повышения эффективности радиомониторинга в сверхвысокочастотном диапазоне» представлены следующие выводы:

1. Анализ исследований и литературы подтвердил важность использования логопериодических дипольных антенн и актуальность их совершенствования. Выявил потребность в компактных антенных устройствах с высокой эффективностью для работы в широком диапазоне частот. Установлено, что это способствует улучшению качества радиомониторинга за счет оптимизации параметров антенн и усиления сигнала.

2. Внедрение алгоритма EP совместно с системами LDPC-кодирования и OFDM доказало свою эффективность в повышении производительности радиомониторинга. Эти методы обеспечивают точное декодирование сигналов и снижают вероятностную неопределенность, что улучшает обработку данных в сложных системах связи.

3. Методы оценки полуабстрактных каналов для системы SISO OFDM на основе метода ZP, включая LS-SLS, показали способность минимизировать ошибки, вызванные шумом, и повысили точность оценки параметров канала. Это позволяет повысить надежность и точность радиомониторинга в условиях реальных помех.

4. Разработаны математические, имитационные и физические модели дипольной антенны с оптимизированным логопериодом, способной работать в диапазоне частот 400÷3000 MHz, предназначенные для применения в области радиомониторинга. Эффективность этой модели была проанализирована на основе симуляции и реальных экспериментов.

5. Разработана физическая модель проектируемого ЛПДА и проведены измерения с целью определения его эффективности в радиомониторинге. Сравнение параметров этой антенны со штыревой антенной показывает, что уровень напряженности электромагнитного поля на 18,8 дБ выше, чем у антенны HE-400 UWB на 12,7 дБ. Также были проведены измерения в частотных диапазонах базовых станций операторов мобильной связи и установлено, что созданная антенна LPD на 13,2% эффективнее, чем антенна HE-400UWB.

6. При радиомониторинге в процессе приема данных измерялись численные значения параметров напряженности поля, коэффициента битовой ошибки (BER), коэффициента ошибки модуляции (MER) и отношения сигнал-шум (SNR) в диапазоне частот 540÷640 MHz при использовании LPDA, спроектированной с использованием метода кодирования LDPC. В процессе измерений было установлено, что показатели LPDA по всем параметрам выше, чем у антенны HE-400 UWB.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

OLMASOV AKHMAD ASADOVICH

**A MODEL AND ALGORITHM FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF
RADIO MONITORING IN THE ULTRA-HIGH FREQUENCY RANGE**

**05.04.02 – Systems and devices of radio engineering, radio navigation, a radar-location and
television. Systems of mobile, fiber-optical communication**

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY DEGREE (PhD)
OF TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2025

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme attestation commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2024.3.PhD/T4895.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website of www.tuit.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal www.ziynet.uz.

Scientific adviser:	Mirzokulov Khotam Bakhtiyor ugli Doctor of Philosophy of Technical Sciences, Docent
Official opponents:	Alimova Nodira Batirdjanovna Doctor of Technical Sciences, Professor Shakhobiddinov Alisher Shopatkiddinovich Doctor of Philosophy of Technical Sciences, Docent
Leading organization:	Military Institute of Information and Communication Technologies and Communications of the University of Military Security and Defense

The defense will take place on «1» of november 2025 at 11³⁰ the meeting of Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies (address: 100084, Tashkent city, Amir Temur Street., 108. Tel.: (99871) 238-64-15; e-mail:info@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed in the Information Resource Centre at Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. (Registration number № 375). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-15.

The abstract of dissertation is distributed on: “21” october 2025.

(Protocol at the register № 13 on “21” october 2025)

B.Sh.Makhkamov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees, Doctor of
Economical Sciences, Professor

M.S.Saitkamolov
Scientific Secretary of the Scientific
Council awarding scientific degrees,
Doctor of Economical Sciences, Docent

D.A.Davronbekov
Chairman of the academic Seminar
under the Scientific Council awarding
scientific degrees, Doctor of Technical
Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop a model and algorithm for increasing the efficiency of radio monitoring in the ultra-high frequency range based on the Expectation Propagation algorithm, the Zero Padding method, and an improved logoperiodic vibrator antenna.

The object of the research work is the signals of digital television and mobile communication systems, in which radio monitoring is carried out.

The scientific novelty of the research work are as follows:

The model of the MIMO-OFDM system with LDPC code, which improves the parameters of its quality indicator by applying the expectation propagation (EP) algorithm to radio monitoring, has been improved based on Bayes' theorem in the process of signal recognition;

The model of the SISO-OFDM system has been improved based on the zero padding (ZP) method, which increases the level of determination of the root mean square error coefficient of transmitted and received signals during radio monitoring;

an algorithm and model have been developed that allow increasing the efficiency of radio monitoring in the ultra-high frequency range based on the expectation propagation (EP) algorithm, zero padding (ZP) method, and the adaptation of a logoperiodic vibrating antenna for signal recognition.

based on an antenna with an ultra-high frequency band logoperiodic vibrator with a T-fractal structure, a model has been developed that allows for the analysis of the directional diagram and the parameters of the standing wave coefficient by voltage.

Implementation of the research results.

Based on the results obtained on the development of simulation models for decoding interference-resistant signals and optimizing the estimation of a semi-abstract channel with the selection of the most optimal computational laws, the creation of a mathematical and real model of logoperiodic vibrator antennas with improved technical parameters, as well as methods and models for increasing the efficiency of the radio monitoring process:

An improved physical model of the antenna is presented, in which the parameters of the radiation pattern and the voltage standing wave ratio are adjusted by introducing the coefficient of the distance between the dipoles into the mathematical model that determines the LPDA opening angle, and a method for increasing the efficiency of the quality indicator parameters by applying the expectation propagation (EP) algorithm to the radio monitoring process for detecting radio interference in the frequency bands of mobile base stations of the MIMO-OFDM system with LDPC coding. In particular, the created log-periodic dipole antenna was implemented in the Samarkand regional branch of Uzbektelecom JSC "UzMobile" (reference of the Ministry of Digital Technologies No. 33-8 / 7493 dated November 6, 2024). As a result, it was possible to increase the efficiency of detecting radio interference affecting the quality of operation of base stations of mobile communication systems operating in the frequency bands of 713.0-733.0

MHz, 733.0-748.0 MHz, 902.8-908.6 MHz, 1766.4-1784.8 MHz, 1965.0-1980.0 MHz of the Samarkand regional node of the branch of JSC "Uzbektelecom" "UzMobile" by up to 10.0%;

In the Samarkand Radio and Television Broadcasting Center of the State Unitary Enterprise "RRTM" (reference of the Ministry of Digital Technologies No. 33-8 / 7493 dated November 6, 2024), an improved model of signal reception and recognition was implemented, based on the use of a log-periodic vibration antenna and the Zero Padding (ZP) method as a receiving antenna in low-power transmitters of the SISO-OFDM system. As a result, the signal level according to the proposed model was 64.1 dB μ V / m, while the signal level in the television antenna used in production was 59.1 dB μ V / m. At the same time, the proposed log-periodic vibration antenna made it possible to effectively receive up to 8.5% of the signal;

An algorithm is proposed that allows increasing the efficiency of radio monitoring due to the principle of integration and interrelation of the expectation propagation (EP) algorithm, the Zero Padding (ZP) method and an improved physical model of a log-periodic vibrator antenna for recognizing signals in the ultra-high frequency range by the values of specified parameters. In particular, the created log-periodic vibrator antenna was implemented in the Samarkand city service center of UMS LLC (reference of the Ministry of Digital Technologies No. 33-8 / 7493 dated November 6, 2024). As a result, it was possible to increase the efficiency of detecting radio interference affecting the quality of operation of base stations of mobile communication systems operating in the frequency ranges of 804.0-815.0 MHz, 935.0-960.0 MHz, 1805.0-1870.0 MHz, 2110.0-2170.0 MHz of the Samarkand city service center of UMS LLC by up to 13.2%;

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of three chapters, conclusion, list of references, annexes. The volume of dissertation is 107 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; Part I)

1. G.Sangirov, F.Yongqing, J.Sangirov, F.Ye, A.Olmasov. A performance analysis of optimized semi-blind channel estimation method in OFDM systems // ICACT Transactions on Advanced Communications Technology. Korea. 2016, № 5 (5) -pp. 907-912. **(Scopus)**.

2. A.Olmasov, A.Salakhitdinov, Kh.Mirzokulov. Development of a Logo-Periodic Antenna in the Very High Frequency Band and Measurement of its Basic Parameters // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). Tashkent. 2021. Rayosat qarori №525 (30.10.2021-y.) bilan OAK ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan jurnallarga tenglashtirilgan **(Scopus)**.

3. X.Б.Мирзокулов, А.А.Олмасов, А.Н.Салахитдинов, Б.Ж.Нормахмадов. Измерение основных параметров разработанной логопериодической антенны работающей в диапазоне УКВ // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. -№ 3 (21), 2022. -Б. 150-152 (05.00.00; №10).

4. X.Б.Мирзокулов, А.А.Олмасов, Б.Ж.Нормахмадов. Моделирование направленных логопериодических дипольных антенн с использованием программного обеспечения CST studio suite и изучение их возможностей // Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. -№ 3(5), 2023. -В. 76-83 (ОАК Rayosati qarori 29.08.2023 № 342/2)

5. X.Б.Мирзокулов, А.А.Олмасов, М.А.Болбеков. Печатная антенна для анализа сигнала в увч диапазоне // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. -№3(25), 2023. -В.148-152 (05.00.00; №10).

6. X.Б.Мирзокулов, А.А.Олмасов, Ш.Ж.Хайдаров. Моделирование направленных логопериодических дипольных антенн с использованием программного обеспечения CST Studio Suite и изучение их характеристик // Miasto Przyszłości Kielce. -№ 45, 2024. -В. 175-182.

7. А.А.Олмасов. Radiomonitoring jarayonining samaradorligini oshirish usuli va modeli // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. -№3(29), 2024. -В.179-182 (05.00.00; №10).

8. А.А.Олмасов. Ultra yuqori chastota diapazonida radiomonitoring samaradorligini oshirishda kutilmani tarqatish algoritmidan foydalanish // Innovation technosystems. Ilmiy texnik jurnali. №3(15), 2024. -В. 74-78.

9. A.Olmasov, Kh.Mirzokulov, B.Djaniyev, N.Mardiyev. Printed Antenna for Signal Analysis in the UHF Band // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). Tashkent. 2022, **(Scopus)**.

II bo‘lim (II часть; Part II)

10. G.Sangirov, F.Yongqing, J.Sangirov, A.Olmasov. Performance Enhancement in LDPC coded high-dimension MIMO-OFDM systems // The 2nd International Conference on Electronics, Network and Computer Engineering (ICENCE 2016). August 13-14, 2016. Yinchuan, China.

11. H.B.Mirzoqulov, A.A.Olmasov, J.A.Usmonov, Sh.J.Haydarov. Logoperiodli dipol antenna modelining parametrlarini CST studio muhitida tahlil qilish // III xalqaro qo‘shma ilmiy-texnik konferensiya “Raqamli texnologiyalar: sohalarda amaliy joriy etishning muammo va yechimlari”. 2023-yil 27-28 aprel, Toshkent, O‘zbekiston.

12. P.Валетов, А.Олмасов. Техническое способы улучшения электромагнитной обстановки // XXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов. Новые информационные технологии в научных исследованиях. 2016, Рязань, Россия.

13. P.Валетов, А.Олмасов. Помехоустойчивая передача данных // XXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов. Новые информационные технологии в научных исследованиях НИТ-2016, Рязань, Россия.

14. A.A.Olmasov, N.N.Mardiyev. Mobil aloqa va televizion signallarining signal sathlarini o‘lchashda mahalliy materiallardan foydalanish // Axborot kommunikatsiya texnologiyalari dasturiy ta’minot yaratishda innovatsion g‘oyalar. Respublika ilmiy texnik konferensiyasi, 17-18-may 2021, Samarqand, O‘zbekistan.

15. A.A.Olmasov, M.Israilov, N.A.Maxmudov, J.Z.Ulashov. Mobil aloqa va televizion signallarning signal sathlarini o‘lchashda mahalliy materiallardan yasalgan antennalarning ekspluatatsion tahlili // O‘quv trenajyorlarini yaratish va ta’lim-tarbiya jarayoniga qo‘llashning dolzarb masalalari. 2021-yil 4-iyun. Toshkent, O‘zbekistan.

16. A.N.Salaxitdinov, A.A.Olmasov, B.B.Djaniyev, N.N.Mardiyev. O‘ta yuqori chastota diapazonida ishlaydigan texnik xarakteristikalari yaxshilangan antenna yaratish // “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va at-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. 24-25-noyabr 2021-yil. Samarqand, O‘zbekistan.

17. A.A.Olmasov, A.N.Salaxitdinov, H.B.Mirzoqulov. Ultra qisqa to‘lqin diapazonida ishlaydigan texnik parametrlari yaxshilangan logoperiodik antenna yaratish // “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va at-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani. 24-25-noyabr 2021-yil. Samarqand, O‘zbekistan.

18. А.А. Олмасов, Р.Ш. Валетов, А.Н. Салахитдинов, Х.Б. Мирзокулов. Логопериодическая дипольная антенна с улучшенными техническими параметрами // Современные технологии в науке и образовании СТНО-2022. V Международный научно-технический форум «Современные технологии в

науке и образовании», 2022. Рязань, Россия.

19. Р.Ш. Валетов, А.А. Олмасов, М.Н. Махмудов, Х.Б. Мирзокулов, А.Н. Салахитдинов. Измерение уровней сигналов на УВЧ диапазоне широкополосной логопериодической антенной // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., 2022. Рязань, Россия.

20. Р.Ш. Валетов, А.А. Олмасов, Х.Б. Мирзокулов. Печатная антенна для анализа сигналов в диапазоне УВЧ // «VI Международный научно-технический форум «Современные технологии в науке и образовании». 2023, Рязань, Россия.

21. A.A. Olmasov. Ultra yuqori chastota diapazonida radiomonitoring samaradorligini oshirishda logoperiodli dipolli antennalarning ahamiyati // “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va AT-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. 2024-yil 1-2-noyabr. Samarqand, O‘zbekistan.

22. H.B.Mirzoqulov, B.J.Normahmadov, A.A.Olmasov. Simsiz tarmoqlarda aloqa qamrovi hududini hisoblash dasturi. O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi. Elektron hisoblash machinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘xatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 17770, 02.07.2022.

23. H.B.Mirzoqulov, B.J.Normahmadov, A.A.Olmasov. Logoperiodik antennaning parametrlarini hisoblash dasturi. O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi. Elektron hisoblash machinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘xatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 21487, 26.12.2022.

24. A.A.Olmasov. Radiomonitoring jarayoni ma’lumotlarini to‘plash va tahlil qilish dasturi. O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi. Elektron hisoblash machinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘xatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 40352, 20.06.2024.

Avtoreferat «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» ilmiy jurnali tahririyatida o‘zbek,
rus va ingliz tillaridagi matnlarining mosligi tekshirildi.

2770248



Bosishga ruxsat etilgan: 07.10.2025 y.
Bichimi: 60x84 1/8 «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3,0. Adadi: 100. Buyurtma: № 80.

«Public Publish Printing» MChJ
bosmaxonada chop etilgan.
Toshkent, M.Ulug‘bek tum., Moylisoy, 22.