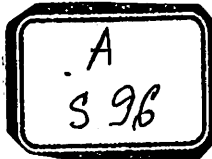


TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI



SULTONOVA MAXBUBAXON ODILOVNA

ATMOSFERA OPTIK ALOQA TIZIMLARI ASOSIDAGI YUQORI
TEZLIKLI TRANSPORT TARMOQLARI
(O'zbekiston Respublikasi misolida)

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

TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) ILMIY DARAJASINI
OLISH UCHUN DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Toshkent – 2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

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

Sultonova Maxbubaxon Odilovna

Atmosfera optik aloqa tizimlari asosidagi yuqori tezlikli transport tarmoqlari (O'zbekiston Respublikasi misolida)..... 3

Султонова Махбубахон Одилевна

Высокоскоростные транспортные сети на основе атмосферных систем)..... 21

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока**

on atmospheric
in Republic of
..... 39

..... 43

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

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

SULTONOVA MAXBUBAXON ODILOVNA

ATMOSFERA OPTIK ALOQA TIZIMLARI ASOSIDAGI YUQORI
TEZLIKLI TRANSPORT TARMOQLARI
(O'zbekiston Respublikasi misolida)

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

TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) ILMIY DARAJASINI
OLISH UCHUN DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T3549 raqam bilan ro'yxatga olingan.

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

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tuit.uz) va «Ziyonet» axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Davronbekov Dilmurod Abdujalilovich texnika fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Parsiyev Saydiaxat Solixodjayevich texnika fanlari doktori, dotsent Abdukayumov Abdurashid texnika fanlari doktori, professor
Yetakchi tashkilot:	I.Karimov nomidagi Toshkent Davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.02 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil "19" 02 soat 10:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, 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 (302 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-15).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "12" 03 da tarqatildi.
(2024 yil "18" 03 dagi 5 - raqamli reestr bayonnomasi).



B. Sh. Maxkamov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, fan shaxsiyot fanlari doktori, professor

M. S. Saitkamolov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, fan shaxsiyot fanlari doktori, dotsent

D. Ya. Irgasheva
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda telekommunikatsiya tarmoqlari va tizimlari oxirgi obyektlar yoki foydalanuvchilar o'rtasida axborot almashinuvini ta'minlaydigan asosiy infratuzilma rolini o'ynamoqda. Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlari va tizimlari simli, simsiz, optik va boshqa axborot uzatish texnologiyalarini birlashtiradigan juda murakkab majmua hisoblandi. Oxirgi foydalanuvchilarning qabul qilinadigan va uzatiladigan axborot hajmiga ehtiyojlarining ortib borishi uzatish tezligiga bo'lgan talablarning paydo bo'lishiga olib kelmoqda, bu esa yuqori tezliklardagi telekommunikatsiya tizimlariga nisbatan talabning ortib borishini ko'rsatmoqda. Shu bois jahonning yetakchi davlatlarida oxirgi foydalanuvchilarning axborot almashish tezliklariga bo'lgan ortib borayotgan ehtiyojlarini qondirish uchun yangi texnika, texnologiya va usullarni ishlab chiqish zaruratiga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda amalda isbotlangan texnologiyalar asosidagi yechimlardan foydalanish bilan yuqori tezliklardagi transport telekommunikatsiya tarmoqlarini, jumladan, 4G/5G avlodlardagi zamonaviy mobil aloqa tizimlarini tashkil etishga qaratilgan katta hajmlardagi ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ilmiy ishlarning katta qismi funksional imkoniyatlar, axborot uzatish tezliklarini oshirishga va radiochastotalar spektridan samarali foydalanishga qaratilgan. Telekommunikatsiya infratuzilmasining bir qismi sifatida atmosfera optik aloqa tizimlaridan (AOAT) foydalanish masalalari ham ko'rib chiqilmoqda. Bu yo'nalishda meteorologik ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish, modellar, analitik ifodalar, algoritmlarni ishlab chiqishga, yuqori tezliklardagi transport kommunikatsiya tarmoqlarini loyihalash va qurish imkoniyatlarini baholash bo'yicha dasturiy ta'minotni ishlab chiqish kabi ko'plab muammolarni yechishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini yanada rivojlantirish, jumladan, zamonaviy simsiz aloqa tizimlarini rivojlantirish bo'yicha keng ko'lami chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "raqamli infratuzilmani yanada rivojlantirish orqali barcha aholi maskanlari va ijtimoiy obyektlarini va magistral avtomobil yo'llarni keng polosali ulanish tarmoqlari bilan qamrab olish"¹ qo'yilgan muhim maqsadlardan biri hisoblanadi. Ma'lumotlarni keng polosali uzatish tarmoqlarini yaratish kabi qo'yilgan muammolarni yechishda muhim vazifalardan biri muqobil yuqori tezliklardagi texnologiyalardan, xususan, atmosfera optik aloqa tizimlaridan foydalanish va joriy etish imkoniyatlarini tahlil qilish hisoblanadi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 19-fevraldagi "Axborot texnologiyalari va kommunikasiyalari sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-5349-son, 2020-yil 5-oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston-2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-son farmonlarida,

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022 yildagi "2022 - 2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" PF-60 Farmoni. <https://lex.uz/docs/5841063>

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 28-apreldagi "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4699-son, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 19-noyabrdagi "O'zbekiston Respublikasi telekommunikatsiya infratuzilmasini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 699-son qarorida, shuningdek, bu sohada qabul qilingan va tegishli qonun hujjatlarida belgilangan boshqa huquqiy hujjatlarda ko'zda tutilgan vazifalarni bajarishga ma'lum darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqotlar fan va texnologiyalari rivojlanishining IV bo'limi "Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsion texnologiyalarni rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. So'nggi yillarda jahonning turli mintaqalarida atmosfera optik aloqa tizimlarni rivojlantirish bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Mavjud telekommunikatsiya, shu jumladan mobil aloqa tizimlarida keng polosali yuqori tezliklardagi aloqa kanallarini tashkil etish birinchi navbatdagi vazifa bo'lgan aloqa va ma'lumotlarni uzatish xizmatlari bozorining rivojlanishi atmosfera optik aloqa tizimlaridan foydalanishga qiziqish uyg'otadi.

Telekommunikatsiya tizimlariga doir tadqiqotlar yo'nalishiga N.M.Pavlov, S.A.Ustinov², Ye.R.Milyutin³, A.Yu.Nikolayev⁴ (Rossiya), William L. Wolfe, George J. Zissis⁵ (AQSh), John Gowar⁶ (Buyuk Britaniya), H.G.Unger⁷ (Germaniya), Yu.I.Malishenko, A.N.Royenko⁸ (Ukraina) va boshqalarning ilmiy ishlari, shuningdek respublikamizning T.D.Radjabov⁹, M.M.Muxitdinov¹⁰, A.A.Xalikov¹¹, R.Isaev¹², R.R.Ibraimov¹³ va boshqa olimlarning ilmiy ishlari bu muammolarni o'rganishga bag'ishlangan.

² Павлов Н.М., Устинов С.А. Прошлое, настоящее и будущее атмосферных оптических линий передачи // Вестник связи. - 2002. - № 2. - с.56 – 59.

³ Е.Мильютин. Основные тенденции развития атмосферных оптических линий связи // Первая миля. - 2014. - № 5. - с. 46–47.

⁴ Николаев А.Ю. Расчет надежности работы атмосферной оптической линии связи // Информост - Средства связи. - 2001. - №4(17). - с. 26-27.

⁵ William L. Wolfe, George J. Zissis. The Infrared Handbook, Revised Edition / General Dynamics. - 1985. -1700 p.

⁶ John Gowar. Optical Communication Systems / Prentice-Hall International. - 1984. - 577 p.

⁷ Unger H.G. Optische Nachrichtentechnik [Optical communications]/Huthig Verlag; 3rd edition.-1993.-316 p.

⁸ Ю.И.Малышенко, А.Н.Роеенко. Функция распределения дождевых капель по размерам для миллиметрового и терагерцового диапазонов радиоволн // Системи обробки інформації.-2009.-Вип.1.-с.78-84.

⁹ Т.Д.Раджабов, З.Т.Хакимов. Оптимизация спектральных характеристик высокоскоростных широкополосных телекоммуникационных сетей связи // VII Международная научная конференция «Приоритетные направления в области науки и технологии в XXI веке»: Сборник статей, том I. - Ташкент, 2014. - С.267-268.

¹⁰ Мухтяндинов М.М., Арифджанов А.З. О развитии сетей широкополосного доступа //Научно-технический журнал «Ахборот коммуникациялари: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар».-2019. -№3(51).- с.19-23.

¹¹ А.А.Халиков, Д.А.Давронбеков, J.F.Kurbanov. Raqamli mobil aloqa vositalari: darslik. Toshkent: "O'zbekiston faylasufi milliy jamiyati" nashriyoti.-2018.-556 b.

¹² R.I.Isayev, G. X. Mirazimova, Kh. R. Davletova. Assessment Of The Quality Of Signal Transmission In Fiber-Optic Communication Systems With Wave Division Of Channels // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education.- Vol.12, №8, 2021. - 110-121 p.

Bu sohadagi tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, atmosfera optik aloqa tizimlarni qurish imkoniyatlari va ularning ishlashiga geografik mintaqalar iqlim sharoitlarining ta'sirini aniqlash, mobil aloqa tizimlarining transport tarmoqlarida, xususan, O'zbekiston Respublikasida atmosfera optik aloqa tizimlardan foydalanishga bag'ishlangan masalalar yetarlicha darajada tadqiq qilinmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida amalga oshirilgan 1-sonli "To'rtinchi avlod texnologiyalarini qo'llagan holda, turli muhitlardagi elektromagnit maydoni sathlarining taqsimlanishi va mobil aloqa sifat ko'rsatkichlarining baholanishi" (2018-2019), 1506/21F-sonli "Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini oshirish model va usullari" (2021-2022) loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi O'zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari uchun statistik meteorologik ma'lumotlarga ishlov berish yo'li bilan meteorologik ko'rinish masofasi integral taqsimot funksiyalarini, atmosfera optik uzatish tizimi asosida mobil aloqada yuqori tezlikli transport tarmoq loyihasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

mobil aloqa tizimlarining transport tarmoqlariga nisbatan atmosfera optik uzatish tizimlarini joriy etish va ulardan foydalanishning xususiyatlarini tahlil qilish, O'zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari atmosferasining holati to'g'risidagi statistik ma'lumotlarni to'plash va ishlov berish;

O'zbekiston Respublikasi muayyan hududning meteorologik xizmatlarining meteorologik statistikasi, atmosfera optik aloqa tizimlarda aloqaning uzilishiga olib keladigan yog'ingarchilik intensivligining ta'sirini, meteorologik ko'rinish masofasi ehtimolliklari taqsimoti qonunini tahlil qilish, uzilishsiz aloqa ehtimolligini aniqlash usulini takomillashtirish;

O'zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari uchun meteorologik ko'rish masofasining integral taqsimot funksiyalarini va meteorologik ko'rish masofasi integral taqsimot funksiyalarini approksimatsiyalash analitik ifodalarni ishlab chiqish;

zamonaviy mobil aloqa tizimlarining tuzilish xususiyatlarini tahlil qilish va atmosfera optik uzatish tizimi asosida transport tarmog'i loyihasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obykti sifatida meteorologik ma'lumotlar, atmosfera optik aloqa tizimi olingan.

Tadqiqotning predmetini meteorologik ko'rinish masofasi integral taqsimot funksiyalari va ularni approksimatsiyalash analitik ifodalari, atmosfera optik uzatish tizimi asosidagi mobil aloqada uzatish tarmog'i loyihasi tashkil etadi.

¹³ Ибраимов Р.Р., Насыров Т.А. Законы распределения метеорологической дальности видимости и километрическое затухание атмосферного канала в Ташкентском районе // «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва. - 2013. - №10(57). - с.34-41.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot davomida tahlil usullari, analitik tadqiqotlar, statistik meteorologik ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish, statistik va eksperimental ma'lumotlarni qiyosiy tahlil qilish, ishonchlik nazariyasi, tadqiqot natijalarini approksimatsiyalash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

muayyan mintaqa uchun meteorologiya xizmatlarining statistik ma'lumotlariga ishlov berish yo'li bilan olingan meteorologik ko'rinish masofasi taqsimoti qonuni asosida uzilishsiz aloqa ehtimolligini aniqlovchi takomillashtirilgan uch bosqichli usul ishlab chiqilgan;

ko'p yillik kuzatuvlarga ko'ra, respublikamizning geografik mintaqalari uchun qayd etilgan meteorologik sharoitlar bo'yicha atmosfera aloqa kanalidagi o'zgaruvchanlikni aniqlashiga imkon beruvchi meteorologik ko'rinish masofasi so'nishining integral taqsimoti funksiyalari aniqlangan;

atmosfera ko'rinish sharoitini yuqori aniqlikda n -darajadagi ko'phad bilan approksimatsiyalovchi meteorologik ko'rinish masofasi integral taqsimoti funksiyalarining analitik ifodalari ishlab chiqilgan;

4G/5G mobil tizimlarida yuqori tezlikli atmosfera optik tizimlaridan foydalanish imkoniyati ilmiy jihatdan isbotlangan va atmosfera aloqa kanalining yuqori tayyorlik koeffitsiyentli Fronthaul tarmog'i loyihasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

O'zbekiston Respublikasining telekommunikatsiya tarmoqlarida, jumladan, mobil tarmoqlarida mintaqalarga bog'liq ravishda 1 km dan 2,5 kmgacha bo'lgan intervallarda 0,98 tayyorlik koeffitsiyentida atmosfera optik aloqa tizimlarni joriy qilish mumkinligi ko'rsatilgan.

Zarrachalarning shakli va masshtab parametrlari bo'yicha mavjud ma'lumotlar asosida tomchilarning o'rtacha, modal, o'rtacha hajmli, samarali radiusi, zarrachalarning o'rtacha hajmi, o'rtacha sirt maydoni va yog'ingarchiliklarning suv miqdorini (suvlilikini) hisoblashni bajarish imkonini beradigan dasturiy maxsulot ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi muammoni to'g'ri qo'yilishi va amaliy tadqiqotlarni tasdiqlanishi bilan, tekshirilgan tahlil usullaridan foydalanish bilan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarini umume'tirof etilgan mezonlar asosida qiyosiy tahlil qilish bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati uzilishsiz aloqa ehtimolligini aniqlash usuli, O'zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari uchun meteorologik ko'rinish masofasining integral taqsimot funksiyalari, integral taqsimoti funksiyalarini approksimatsiyalash analitik ifodalari, atmosfera optik uzatish tizimi asosida 4G/5G mobil aloqa Fronthaul tarmog'i loyihasi ishlab chiqilganligi bilan baholanadi.

Dissertatsiya ishi natijalarining amaliy ahamiyati tomchilarning o'lchamlari va yog'ingarchiliklarning suv miqdorini hisoblash dasturiy maxsulotini ishlab chiqish, O'zbekiston Respublikasida geografik mintaqalari 1 km dan 2,5 kmgacha masofali atmosfera optik aloqa tizimlarni joriy etish va transport aloqa

tarmoqlarida atmosfera optik aloqa tizimlardan foydalanish imkoniyati mavjudligi aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. O‘zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari uchun statistik meteorologik ma’lumotlarga ishlov berish, meteorologik ko‘rinish masofasi integral taqsimot funksiyalarini, mobil aloqada atmosfera optikli yuqori tezlikli uzatish transport tarmoqlarni tadqiq qilish bo‘yicha olingan natijalar asosida:

muayyan mintaqa uchun ishlab chiqilgan meteorologiya xizmatlarining statistik ma’lumotlariga ishlov berish yo‘li bilan olingan meteorologik ko‘rinish masofasi taqsimoti qonuni asosida uzilishsiz aloqa ehtimolligini aniqlovchi takomillashtirilgan uch bosqichli usuli hamda ilmiy jihatdan isbotlangan 4G/5G mobil tizimlarida yuqori tezlikli atmosfera optik tizimlaridan foydalanish imkoniyati va atmosfera aloqa kanalining yuqori tayyorlik koeffitsiyentli Fronthaul tarmog‘i loyihasi O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tassarufidagi korxonalarda, xususan UNICON.UZ DUKda mobil aloqa yuqori tezlikli transport tarmoqlariga talablarni o‘rnatadigan davlat standartlarini ishlab chiqish jarayonida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 21-fevraldagi 33-8/1143 -sonli ma’lumotnomasi). Natijada atmosferali optik trassaning 2 km dan kichik uzunligida aloqani rad etmaslik ehtimolligi 0,998 dan kam emasligi aniqlangan;

ko‘p yillik kuzatuvlar asosida respublikamizning geografik mintaqalari uchun qayd etilgan meteorologik sharoitlar bo‘yicha atmosfera aloqa kanalidagi o‘zgaruvchanlikni aniqlashiga imkon beruvchi aniqlangan meteorologik ko‘rinish masofasi so‘nishining integral taqsimoti funksiyalari hamda ularning n -darajadagi ko‘phad bilan approksimatsiyalangan analitik ifodalari O‘zbekiston Respublikasi Hidrometeorologiya xizmati markazining huzuridagi Hidrometeorologiya ilmiy-tadqiqot institutida O‘zbekiston Respublikasining geografik mintaqalari meteorologik holatlarni bashoratlash jarayonida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 21-fevraldagi 33-8/1143-sonli ma’lumotnomasi). Natijada O‘zbekiston Respublikasining geografik mintaqalari uchun meteorologik ko‘rinish masofasining o‘rtacha yillik qiymatlari aniqlandi;

ilmiy jihatdan isbotlangan 4G/5G mobil tizimlarida yuqori tezlikli atmosfera optik tizimlaridan foydalanish imkoniyati va ishlab chiqilgan atmosfera aloqa kanalining yuqori tayyorlik koeffitsiyentli Fronthaul tarmog‘i loyihasi «NET FEAT MOBILE» MChJda mobil aloqa tizimini loyihalash va tadqiqot ishlarini o‘tkazish jarayoniga joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023 yil 21 fevraldagi 33-8/1143 -sonli ma’lumotnomasi). Natijada O‘zbekiston Respublikasi mobil aloqa tarmoqlarida 2,5 kmgacha masofalarda 0,98 tayyorlik koeffitsiyentiga ega bo‘lgan atmosfera optik aloqa tizimlarini joriy etish mumkinligi ko‘rsatilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi. Tadqiqotning natijalari 7 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokama qilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 23 ta ilmiy ish, shulardan 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan jurnallarda 10 ta maqolalar, jumladan, xorijiy jurnallarda 7 ta, respublika jurnallarida 3 ta, 11 ta tezislar xalqaro va respublika ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy konferensiyalarida chop etilgan, EHM uchun dasturiy mahsulotlarni ro'yxatdan o'tkazish to'g'risida 1 ta guvohnoma olingan.

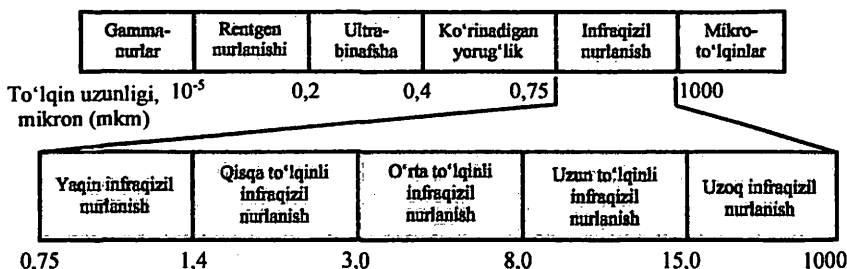
Dissertatsiyaning tuzilmasi va hajmi. Dissertatsiya ishi 115 betlarni o'z ichiga oladi va kirish, uch bob, xulosa hamda foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

DISSERTATSIYA ISHINING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, maqsad va vazifalar shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmetlari aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi ilm-fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi aniqlashtirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, amaliyotga joriy etilgan tadqiqot natijalari, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya ishining tuzilmasi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «Atmosfera optik uzatish tizimlari asosidagi aloqa kanallarining o'ziga xos xususiyatlarini tahlil qilish» deb nomlangan birinchi bobida atmosfera optik uzatish tizimlarini umumiy qurish tamoyili, bu tizim asosida mobil aloqa transport tarmoqlarini qurishning maqsadga muvofiqligi, afzalliklari hamda tizimdagi qurilmalarning imkoniyatlarining tahlili keltirilgan.

Atmosfera optik aloqa tizimi modulyatsiyalangan yorug'likning tor oqimini atmosfera orqali qabul qilish tizim yo'nalishida uzatishdan iboratligi, atmosfera optik aloqa tizimlarida infraqizil to'lqin uzunliklaridan foydalanilinishi keltirilgan. Ma'lumot almashish uchun ba'zi hollarda infraqizil diapazonda ishlaydigan atmosfera optik uzatish tizimlari qo'llanilishi, bu to'lqinlar spektrida ~ 0,75 mkmdan 1000 mkm gacha bo'lgan diapazonni egallaydigan elektromagnit nurlanishning bir turi ekanligi izohlab ketilgan (1-rasm).



1-rasm. Infraqizil nurlanish nimdiapazonlarining guruhlarga bo'linishi

Atmosfera optik aloqa tizimlar (AOAT) ishlaydigan optik diapazon yetarlicha kengligi, keng polosali yuqori tezlikli kanallarni tashkil qilish mumkinligi va tartibga solish organlaridan maxsus ruxsat olish shart emasligi; bu tizimda uzatkich tor numi nurlantirishi, bunda yon nurlanish yo'qligi, bu optik aloqa kanalining yuqori konfidentsialligi va halaqitbardoshlilikini ta'minlashini; uzatiladigan ma'lumotlar bitining narxi nisbatan pastligi; boshqa raqamli uzatish tizimlari bilan moslashuvchanligi; zamonaviy atmosfera optik aloqa tizimlari bir necha ming metrgacha bo'lgan masofalarda yuqori tezlikda ma'lumotlarni uzatish kanallarini tashkil qilishi mumkinligi aniqlandi. Atmosfera optik aloqa tizimlarining jahon miqyosida qo'llanish sohalari aniqlangan, shu jumladan: mobil aloqa (tayanch stansiyalarni ulash, qo'shimcha chiqariladigan GSM-retranslyatorlarini o'rnatish; zahira aloqa kanallarini tashkil etish, murakkab elektromagnit sharoitlarda yoki radiochastotalar spektrining yetishmasligi hollarida tayanch stansiyalarni ulash va hokazo), statsionar aloqa (asosiy yoki zahira aloqa kanallarini tashkil etish, xizmat ko'rsatuvchi provayderning mavjud ulanish nuqtalariga yuqori tezlikli ulanish, telekommunikatsiya ma'lumotlarini uzatish tarmog'ida releli qo'shimchalarini tashkil etish va boshqalar), internet (turli topologiyalarga ("yulduz", "halqa", "mesh", "to'r" va boshqalar) ega lokal tezkor tarmoqlarni qurish, tarmoqni rivojlantirish yoki boshqa tarmoqlar bilan ulanishni amalga oshirish, murakkab oraliqlarda aloqa liniyasini tashkil qilish (relef, suv to'siqlari va boshqalar), qo'riqlash tizimlari, video-kuzatuv tizimlari (qo'riqlash tizimlarida, shuningdek, xavfsizlik tizimlarida qo'llanishda samarali yechim (ma'lumotlarni yuqori uzatish tezligi, aloqa kanalining maxfiyligi)), tarmoq infratuzilmasi (tayyor tarmoq oraliqlariga ega hududlarning mavjud aloqa kanallarini birlashtirishda simsiz aloqa kanalini tez qurish, uy-joy tarmoqlarini birlashtirish, tumanlar, aholi punktlari va boshqalarning internet tarmog'iga ulanishi), geografik ajratilgan obyektlar (lokal tarmoqning geografik ajratilgan segmentlari o'rtasida simsiz aloqa kanalini tashkil etish (masalan, korxonaning alohida binolarini, omborlarni ulash, banklar, tibbiyot muassasalarining lokal tarmoqlarini birlashtirish va boshqalar)), boshqa sohalar (uchish apparatlari orasidagi aloqa uchun, uchish va kosmik apparatlar o'rtasidagi aloqa, kosmik apparatlar orasidagi aloqa, dengiz kemalari orasidagi aloqa va boshqalar).

Atmosfera optik aloqa tizimlari rivojlanishining sabab va omillari aniqlandi:

- zamonaviy lazer nurlanishlari manbalari yuqori barqarorlikka ega, buzilishsiz ishlash vaqti esa yuz minglab soatlarni tashkil etadi;
- o'rnatish, ulanish va sozlash soddalashtirildi;
- mobil aloqa abonentlari bilan aloqa qilish mumkin;
- atmosfera optik aloqa tizimlarida aloqa yanada mahfiy bo'ldi;
- radiochastotalar spektridan ochiq foydalana olish;
- ma'lumotlarni uzatish tezligi oshdi.

Dissertatsiyaning ikkinchi bobi «Atmosfera optik aloqa tizimlari parametrlarini tadqiq qilish»ga bag'ishlangan. Atmosferadagi suyuq va qattiq holatdagi suv tomchilarining radiuslari mikronning o'ndan bir qismidan bir necha millimetrgachani tashkil etilishi hamda atmosfera optik aloqa tizimlarining

ishlashiga ta'sir qiladigan omillardan biri atmosfera optik aloqa tizimlari joylashgan joyda yomg'irning bo'lishi va uning intensivligi bo'lib, bu lazer nurining kuchsizlashishiga sezilarli ta'sir qilishi ko'rsatilgan.

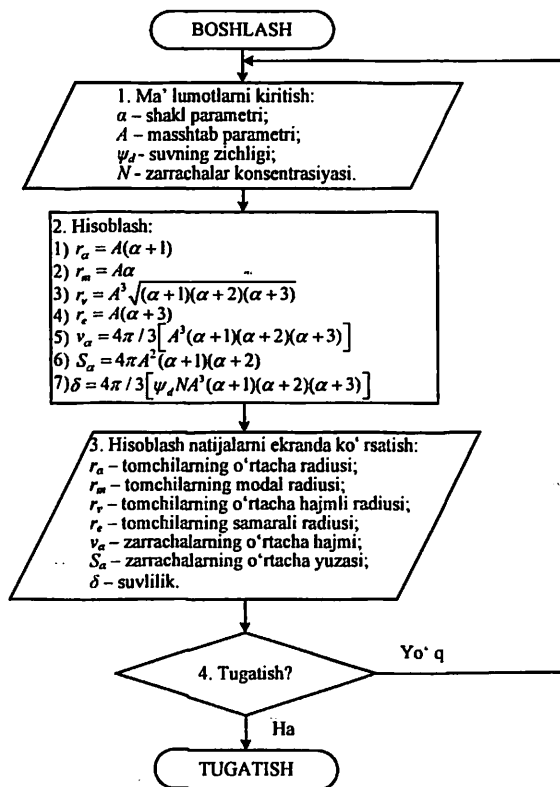
Suv tomchilarining va suvlilik ko'rsatkishlari hisoblash algoritmi yaratilgan (2-rasm). Algoritmndagi bloklar quyidagi vazifalarni bajaradi:

1-blokda yog'ingarchilikning tomchilari va suv miqdori parametrlarini hisoblash uchun zarur bo'lgan dastlabki ma'lumotlari kiritiladi;

2-blokda tomchilarning o'rtcha, modal, o'rtacha hajmli, samarali radiuslarini, zarrachaning o'rtacha hajmini va sirtining o'rtacha yuzasini, yog'ingarchiliklarning suvliligini hisoblanadi.

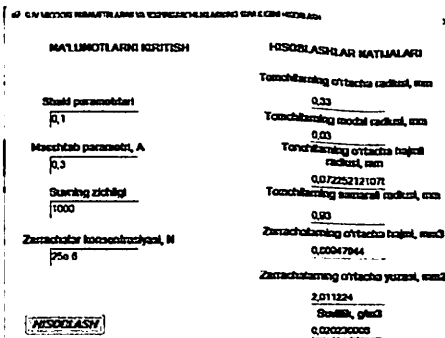
3-blokda olingan hisoblash natijalarini umumlashtirib ekranda aks ettirish vazifasi bajariladi;

4-blokda Hisoblash uchun kiritilgan ma'lumotlar etarli bo'lsa jarayon tugatiladi, aks holda 1-blokka o'tkaziladi.



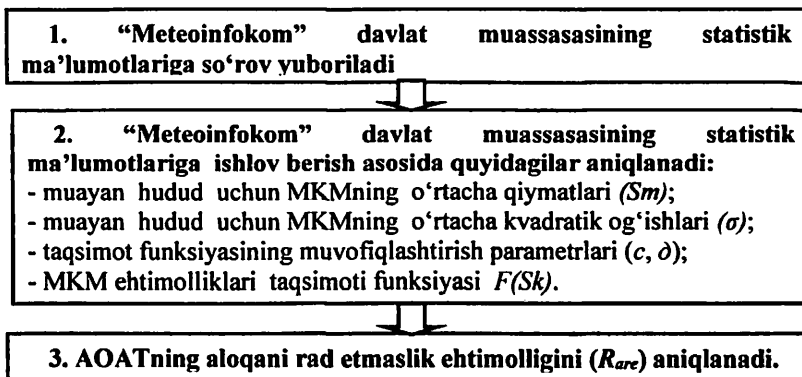
2.-rasm. Suvlilik miqdori parametrlarini hisoblash algoritmi

Yaratilgan algoritm asosida yog'ingarchilikning tomchilari va suv miqdori parametrlarini hisoblash dasturi ishlab chiqilgan. Dastur yordamida tomchilarning o'rtcha, modal, o'rtacha hajmli, samarali radiuslarini, zarrachaning o'rtacha hajmini va sirtining o'rtacha yuzasini, yog'ingarchiliklarning suvliqligini hisoblash mumkin (3-rasm).



3-rasm. Suv miqdori parametrlarini hisoblash (misol)

Telekommunikatsiya va zamonaviy mobil aloqa tizimlariga qo'yiladigan talablardan biri uning ishochliligi hisoblanadi, ishonchlilikning ko'rsatkichlaridan biri aloqani rad etmaslik ehtimolligi katta ahamiyatga ega. AOATni uzluksiz ishlashi uchun, aloqani rad etmaslik ehtimolligi aniqlashda, unga ta'sir etuvchi faktorlar ko'rib chiqilgan. Asosiy faktorlardan biri bu signal uzatiladigan muhitning holati, ya'ni atmosfera holatidir. Bunga doir ma'lumotlar respublikamiz iqlim sharoiti uchun O'zbekiston Respublikasi Hidrometeorologiya xizmati markazi huzuridagi "Gidrometeorologiyada axborot texnologiyalarini rivojlantirish markazi" ("Meteoinfokom") davlat muassasasidan olingan. AOATda aloqani rad etmaslik ehtimolligini aniqlashda olingan ma'lumotlar o'rgannilgan va takomillashtirilgan uch bosqichli usul ishlab chiqilgan (4-rasm).



4-rasm. Atmosfera optik aloqa tizimlarining aloqani rad etmaslik ehtimolligini aniqlash

Tahlillar asosida beta-taqsimot meteorologik ko'rinish masofasining (MKM) taqsimotini yaxshi approksimatsiyalashi aniqlandi:

$$F(S_k) = [\Gamma(c + \delta) / \Gamma(c) * \Gamma(\delta)] \int_0^{S_k} x^{c-1} * (1-x)^{\delta-1} dx, \quad (1)$$

$$c = (S_m / 10) \{ [S_m(10 - S_m) / \sigma^2] - 1 \}, \quad \delta = [c(10 - S_m)] / S_m, \quad (2)$$

bu yerda $\Gamma(\dots)$ - mos keladigan gamma-funksiya;

$F(S_k)$ - MKM ehtimolliklari taqsimoti funksiyasi

c, δ - taqsimot funksiyasining parametrlari;

S_k - MKMning joriy qiymati;

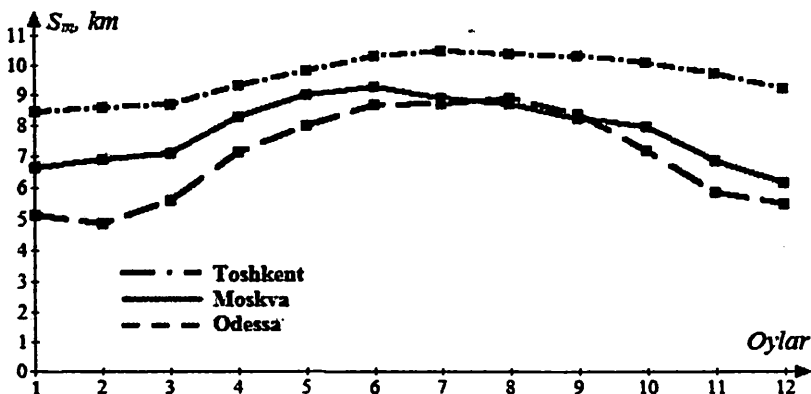
S_m - MKMning o'rtacha qiymati;

σ - MKMning o'rtacha kvadratik og'ishi.

Aloqani rad etmaslik ehtimolligi va MKM ehtimolliklari taqsimoti funksiyasi quyidagi ifoda orqali bog'langan:

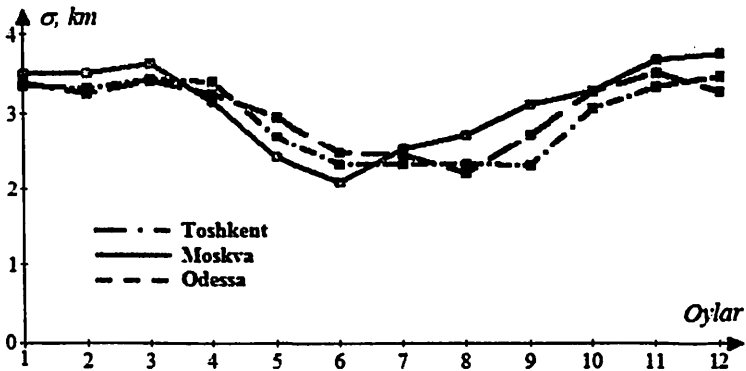
$$P_{are} = 1 - F(S_k^*). \quad (3)$$

Taklif etilgan usul asosida Toshkent shahri bo'yicha «Meteoinfokom» davlat muassasasining statistik ma'lumotlari, shuningdek, taqqoslash uchun Moskva va Odessa shaharlari bo'yicha shu kabi e'lon qilingan ma'lumotlarga ishlov berilgan. Oylar bo'yicha MKMni kuzatish natijalarining (S_m) o'rtacha qiymatlari 5-rasmda keltirilgan.



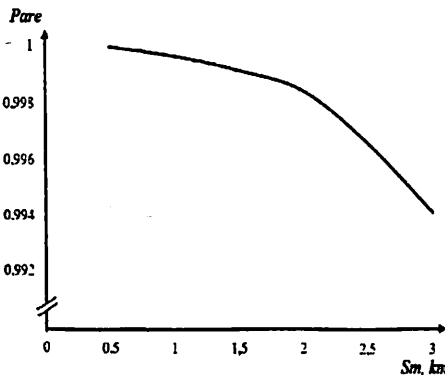
5-rasm. Toshkent, Moskva va Odessa shaharlari uchun MKM o'rtacha qiymatlarining oylar bo'yicha taqsimlanishi

Toshkent shahri uchun MKMning o'rtacha qiymatlari Moskva va Odessa shaharlariga qaraganda yuqori bo'ladi. Bu Toshkentdagi iqlim sharoitlari boshqa mintaqalardagi (Moskva va Odessadagi) iqlim sharoitlaridan farq qilishiga bog'liq. Toshkentda yog'ingarchiliklar asosan yomg'ir shaklida tushadi, quyruq tumanning bo'lishi nisbatan kam uchraydigan hodisa hisoblanadi. Oylar bo'yicha (σ) o'rtacha kvadratik og'ishlari 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. Toshkent, Moskva va Odessa shaharlari uchun MKM o'rtacha kvadratik og'ishlarining oylar bo'yicha taqsimlanishi

(1)-(3) ifodalar asosida Toshkent shahri uchun aloqani rad etmaslik (P_{are}) ehtimolligi oraliq masofaga bog'liqligi aniqlandi va 7-rasmda aks ettirilgan.



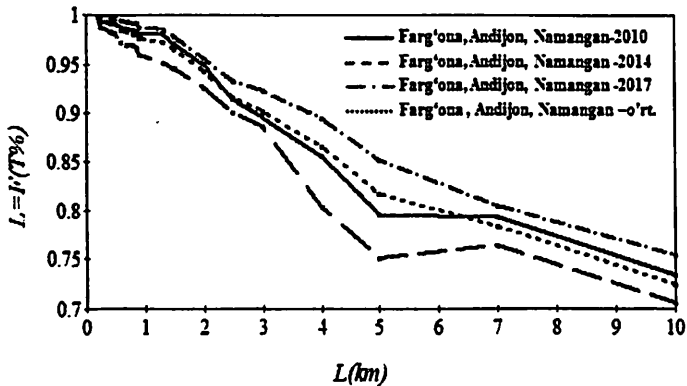
7-rasm. P_{are} aloqani rad etmaslik ehtimolligi

Olingan natijalarga binoan aloqa kanalining aloqani rad etmaslik ehtimolligi Toshkent shahri uchun 2 kmdan kichik trassa uzunligida 0,998 dan kichik bo'lmazligi isbotlangan.

Dissertatsiyaning «Atmosfera kanalining xarakteristikasini aniqlash va transport tarmog'ining atmosfera optik uzatish tizimini ishlab chiqish» nomli uchinchi bobida O'zbekiston Respublikasining iqlim sharoiti bo'yicha Qoraqalpog'iston Respublikasi va Xorazm viloyati (1-mintaqa), Buxoro va Navoiy viloyatlari (2-mintaqa), Samarqand, Jizzax, Sirdaryo va Toshkent viloyatlari (3-mintaqa), Farg'ona, Andijon, Namangan viloyatlari (4-mintaqa), Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlari (5-mintaqa), Toshkent shahri (6-mintaqa) kabi oltita geografik mintaqalarga ajratilganligi keltirilgan. O'zbekiston Respublikasining hududlarida ko'p yillik kuzatuvlar davomida qayd etilgan

meteorologik sharoitlar bo'yicha mavjud statistik ma'lumotlar to'plangan va so'nishning integral taqsimot funksiyasi ishlab chiqilgan va dissertatsiya ishida keltirilgan. Misol tariqasida Farg'ona, Andijon, Namangan viloyatlari uchun MKM bo'yicha statistik ma'lumotlar qayta ishlangan va MKM so'nishining integral taqsimot funksiyalari 8-rasmda keltirilgan.

MATLAB amaliy dasturlar paketi yordamida Andijon va Farg'ona shaharlari uchun natijalar n -darajadagi ko'phad bilan approksimatsiyalangan va meteorologik ko'rinish masofasining integral taqsimot funksiyasi (MKM-ITF) analitik ifodalari ishlab chiqilgan.



8-rasm. 4-mintaqa uchun MKM so'nishining integral taqsimot funksiyalari

Andijon shahri uchun:

$$F(S_m) = 0.000163 \cdot S_m^4 - 0.002256 \cdot S_m^3 + 0.01478 \cdot S_m^2 + 0.01184 \cdot S_m + 0.01252 \quad (4)$$

Farg'ona shahri uchun:

$$F(S_m) = 0.000226 \cdot S_m^5 - 0.00451 \cdot S_m^4 + 0.02983 \cdot S_m^3 - 0.0725 \cdot S_m^2 + 0.09356 \cdot S_m - 0.03572 \quad (5)$$

Andijon va Farg'ona shaharlari bo'yicha o'rtachalashtirilgan qiymatlar:

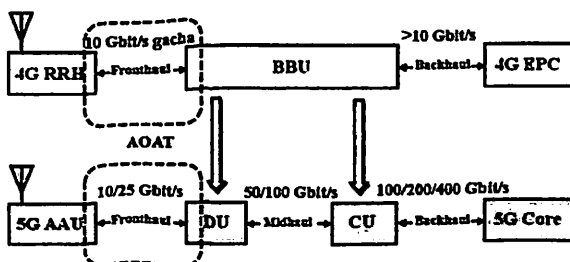
$$F(S_m) = 0.0004973 \cdot S_m^4 - 0.008175 \cdot S_m^3 + 0.04702 \cdot S_m^2 - 0.05261 \cdot S_m + 0.02508 \quad (6)$$

Hozirda telekommunikatsiya tarmoqlarida, xususan, zamonaviy mobil aloqa tarmoqlarida ma'lumot uzatishning tezligini oshirish rivojlanishning asosiy omillardan biri hisoblanadi. Bugungi kunda respublikamizda 4G/5G aloqa tarmoqlarini rivojlantirishiga katta e'tibor qaratilmoqda va ushbu avlodlar asosiy ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

4G/5G avlodlarning asosiy ko'rsatkichlari

Mobil aloqa standarti	LTE-Advanced	5G NR
Afzalliklari	Sig'imni oshishi, IPga yo'naltirilgan tarmoq, multimediyani qo'llash, yuzlab Mbit/clarga tezlikni oshishi	1Gbit/cdan yuqori tezlik, oshirilgan energiya samaradorligi
Ma'lumotlarni uzatish tezligi	100 Mbit/s - 1 Gbit/s	1 Gbit/s; 6,5 Gbit/s
Tayanch stansiyaning ishlash radiusi	0,5dan 3 kmgacha	Bir necha yuz metrdan 1-2 kmgacha

Ma'lumotlarni yuqori tezliklarda uzatishni ta'minlash uchun transport tarmoqlar imkoniyatlariga katta e'tibor qaratilishi kerakligi va transport tarmoqlarini tashkil qilish uchun mobil aloqa operatorlari ma'lum hamda ilg'or texnologiyalarga asoslangan turli xil yechimlardan foydalanish mumkinligi, bunday yechimlarni tanlash quriladigan mobil aloqa tizimining ishonchlilik, sifati va iqtisodiy samaradorligini aniqlaydigan asosiy tashkil etuvchilardan biri hisoblanishi ko'rsatilgan. 9-rasmda 4G/5G mobil aloqa arxitekturasi va AOAT asosida Fronthaul transport tarmog'ining tashkil etilish loyihasi keltirilgan. Bu yerda: RRH (Remote Radio Head) - radiouzatish bloki, BBU (Base Band Unit) - boshqaruv bloki, EPC (Evolved Packet Core) – paketli tarmoq yadrosi, AAU (Active Antenna Unit) - faol antenna qurilmasi, DU (Distributed Unit) – taqsimlangan blok, CU (Centralized Unit) – markaziy blok, 5G Core - 5G avlod tarmoq yadrosi.



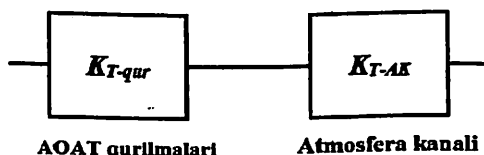
9-rasm. 4G/5G mobil aloqa arxitekturasi va AOAT asosida Fronthaul transport tarmog'ining tashkil etilish loyihasi

Dissertatsiya ishida olib borilgan tadqiqotlar va hisoblashlar natijalarida O'zbekiston Respublikasi sharoitida 4G/5G mobil aloqa tizimlarida Fronthaul transport tarmog'i sifatida atmosfera optik aloqa tizimlarini ishlatilishi taklif etilgan. Zamonaviy atmosfera optik aloqa tizimlari bir necha kilometrda 10 Gbit/s

tezliklarida ma'lumotlarni uzatish imkoniyatiga ega va Fronthaul tarmog'ida tezlik bo'yicha talablariga javob bera oladi.

Fronthaul transport tarmog'ida ishlatiladigan AOAT tizimlari AOAT qurilmalari va atmosfera aloqa kanali komponentlarini o'z ichiga oladi. Hisoblanadiki, biron bir komponentning ishdan chiqishi butun AOAT tizimining ishdan chiqishiga olib keladi.

Mobil aloqa tizimining rad etish ehtimoli nolga teng va ishonchliligi baland deb hisoblaymiz (birga teng). Buni hisobga olganda AOAT tizimiga nisbatan ishonchlilik nuqtai nazaridan komponentlarning ulanish tuzilmasini quyidagicha tasvirlash mumkin (10-rasm).



10-rasm. AOAT komponentlarining ishonchlilik bo'yicha ulanish tuzilmasi

U holda butun AOAT tizimining tayyorlik koeffitsiyenti aniqlanadi:

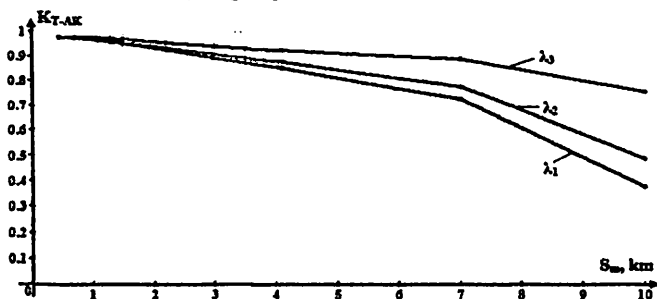
$$K_{T-AOAT} = K_{T-qur} \cdot K_{T-AK}, \quad (7)$$

bu yerda K_{T-qur} - AOAT qurilmalarining tayyorlik koeffitsiyenti;
 K_{T-AK} - atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyenti:

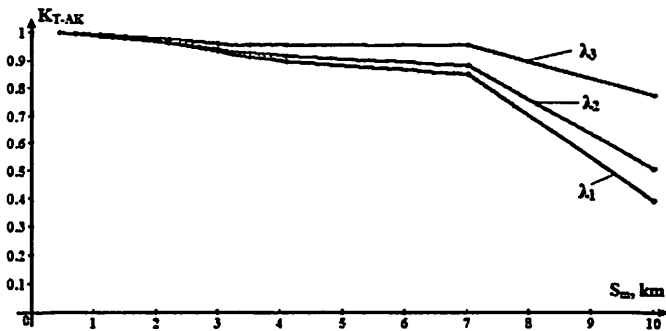
$$K_{T-AK} = 1 - [F(S_m) \cdot \beta], \quad (8)$$

bu yerda β - ishchi to'liq bo'yicha masshtablash koeffitsiyenti.

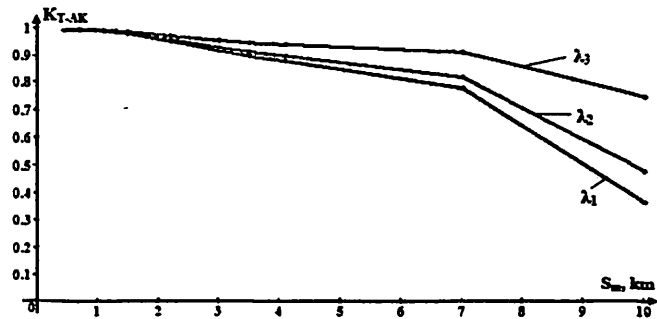
AOAT tayyorlik koeffitsiyentini hisoblashda qurilmalarning ishonchliligi yuqori $K_{T-qur} = 1$ olamiz va AOAT tayyorlik koeffitsiyentiga asosiy ta'siri atmosfera kanalining K_{T-AK} tayyorlik koeffitsiyenti ko'rsatadi. (7), (8) ifodalar asosida Andijon va Farg'ona shaharlari uchun AOAT atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyenti AOATning turli ishlash to'liq uzunligiga ($\lambda_1 = 0,785$ mkm, $\lambda_2 = 0,91$ mkm, $\lambda_3 = 1,55$ mkm) bog'liqliklari hisoblandi (11-, 12-, 13-rasmlar).



11-rasm. Andijon shahri uchun AOAT turli ishchi to'liq uzunliklarida atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyentining bog'liqligi



12-rasm. Farg'ona shahri uchun AOAT turli ishchi to'liqin uzunliklarida atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyentining bog'liqligi



13-rasm. Andijon va Farg'ona shaharlari uchun AOAT turli ishchi to'liqin uzunliklarida atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyentining bog'liqligi

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, AOAT bir kilometr gacha bo'lgan masofada $\lambda_1=0,785$ mkm, $\lambda_2=0,91$ mkm, $\lambda_3=1,55$ mkm to'liqlar uzunliklarida atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyenti deyarli yuqori ko'rsatkichga ega bo'ladi. Masofa ortgan sari $\lambda_1=0,785$ mkm, $\lambda_2=0,91$ mkm tayyorlik koeffitsiyenti kamayaib boradi, $\lambda_3=1,55$ mkm da esa eng yuqori ko'rsatkichda bo'ladi.

XULOSA

“Atmosfera optik aloqa tizimlari asosidagi yuqori tezlikli transport tarmoqlari (O'zbekiston Respublikasi misolida)” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi hulosalar taqdim etiladi:

1. Mobil aloqa tizimlarining transport tarmoqlarida atmosfera optik uzatish tizimlarini joriy etish va ulardan foydalanishning xususiyatlarini tahlil qilindi hamda foydalana olishlik va ularning sifati an'anaviy radiotizimlarga qaraganda yomon emasligi aniqlandi. Atmosfera optik aloqa tizimlari kanallaridan foydalana olishlikka qator parametrlarning ta'sir etilishi, ular ichki va tashqi parametrlarga

bo'linishi o'rnatildi. Atmosfera optik aloqa tizimlarini loyihalash muammosini kompleks yechish qurilmalarning umumiy xarakteristikalariga talablarni aniqlash, o'zaro aloqalarni aniqlash bilan har bir komponentni tahlil qilishni o'tkazish, tizim o'zgaruvchilarini darajalashtirish kerakligi ko'rsatildi.

2. Muayyan mintqa uchun meteorologiya xizmatlarining statistik ma'lumotlariga ishlov berish yo'li bilan olingan meteorologik ko'rinish masofasi ehtimolliklari taqsimoti qonuni asosida uzilishsiz aloqa ehtimolligini aniqlash usuli takomillashtirilgan. Meteorologik ko'rinish masofasi 2 kmdan kichik uzunlikdagi trassa uchun aloqani rad etmaslik ehtimolligi 0,998 dan yomon bo'lmasligi ko'rsatildi.

3. "Meteoinfokom" davlat muassasasi meteorologik sharoitlari bo'yicha statistik ma'lumotlar asosida O'zbekiston Respublikasining geografik mintaqalari uchun meteorologik ko'rinish masofasidagi so'nishning integral taqsimoti funksiyalari aniqlandi. Turli geografik mintaqalarida aloqa kanalining interval uzunligi 1 kmdan 2,5 kmgacha o'zgarishi aniqlandi.

4. O'zbekiston Respublikasi geografik mintaqalari uchun statistik ma'lumotlar asosida yaratilgan meteorologik ko'rinish masofasi taqsimoti integral taqsimoti funksiyalari approksimatsiyalash analitik ifodalari ishlab chiqilgan.

5. Respublikamizda zamonaviy va istiqbolli mobil aloqa tarmoqlarini joriy etishning birinchi bosqichilarida transport tarmoqlari uchun optik tolali aloqa liniyalarni yotqizishning iloji bo'lmagan holda, atmosfera optik aloqa tizimlaridan foydalanish maqsadga muvofiqligi ko'rsatilgan. Atmosfera optik aloqa tizimlari asosida Fronthaul transport tarmoq loyihasi ishlab chiqilgan. Bunda O'zbekiston sharoitida bir kilometrgacha bo'lgan masofada turli ishchi to'lqin uzunliklarida atmosfera kanalining tayyorlik koeffitsiyenti deyarli yuqori, 1,55mkmda to'lqin uzunligida esa eng yuqori ko'ratkichga ega bo'lishi aniqlandi.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

СУЛТОНОВА МАХБУБАХОН ОДИЛОВНА

**ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ НА ОСНОВЕ
АТМОСФЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ
(на примере Республики Узбекистан)**

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 – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.2.PhD/T3549.

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

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, английский, русский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: Давронбеков Дилмурод Абдужаллилович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Парснев Сайдибахат Солиходжаевич
доктор технических наук, доцент

Абдукаюмов Абдурашид
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «28» 03 2024 г. в 10:00 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: info@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий (регистрационный номер № 302). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108.Тел.: (99871) 238-64-15).

Автореферат диссертации разослан «18» 03 2024 года.
(протокол рассылки № С от «19» 03 2024 г.).



Б.Ш. Махкамов
Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор экономических наук, профессор

М.С. Саиткамоллов
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор экономических наук, доцент

Д. Я. Иргашева
Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире телекоммуникационные сети и системы всё больше играют роль базовой инфраструктуры, которая обеспечивает обмен информации между конечными объектами или пользователями. Современные сети и системы телекоммуникации являются очень сложными комплексами, объединяющие в себе проводные, беспроводные, оптические и другие технологии передачи информации. Растущие потребности конечных пользователей в объемах принимаемой и передаваемой информации привели к тому, что возникают требования к скорости передачи, возрастает спрос к высокоскоростным телекоммуникационным системам. Поэтому в ведущих странах мира большое внимание уделяется необходимости разработки новой техники, технологий и способов, позволяющих обеспечить растущие потребности конечных пользователей к скорости обмена информацией.

В мире проводится большое количество научных исследований, направленных на организацию высокоскоростных транспортных сетей телекоммуникаций, в том числе современных систем мобильной связи поколений 4G/5G, с использованием решений на базе практически зарекомендовавших себя технологий. Значительное количество научных работ направлено на увеличение функциональных возможностей, скорости передачи информации, эффективного использования радиочастотного спектра. Рассматриваются также вопросы использования атмосферных оптических систем связи (АОСС), как часть инфраструктуры телекоммуникаций. В этой области, особое внимание уделяется решению многих проблем, таких как сбор и анализ метеорологических данных, разработка моделей, аналитических выражений, алгоритмов, программного обеспечения по оценке возможности проектирования и построения высокоскоростных транспортных сетей связи.

В республике принимаются масштабные меры по дальнейшему развитию информационно-коммуникационных технологий, в том числе развитие систем мобильной связи четвертого и пятого поколений. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы одной из важных поставленных целей является «охват всех населенных пунктов, социальных объектов и магистральных автомобильных дорог широкополосными сетями путем дальнейшего развития цифровой инфраструктуры»¹. Важной задачей при решении поставленных целей, таких как создание широкополосных сетей передачи информации является анализ возможности использования и внедрения альтернативных высокоскоростных технологий, в частности атмосферных оптических систем связи.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики

¹Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы» от 28.01.2022 г. <https://lex.uz/docs/5841077>

Узбекистан №УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций» от 19 февраля 2018 г., №УП-6079 «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации» от 5 октября 2020 г., Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4699 «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства» от 28 апреля 2020 г., в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №699 «О мерах по дальнейшему развитию телекоммуникационной инфраструктуры Республики Узбекистан» от 19 ноября 2021 г., а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере и изложенных в соответствующих законодательных актах.

Соответствие приоритетным направлениям исследования науки и технологий в республике. Исследования соответствуют приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий.

Степень изученности проблемы. В последние годы проводятся обширные научные исследования по разработке атмосферных оптических систем связи в различных регионах мира. Развитие рынка услуг связи и передачи данных, где первоочередной задачей является организация широкополосных высокоскоростных каналов связи в существующих телекоммуникационных системах, вызывает интерес к применению атмосферных оптических систем связи.

Направлению исследований телекоммуникационных систем посвящены научные труды Н.М.Павлова, С.А.Устинова², Е.Р.Милютина³, А.Ю.Николаева⁴ (Россия), William L. Wolfe, George J. Zissis⁵ (США), John Gowar⁶ (Великобритания), H.G.Unger⁷ (Германия), Ю.И.Мальшенко, А.Н.Роеенко⁸ (Украина) и др., а также Т.Д.Раджабова⁹, М.М.Мухитдинова¹⁰, А.А.Халикова¹¹, Р.Исаева¹², Р.Р.Ибраимова¹³ и других ученых республики посвящены исследованию указанных проблем.

² Павлов Н.М., Устинов С.А. Прошлое, настоящее и будущее атмосферных оптических линий передачи // Вестник связи. - 2002. - № 2. - с.56 – 59,

³ Е.Милютин. Основные тенденции развития атмосферных оптических линий связи // Первая миля. - 2014. - № 5. - с. 46–47

⁴ Николаев А.Ю. Расчет надежности работы атмосферной оптической линии связи // Информост - Средства связи. - 2001. - №4(17). - с. 26-27

⁵ William L. Wolfe, George J. Zissis. The Infrared Handbook, Revised Edition / General Dynamics. - 1985. -1700 p

⁶ John Gowar. Optical Communication Systems / Prentice-Hall International. - 1984. - 577 p

⁷ Unger H.G. Optische Nachrichtentechnik [Optical communications]/Hüthig Verlag; 3rd edition.-1993.-316 p.

⁸ Ю.И.Мальшенко, А.Н.Роеенко. Функция распределения дождевых капель по размерам для миллиметрового и терагерцового диапазонов радиоволн // Системи обробки інформації.-2009.-Вип.1.- с.78-84

⁹ Т.Д.Раджабов, З.Т.Хакимов. Оптимизация спектральных характеристик высокоскоростных широкополосных телекоммуникационных сетей связи // VII Международная научная конференция «Приоритетные направления в области науки и технологии в XXI веке»: Сборник статей, том 1. - Ташкент, 2014. - С.267-268.

¹⁰ Мухитдинов М.М., Арифджанов А.З. О развитии сетей широкополосного доступа //Научно-технический журнал «Ахборот коммуникациялари: Тармоқлар, Технологиялар, Ўчимлар».-2019. -№3(51).- с.19-23.

¹¹ А.А.Халиков, Д.А.Давронбеков, J.F.Kurbanov. Raqamli mobil aloqa vositalari: darslik. Toshkent: "O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati" nashriyoti.-2018.-556 b.

Анализ исследований в этой области показывает, что возможности построения систем атмосферной оптической связи и определения влияния климатических условий географических регионов на их работу, вопросы, связанные с использованием систем атмосферной оптической связи в транспортных сетях систем мобильной связи, в частности, в Республике Узбекистан, недостаточно исследованы.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках инновационной научно-исследовательской работы № 1 «Анализ моделей распределения уровней электромагнитного поля в различных средах и оценка качественных показателей мобильной связи, применительно к технологиям четвертого поколения» (2018-2019), №1506/21Ф «Модели и методы повышения надежности высокоскоростных сетей передачи данных» (2021-2022), выполненных в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий.

Целью исследования является разработка интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости на основе обработки статистических метеорологических данных для географических регионов Республики Узбекистан, проекта высокоскоростной транспортной сети мобильной связи на основе атмосферной оптической системы передачи.

Задачи исследования:

анализ особенностей реализации и использования атмосферных оптических систем передачи применительно к транспортным сетям систем мобильной связи, сбор и обработка статистических данных по состоянию атмосферы географических регионов Республики Узбекистан;

анализ метеорологической статистики метеослужб конкретной местности Республики Узбекистан, влияния интенсивности осадков, приводящие к срыву связи в атмосферных оптических системах связи, закона распределения вероятностей метеорологической дальности видимости, усовершенствование метода оценки вероятности безотказной связи;

разработка интегральных функции распределения метеорологической дальности видимости для географических регионов Республики Узбекистан и аналитических выражений аппроксимации интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости;

анализ особенностей построения современных систем мобильной связи и разработка проекта транспортной сети на основе атмосферной оптической системы передачи.

¹² R.I.Isayev, G. X. Mirazimova, Kh. R. Davletova. Assessment Of The Quality Of Signal Transmission In Fiber-Optic Communication Systems With Wave Division Of Channels // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education.- Vol.12, №8, 2021. - 110-121 p.

¹³ Ибраимов Р.Р., Насыров Т.А. Законы распределения метеорологической дальности видимости и километрическое затухание атмосферного канала в Ташкентском районе // «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва. - 2013. - №10(57). – с.34-41.

Объектом исследования являются метеорологические данные, атмосферные оптические системы связи.

Предметом исследования являются интегральные функции распределения метеорологической дальности видимости и их аналитические выражения аппроксимации, метод оценки вероятности безотказной связи, проект сети мобильной связи на основе атмосферной оптической системы передачи.

Методы исследования. В ходе исследований использовались методы анализа, аналитического исследования, сбор и анализ статистических метеорологических данных, сравнительный анализ статистических и экспериментальных данных, теория надежности, аппроксимация результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан усовершенствованный трехэтапный метод определения вероятности безотказной связи на основе закона распределения метеорологической дальности видимости, полученной путем обработки статистических данных метеорологических служб для конкретной местности;

на основе многолетних наблюдений определены интегральные функции распределения затухания метеорологической дальности видимости географических регионов республики, позволяющие определить изменения в атмосферном канале связи;

разработаны аналитические выражения интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости, аппроксимированные полиномом n -й степени, позволяющие с высокой точностью определить условия видимости в атмосфере;

научно доказана возможность применения высокоскоростных атмосферных оптических систем в мобильной связи 4G/5G и разработан проект сети Fronthaul с высоким коэффициентом готовности атмосферного канала связи.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

показано, что на телекоммуникационных сетях связи Республики Узбекистан, в том числе мобильных, в зависимости от региона возможно внедрение атмосферных оптических систем связи с коэффициентом готовности 0,98 на интервалах от 1 км до 2,5 км;

разработан программный продукт, на основании имеющихся данных о параметрах формы и масштаба частиц позволяющий рассчитать средний, модальный, средний объемный, эффективный радиусы капель, средний объем частицы, среднюю площадь поверхности частицы, водность осадков.

Достоверность результатов исследования обосновывается корректной постановкой задачи и подтверждением практических исследований, использованием проверенных методов анализа, сопоставительным анализом результатов теоретических и практических исследований и их результатов на основе общепринятых критериев.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке метода определения вероятности безотказной связи, интегральных функций распределения, аналитических выражений аппроксимации интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости для географических регионов Республики Узбекистан, проекта сети Fronthaul мобильной связи 4G/5G на основе атмосферной оптической системы передачи.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке программного продукта расчета размеров капель и водности осадков, установлении возможности внедрения в географических районах Республики Узбекистан атмосферных оптических систем связи на дистанции от 1 км до 2,5 км и использования систем атмосферной оптической связи в транспортных сетях связи.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов обработки статистических метеорологических данных по географическим районам Республики Узбекистан, исследования интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости, высокоскоростных транспортных атмосферных оптических сетей мобильной связи:

разработанный усовершенствованный трехэтапный метод определения вероятности безотказной связи на основе закона распределения вероятностей метеорологической дальности видимости, полученной путем обработки статистических данных метеослужб для конкретной местности, научно доказанная возможность применения высокоскоростных атмосферных оптических систем в мобильной связи 4G/5G и проект сети Fronthaul с высоким коэффициентом готовности атмосферного канала связи внедрены на предприятиях Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности ГУП UNICON.UZ в процесс разработки государственных стандартов, устанавливающих требования к высокоскоростным мобильным транспортным сетям связи (Справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/1143 от 21 февраля 2023 г.). В результате было что вероятность безотказной связи при длине атмосферной оптической трассы менее 2 км не хуже 0,998;

определенные на основе многолетних наблюдений интегральные функции распределения затухания метеорологической дальности видимости географических регионов республики, позволяющие определить изменения в атмосферном канале связи и их аналитические выражения, аппроксимированные полиномом n -й степени внедрены в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте при Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан внедрены в процесс прогнозирования метеорологических условий географических районов Республики Узбекистан (Справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/1143 от 21 февраля 2023 г.). В

результате были определены среднегодовые значения метеорологической дальности видимости для географических регионов Республики Узбекистан;

научно доказанная возможность применения высокоскоростных атмосферных оптических систем в мобильной связи 4G/5G и разработанный проект сети Fronthaul с высоким коэффициентом готовности атмосферного канала связи внедрены в ООО «NET FEAT MOBILE» в процесс проектирования и проведения исследований мобильной системы связи (Справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/1143 от 21 февраля 2023 г.). В результате была показана возможность внедрения систем атмосферной оптической связи с коэффициентом готовности 0,98 на дальностях до 2,5 км в сетях мобильной связи Республики Узбекистан.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 7 международных и 3 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликовано всего 23 научные работы, из них 1 монография, 10 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 7 в иностранных, 3 в республиканских журналах, 11 тезисов на международных и республиканских научно-технических и научно-практических конференциях, получено 1 свидетельство регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа включает 115 страниц и состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены результаты исследований, внедренных на практике, опубликованные работы и информация о структуре диссертационной работы.

В первой главе диссертации «Анализ особенностей каналов связи на основе атмосферных оптических систем передачи» изложены общий принцип построения атмосферных оптических систем передачи, целесообразность и преимущества построения транспортных сетей мобильной связи на их основе, а также анализ возможностей устройств системы.

Показано, что атмосферная оптическая система связи состоит из передачи узкого потока модулированного света через атмосферу в направлении приемной системы, в атмосферных оптических системах связи

используются инфракрасные длины волн. Отмечено, что для обмена данными в ряде случаев используются атмосферные оптические системы передачи, работающие в инфракрасном диапазоне, который представляет собой один из видов электромагнитного излучения, занимающий в спектре волн диапазон от ~0,75 мкм до 1000 мкм (рис.1).

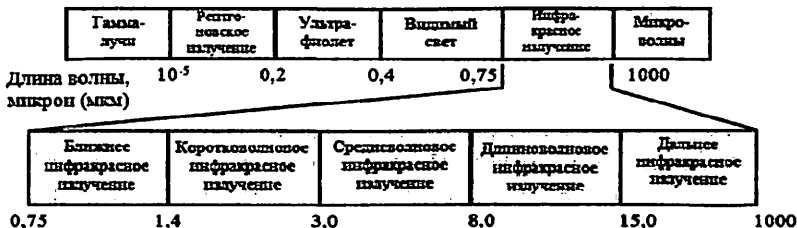


Рис.1. Разделение поддиапазонов инфракрасного излучения на группы

Установлено, что оптический диапазон, в котором работает атмосферная оптическая система связи, достаточно широк, можно организовать широкополосные скоростные каналы и не требуется получения специального разрешения у регулятора; в этой системе передатчик излучает узкий пучок, при этом боковые излучения отсутствуют, что позволяет обеспечить высокую конфиденциальность и помехозащищенность оптического канала связи; стоимость бита передаваемой информации относительно низкая; совместим с другими системами цифровой передачи; современные атмосферные оптические системы связи могут организовать высокоскоростные каналы передачи данных на расстояние до нескольких тысяч метров. Определены области применения атмосферной оптической системы связи (АОСС) в мировом масштабе, в том числе: мобильная связь (соединение базовых станций; установка дополнительных выносных GSM-ретрансляторов; организация резервного канала связи; подключение базовых станций при сложной электромагнитной обстановке или в случаях исчерпания радиочастотного спектра и т.п.), фиксированная связь (организация основного или резервного канала связи; высокоскоростное подключение к имеющимся точкам доступа провайдера услуг; организация релейных вставок в телекоммуникационной сети передачи данных и т.д.), интернет (построение локальной быстродействующей сети с различными топологиями («звезда», «кольцо», «mesh» и т.д.), осуществление развития сети или соединение с другими сетями; организация линии связи на сложных участках (рельеф, водные преграды и пр.)), охранные системы, системы видеонаблюдения (эффективное решение при применении в охранных системах, а также системах безопасности (высокая скорость передачи информации, скрытность канала связи)), территориально разнесенные объекты (организация беспроводного канала связи между территориально удаленными сегментами локальной сети (например, соединение отдельно стоящих корпусов предприятия, складских помещений, объединение локальных сетей банков, медицинских учреждений и пр.)), другие области (для

связи между летательными аппаратами; для связи между летательными и космическими аппаратами; для связи между космическими аппаратами; для связи между морскими кораблями и т.п.).

Выявлены причины и факторы развития атмосферных оптических систем связи: современные лазерные источники излучения обладают высокой стабильностью, а наработка на отказ составляет сотни тысяч часов; упростились монтаж подключение и настройка; возможна организация связи с мобильными абонентами; связь в атмосферных оптических системах связи стала более конфиденциальная; открытое использование радиочастотного спектра; возросла скорость передачи информации.

Вторая глава диссертации «Исследование параметров атмосферных оптических систем связи». Показано, что радиусы капель воды в жидком и твердом состояниях, находящиеся в атмосфере, составляют от десятых долей микрона до нескольких миллиметров и одним из факторов, влияющих на работу атмосферных оптических систем связи, является наличие дождя и его интенсивность на месте расположения атмосферных оптических систем связи, который оказывает существенное влияние на ослаблении лазерного луча.

Разработан алгоритм расчета показателей капель воды и водности (рис.2).

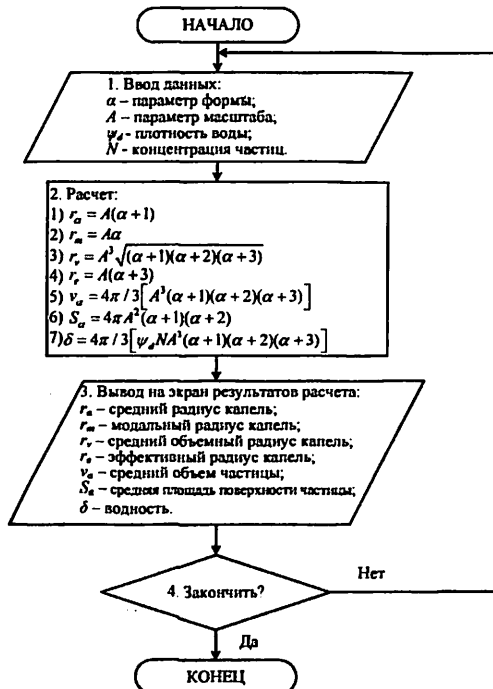


Рис.2. Алгоритм расчета параметров уровня водности

Блоки алгоритма выполняют следующие функции:

Блок 1. Вводятся необходимые предварительные данные для расчета размеров капель и водности.

Блок 2. Выполняется расчет средних, модальных, средний объемный, эффективный радиусы, средний объем и средняя площадь поверхности частиц, водность осадков.

Блок 3. Отображение на экране обобщенных результатов расчета.

Блок 4. Если введенные результаты для расчетов достаточны, то процесс заканчивается, иначе переход к блоку 1.

На основе созданного алгоритма расчета программа расчета параметров капель дождя и водности. С помощью программы можно вычислить средних, модальных, средний объемный, эффективный радиусы капель, средний объем и средняя площадь поверхности частиц, водность осадков (рис.3).

ВВОД ДАННЫХ	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ
Параметр формы	Средний радиус капле, мм 0,33
0,1	Модальный радиус капле, мм 0,03
Параметр масштаба, A	Средний объемный радиус капле, мм 0,072252121071
0,3	Эффективный радиус капле, мм 0,03
Плотность воды	Средний объем частицы, мм ³ 0,80947944
1000	Средняя площадь поверхности частицы, мм ² 2,611224
Концентрация частиц, N	Водность, г/м ³ 0,020238088
756-8	
РАСЧЕТ	

Рис. 3. Расчет параметров уровня водности (пример)

Одним из требований, предъявляемых к телекоммуникациям и современным системам мобильной связи, является ее надежность, а одним из показателей надежности, имеющих большое значение является вероятность безотказной связи. При определении вероятности безотказной связи, в целях обеспечения непрерывной работы АОСС рассмотрены факторы, влияющие на нее. Одним из основных факторов является состояние среды, в которой передается сигнал, то есть состояние атмосферы. Данная информация для климатических условий нашей республики была получена из государственного учреждения «Центр развития информационных технологий в гидрометеорологии» («Метеоинфоком») при Гидрометеорологической службе Республики Узбекистан.

Изучены полученные данные и разработан усовершенствованный метод при определении вероятности безотказной связи в АОСС, состоящий из трех этапов (рис.4). На основе анализа было определено, что бета-распределение

хорошо аппроксимирует распределение метеорологической дальности видимости (МДВ):

$$F(S_k) = [\Gamma(c + \delta) / \Gamma(c) * \Gamma(\delta)] \int_0^{S_k} x^{c-1} * (1-x)^{\delta-1} dx, \quad (1)$$

$$c = (S_m / 10) \{ [S_m(10 - S_m) / \sigma^2] - 1 \}, \quad \delta = [c(10 - S_m)] / S_m, \quad (2)$$

здесь $\Gamma(\dots)$ — соответствующая гамма-функция;

c, δ - параметры функции распределения;

S_k - текущее значение МДВ ;

S_m - среднее значение МДВ ;

σ - среднее квадратичное отклонение МДВ.

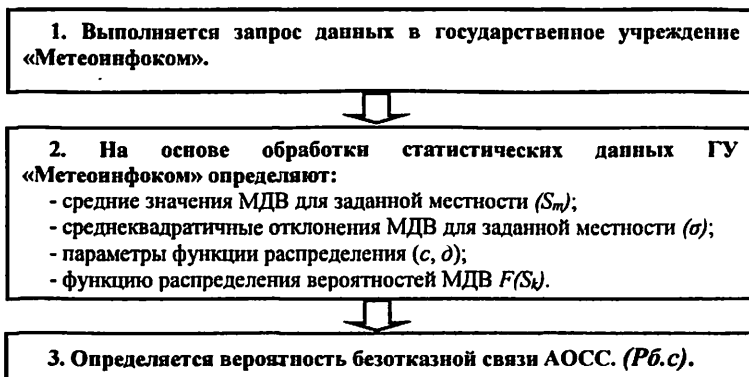


Рис.4. Определение вероятности безотказной связи атмосферной оптической системы связи

Вероятность безотказной связи ($P_{б.с.}$) и функция распределения вероятностей МДВ связаны следующим выражением:

$$P_{б.с.} = 1 - F(S_k^*). \quad (3)$$

На основе усовершенствованного метода для сравнения были обработаны статистические данные ГУ «Метеоинфоком» по городу Ташкенту, а также аналогичные опубликованные данные по городам Москве и Одессе. Результаты наблюдений по месяцам средних значений МДВ (S_m) показаны на рис.5, а среднее квадратичные отклонения (σ) показаны на рис.6.

Средние значения МДВ для города Ташкента выше, чем для городов Москвы и Одессы. Это связано с тем, что климатические условия Ташкента отличаются от климатических условий других регионов (Москвы и Одессы). Осадки в Ташкенте выпадают преимущественно в виде дождя, наличие густого тумана – сравнительно редкое явление.

На основании выражений (1)-(3) определена безотказной связи ($P_{б.с.}$) для города Ташкента в зависимости от расстояния и представлена на рис.7.

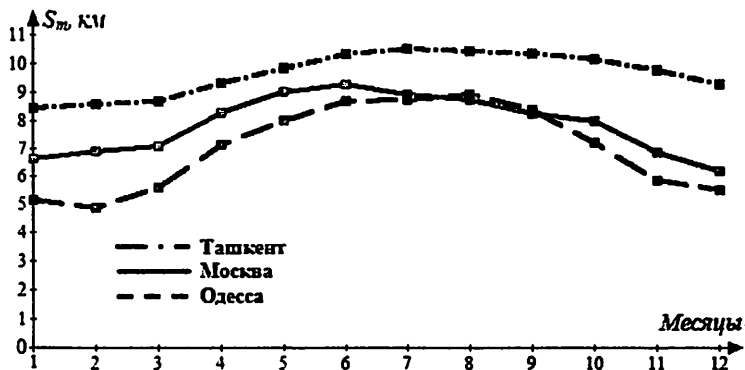


Рис.5. Распределение средних значений МДВ по месяцам для городов Ташкент, Москва, Одесса

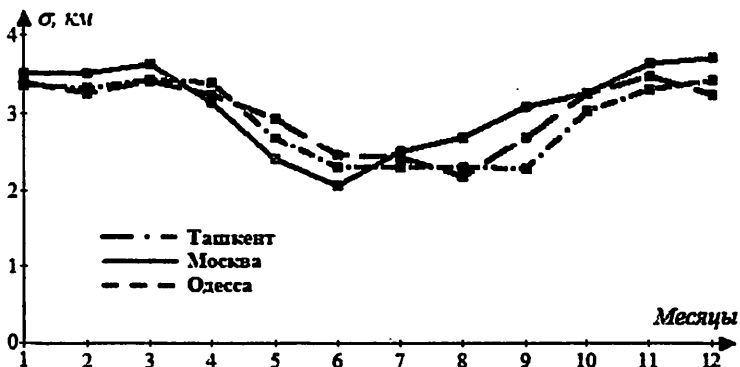


Рис.6. Распределение средних отклонений σ МДВ по месяцам для городов Ташкент, Москва, Одесса

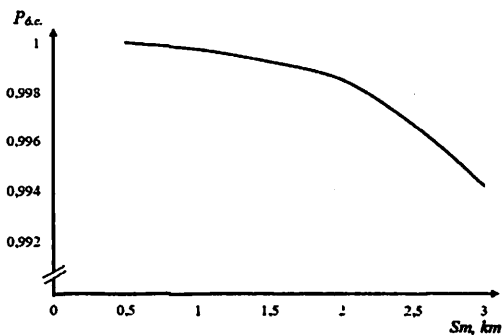


Рис.7. Вероятность безотказной связи ($P_{б.с.}$)

На основе полученных данных доказано, что вероятность безотказной связи для города Ташкента составляет не менее 0,998 при длине трассы менее 2 км.

В третьей главе диссертации «Определение характеристик атмосферного канала и разработка атмосферной оптической системы передачи транспортной сети» представлено, что Республика Узбекистан по климатическим условиям разделена на шесть географических регионов: Республика Каракалпакстан и Хорезмская область (1-й регион); Бухарская и Навоийская области (2-й регион); Самаркандская, Джизакская, Сырдарьинская и Ташкентская области (3-й регион); Ферганская, Андижанская, Наманганский области (4-й регион); Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области (5-й регион); г.Ташкент (6-й регион). Собраны существующие статистические данные о метрологических условиях, зафиксированные при многолетних наблюдениях на территории Республики Узбекистан, разработаны и представлены в диссертации интегральные функции распределения затуханий МДВ. В качестве примера обработаны статистические данные по Ферганской, Андижанской, Наманганской областям и на рис.8 приведены интегральные функции распределения затуханий МДВ.

С помощью пакета прикладных программ MATLAB результаты для городов Андижан и Фергана были аппроксимированы полиномом n -степени и разработаны аналитические выражения интегральной функции распределения метеорологической дальности видимости (ИФР-МДВ).

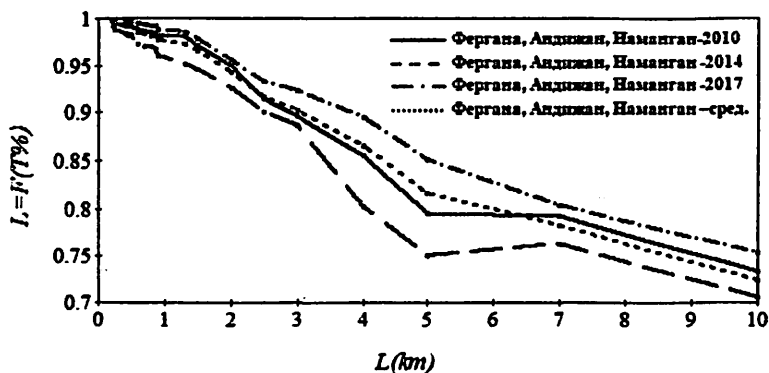


Рис.8. Интегральные функции распределения затуханий МДВ для четвертого региона

Для г.Андижан:

$$F(S_m) = 0.000163 \cdot S_m^4 - 0.002256 \cdot S_m^3 + 0.01478 \cdot S_m^2 + 0.01184 \cdot S_m + 0.01252 \quad (4)$$

Для г.Фергана:

$$F(S_m) = 0.000226 \cdot S_m^5 - 0.00451 \cdot S_m^4 + 0.02983 \cdot S_m^3 - 0.0725 \cdot S_m^2 + 0.09356 \cdot S_m - 0.03572 \quad (5)$$

Усредненное значение для городов Андижан и Фергана:

$$F(S_m) = 0.0004973 \cdot S_m^4 - 0.008175 \cdot S_m^3 + 0.04702 \cdot S_m^2 - 0.05261 \cdot S_m + 0.02508 \quad (6)$$

В настоящее время увеличение скорости передачи данных в телекоммуникационных сетях, особенно в современных сетях мобильной связи, является одним из основных факторов развития. Сегодня развитию сетей связи 4G/5G в нашей республике уделяется большое внимание, и основные показатели этих поколений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные показатели поколений 4G/5G

Стандарт мобильной связи	LTE-Advanced	5G NR
Преимущества	Повышенная емкость, IP - ориентированные сети, мультимедийные приложения, увеличение скорости до сотен Мбит/с.	Скорость выше 1 Гбит/с, повышенная энергоэффективность
Скорость передачи данных	100 Мбит/с - 1 Гбит/с	1 Гбит/с; 6,5 Гбит/с
Радиус действия базовой станции	От 0,5 до 3 км	От нескольких сотен метров до 1-2 км

Показано, что для обеспечения высокоскоростной передачи данных большое внимание следует уделять возможностям транспортных сетей и для организации транспортных сетей мобильные операторы могут использовать различные решения на основе известных и передовых технологий, и выбор таких решений считается одним из основных факторов, определяющих надежность, качество и экономическую эффективность системы мобильной связи. На рис.9 приведена архитектура мобильной связи 4G/5G и проект организации транспортной сети Fronthaul на базе AOCC.

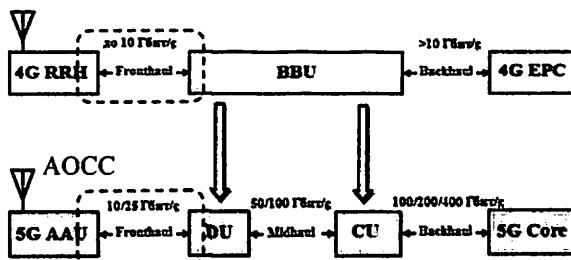


Рис.9. Архитектура мобильной связи 4G/5G и проект организации транспортной сети Fronthaul на базе AOCC

Здесь: RRH (Remote Radio Head) – радиопередающий блок, BBU (Base Band Unit) – блок управления, EPC (Evolved Packet Core) – ядро пакетной сети, AAU (Active Antenna Unit) - активный антенный блок, DU (Distributed Unit) – устройство распределения, CU (Centralized Unit) – центральный модуль, 5G Core – ядро сети 5G.

По результатам исследований и расчетов, проведенных в диссертационной работе, предлагается использовать атмосферные оптические системы связи в качестве транспортной сети Fronthaul в системах мобильной связи 4G/5G в условиях Республики Узбекистан. Современные атмосферные оптические системы связи способны передавать данные со скоростью 10 Гбит/с на расстояние нескольких километров и могут удовлетворить требования к скорости сети Fronthaul.

АОСС, используемые в транспортной сети Fronthaul, включает в себя следующие компоненты, оборудование АОСС и атмосферный канал связи.

Считаем, что отказ любой из компонент приведет к отказу всей АОСС. Надежность системы мобильной связи не учитываем и считаем, что вероятность отказа в ней равна нулю и надежность высокая (равна 1). С учетом этого, применительно к АОСС структуру соединения компонент по надежности можно представить следующим образом (рис.10).

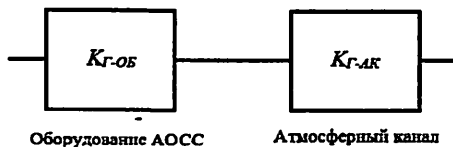


Рис.10. Структура соединения компонентов АОСС по надежности

Тогда коэффициент готовности всей системы АОСС определяется:

$$K_{Г-АОСС} = K_{Г-ОБ} \cdot K_{Г-АК}, \quad (7)$$

где $K_{Г-ОБ}$ – коэффициент готовности оборудования АОАТ;
 $K_{Г-АК}$ – коэффициент готовности атмосферного канала:

$$K_{Г-АК} = 1 - [F(S_m) \cdot \beta], \quad (8)$$

где β – коэффициент масштабирования рабочей волны.

При расчете коэффициента готовности АОСС полагаем, что надежность оборудования высока, $K_{Г-ОБ} = 1$ и основное влияние на коэффициент готовности АОСС оказывает коэффициент готовности атмосферного канала $K_{Г-АК}$.

На основе соотношений (7), (8) были рассчитаны зависимости коэффициента готовности атмосферного канала АОСС при различных длинах рабочих волн АОСС ($\lambda_1 = 0,785$ мкм, $\lambda_2 = 0,91$ мкм, $\lambda_3 = 1,55$ мкм) (рис. 11-рис.13).

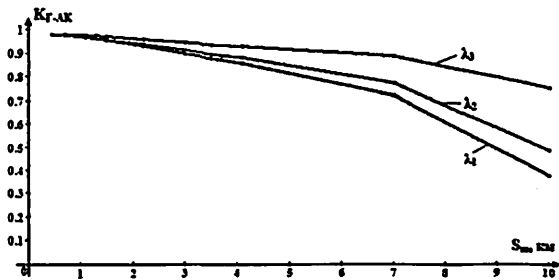


Рис.11. Зависимость коэффициента готовности атмосферного канала при различных рабочих длинах волн АОСС для г.Андижана

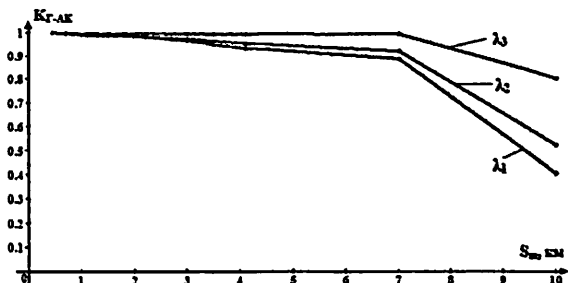


Рис.12. Зависимость коэффициента готовности атмосферного канала при различных рабочих длинах волн АОСС для г.Фергана

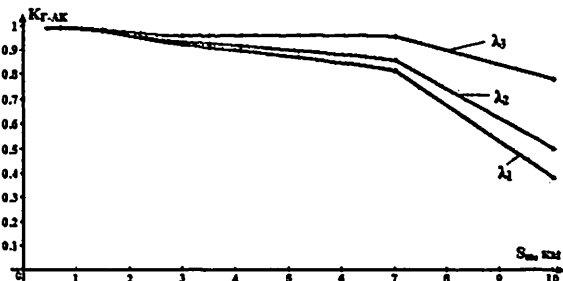


Рис.13. Зависимость коэффициента готовности атмосферного канала при различных рабочих длинах волн АОСС для г.Андижана и г.Фергана

Полученные результаты показали, что в АОСС на расстоянии до одного километра на длинах волн $\lambda_1=0,785$ мкм, $\lambda_2=0,91$ мкм, $\lambda_3=1,55$ мкм коэффициента готовности атмосферного канала имеет достаточно высокое значение. При увеличении расстояния коэффициента готовности на $\lambda_1=0,785$ мкм, $\lambda_2=0,91$ мкм уменьшается, а при $\lambda_3=1,55$ мкм имеет наибольшее значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований в диссертации доктора философии (PhD) на тему «Высокоскоростные транспортные сети на основе атмосферных оптических систем связи (на примере Республики Узбекистан)» представлены следующие выводы:

1. Проанализированы особенности внедрения и использования атмосферных оптических систем передачи в транспортных сетях систем мобильной связи и установлено, что удобство их использования и качество не хуже, чем у традиционных радиосистем. Установлено, что на возможность использования каналов АОСС влияет ряд параметров, которые делятся на внутренние и внешние параметры. Показано, что решение задачи проектирования систем атмосферной оптической связи требует определения комплексных требований к общим характеристикам устройств, анализа каждого компонента с определением взаимных связей и ранжирования системных переменных.

2. Усовершенствован метод определения вероятности безотказной связи на основе закона распределения метеорологической дальности видимости, полученного путем обработки статистических данных метеорологических служб для определенного региона. Показано, что вероятность безотказной связи не хуже 0,998 для расстояния с метеорологической дальностью видимости менее 2 км.

3. На основании статистических данных по метеорологическим условиям государственного учреждения «Метеоинфоком» определены интегральные функции распределения затухания метеорологической дальности видимости для географических регионов Республики Узбекистан. Установлено, что в разных географических регионах протяженность канала связи колеблется от 1 км до 2,5 км.

4. На основе статистических данных по географическим районам Республики Узбекистан разработаны аппроксимирующие аналитические выражения интегральных функций распределения метеорологической дальности видимости.

5. Показано, что на первом этапе внедрения современных и перспективных сетей мобильной связи для транспортных сетей, в случае невозможности прокладки волоконно-оптических линий связи, целесообразным является использование атмосферных оптических систем связи. Разработан проект транспортной сети Fronthaul на основе атмосферных оптических систем связи. Установлено, что в условиях Узбекистана коэффициент готовности атмосферного канала на расстояниях до одного километра достаточно высок, при длине волны 1,55 мкм имеет наибольшее значение.

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

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

SULTONOVA MAKHBUBAKHON ODILOVNA

**HIGH-SPEED TRANSPORT COMMUNICATION NETWORKS
BASED ON ATMOSPHERIC OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS
(ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN)**

**05.04.02 – Radio engineering, radio navigation, radiolocation, television systems and
devices. Mobile, fiber-optic communication systems**

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

Tashkent - 2024

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 innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2023.2.PhD/T3549.

The dissertation has been prepared at the 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 www.tuit.uz and on the website of «ZiyoNet» Informaton and Educational portal www.ziynet.uz.

Scientific adviser: Davronbekov Dilmurod Abduljalilovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: Parsiyev Saydiakhat Solikhodjayevich
Doctor of Technical Sciences, assistant professor

Abdukayumov Abdurashid
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: Tashkent state technical University Named after Islam Karimov

The defence will take place on "28" of 03 2024 at 10:00 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 Resourse Centre of Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. (registration number No. 302). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-15).

The abstract of dissertation is distributed on "18" 03 2024.
(protocol at the register № 5 "18" 03 2024)



B.Sh. Makhkamov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees, doctor of
economical sciences, professor

M.S. Saikamolov
Scientific secretary of Scientific Council
awarding scientific degrees, doctor of
economical sciences, docent

D.Ya. Irgasheva
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 integral distribution functions of the meteorological visibility range for the regions of the Republic of Uzbekistan based on the processing of statistical meteorological data, the project of a high-speed transport network for mobile communication of an atmospheric optical transmission system.

The object of the research is meteorological data, atmospheric optical communication systems.

The scientific novelty of the research work:

improved method for determining the probability of failure-free communication based on the probability distribution law of the meteorological visibility range obtained by processing the statistical data of meteorological services for a particular area;

the integral distribution functions of the meteorological visibility range for the geographical regions of the Republic of Uzbekistan are determined;

analytical expressions for approximating the integral distribution functions of the meteorological visibility range for the geographical regions of the Republic of Uzbekistan have been developed;

the possibility of using atmospheric optical systems in 4G / 5G mobile communications has been scientifically proven and the Fronthaul network project based on an atmospheric optical transmission system has been developed.

Implementation of research results. Based on the results of the processing of statistical meteorological data for the geographical regions of the Republic of Uzbekistan, the study of the integral distribution functions of the meteorological visibility range, high-speed transport atmospheric optical mobile communication networks:

improved method for determining the probability of non-failure communication based on the probability distribution law of meteorological visibility obtained by processing statistical data of meteorological services for a specific area, scientifically proven possibility of using atmospheric optical systems in 4G/5G mobile communications, Fronthaul network project based on atmospheric optical transmission system implemented on enterprises of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan, in particular "UNICON.UZ" SUE, in the process of developing state standards that establish requirements for high-speed mobile transport communication networks (Reference No. 33-8/1143 dated February 21, 2023 of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). As a result, the probability of non-failure communication with an atmospheric optical path length of less than 2 km was no worse than 0,998;

certain integral distribution functions of the meteorological visibility range for the geographical regions of the Republic of Uzbekistan and their analytical approximation expressions are implemented at the Scientific Research Hydrometeorological Institute at the Center for Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan are implemented in the process of predicting

meteorological conditions for geographical regions of the Republic of Uzbekistan (Reference No. 33-8/1143 dated February 21, 2023 of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). As a result, the average annual values of the meteorological visibility range for the geographical regions of the Republic of Uzbekistan were determined;

the scientifically proven possibility of using atmospheric optical systems in 4G/5G mobile communications and the developed project of the Fronthaul network based on an atmospheric optical transmission system were introduced at "NET FEAT MOBILE" LLC in the process of designing and conducting research on a mobile communication system (Reference No. 33-8/1143 dated February 21, 2023 of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). As a result, the possibility of introducing atmospheric optical communication systems with an availability factor of 0,98 at distances up to 2,5 km in the mobile communication networks of the Republic of Uzbekistan was shown.

The structure of the dissertation. The dissertation consists of an Introduction, three Chapters, Conclusion, References and Appendices. The volume of the dissertation is 115 pages.

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

I bo'lim (I part; I часть)

1. Р.Р.Ибраимов, Д.А.Давронбеков, М.О.Султонова. Телекоммуникационные каналы связи на основе атмосферных оптических систем передачи в Республике Узбекистан. Монография. "Fan va ta'lim". -2023. - 120 с.
2. М.О.Sultonova. Atmosfera optik aloqa tizimlari asosidagi transport tarmoqlarining ishonchliligini baholash usuli // "Muhammad al-Xorazmiy avlodlari" jurnali. 2023. №1(23) -B. 144-146. (05.00.00, №10).
3. М.О.Султонова. Особенности и области применения атмосферных оптических систем связи // Фаргона политехника институти Илмий-техника журнали 2022. спец выпуск. №12. –С. 95-99. (05.00.00, №20).
4. М.О.Султонова. Особенности и принцип работы атмосферной оптической системы связи // Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ). Vol.10, Issue 10. Oct. (2022).-С. 129-133, (23) SJIF (2022)= 7,718
5. R.Ibraimov, D.Davronbekov, M.O.Sultonova. Features of building fronthaul networks in 4G/5G on the basis of wireless optical communication channels // An Interdisciplinary Journal of Neuroscience and Quantum Physics "NeuroQuantology". 2022; Volume 20, Issue 11. -P.1555-1564, (3) Scopus
6. М.О.Султонова. Сети Fronthaul network на основе АОСС // "Muhammad al-Xorazmiy avlodlari" ilmiy-amaliy va axborot tahliliy jurnal - 4(18) 2021. -С. 97- 102. (05.00.00, №10).
7. R.Ibraimov, U.Aliyev, M.O.Sultonova. The impact of precipitation on communication failure in FSO / International Conference on Information Science and Communications Technologies: "Applications, Trends and Opportunities" (ICISCT) Tashkent, Urgench-2021. -5p. (3) Scopus (ОАК раёсатининг қарори, 25.10.2021, №525).
8. R.Ibraimov, M.Sultonova, H.Khujamatov. The Integral Distribution Function of the Kilometric Attenuation of Infrared Radiation in the Atmosphere Fergana Region of the Republic of Uzbekistan // "Webology". Volume 18. Special Issue on Current Trends in Management and Information Technology. 2021. -P.316-327, (3) Scopus
9. R.Ibraimov, M.O.Sultonova. Influence of Weather Conditions on Disconnection in Open Optical Transmission Systems // International Conference on Information Science and Communications Technologies: "Applications, Trends and Opportunities (ICISCT-2020)". Tashkent-2020. -5p. (3) Scopus (ОАК раёсатининг қарори, 30.10.2020, №368).
10. R.Ibraimov, M.O.Sultonova. Reliability of Open Optical Transmission Systems in the Backbone Core Cellular Networks of Cellular Communication // International Conference on Information Science and Communications Technologies: "Applications, Trends and Opportunities (ICISCT-2019)". Tashkent-2019. -3p. (3) Scopus (ОАК раёсатининг қарори, 30.09.2019, №269/8).
11. R.Ibraimov, M.Sultonova. 5G transit connections // An international journal of advanced computer technology "COMPUSOFT". – 2019, Volume-8, Issue-5. -P. 3135-3139, (3) Scopus

II bo'lim (Ipart; II часть)

12. M.O.Sultonova. Фоновые помехи, создаваемые другими источниками в атмосфере // Xalqaro ilmiy forum. Ko'p tarmoqli ilmiy-amaliy anjuman materiallari. -Toshkent, 2023. -C.837-839.

13. M.O.Sultonova. Современное состояние развития атмосферных оптических систем связи // "Ilm - fan va innovatsion yutuqlarni rivojlantirishning dolzarb muammolari" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. - Toshkent, 2023. - C.75-78.

14. M.O.Sultonova. Atmosfera optik uzatish tizimlarini umumiy qurish tamoyili. // "Ilm - fan va innovatsion yutuqlarni rivojlantirishning dolzarb muammolari" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. - Toshkent-2023. -B.78-81

15. M.O.Sultonova. Availability factor of the atmospheric communication channel // International Conference on "Research in Sciences, Education and Humanities". – Switzerland, 2023. - P.54-58.

16. M.O.Sultonova. Обработка статистических метеоданных и разработка интегральных функций распределения МДВ // "Ilm - fan va innovatsion yutuqlarni rivojlantirishning dolzarb muammolari" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami. – Toshkent, 2022. -C.29-33.

17. M.O.Sultonova. Transport telecommunication networks of mobile communication for shared use // International Conference on "Advance Research in Humanities, Sciences and Education".- Paris, France.-2022. -P.261-266

18. M.O.Sultonova. Атмосфера оптик алоқа тизимларининг ишлашига таъсир қиладиган ташки параметрлар // International conference "Recent Advances in Intelligent Information and Communication Technologies ISPC-2022".-Tashkent, 2022. –B. 461-465.

19. R.Ibraimov, D.Davronbekov, M.O.Sultonova. Evaluation of the possibility of use of atmospheric optical systems in transport networks of mobile communication on the criterion of reliability // International Conference on Information Science and Communications Technologies: "Applications, Trends and opportunities" (ICISCT-2022). - Tashkent-2022. -4p.

20. M.O.Sultonova. Opportunities of modern open optical transmission systems equipment // International scientific-practical conference "Actual problems of space technologies and satellite communications ISPC-2021". –Tashkent, 2021. –P. 228-232.

21. M.O.Sultonova. Analysis of features works of optical fiber amplifier // Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference of "Science and Practice: Implementation to Modern Society".-№3 (39).-Manchester, 2020. - P.1668-11673.

22. M.O.Sultonova. Optik kuchaytirgichlarning tasniflanishi va vazifalari. // "Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларини аҳамияти" // Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. - Тошкент, 2020. -B.207-211.

23. Д.А Давронбеков, Р.Р.Ибраимов, М.О.Султонова. Ёғингарчиликнинг томчилари ва сув миқдори параметрларини ҳисоблаш // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomasi №DGU 16086, 11.05.2022.

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

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

**Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 15/24.**

**Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.**