

Т АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
8.12.2017.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

МУРАДОВА АЛЕВТИНА АЛЕКСАНДРОВНА

МУЛЬТИСЕРВИСЛИ АЛОҚА ТАРМОҒИ ИШОНЧЛИЛИК
КЎРСАТКИЧЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ МОДЕЛЛАРИ ВА
АЛГОРИТМЛАРИ

05.04.01 - Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАHLАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.28.12.2017.T.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

МУРАДОВА АЛЕВТИНА АЛЕКСАНДРОВНА

МУЛЬТИСЕРВИСЛИ АЛОҚА ТАРМОҒИ ИШОНЧЛИЛИК
КЎРСАТКИЧЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ МОДЕЛЛАРИ ВА
АЛГОРИТМЛАРИ

05.04.01 - Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАҢЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фаилари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/T918 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган. Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва "Ziynet" Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Нишанбаев Туйғун Нишанбаевич
техника фаилар доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Рахимов Бахтиёржон Незматович
техника фаилар доктори, доцент

Камалов Юнус Каримович
техника фаилар номзоди

Етакчи ташкилот:

Тошкент темир йўл муҳандислари институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc. 28.12.2017.Т.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил "23" 02 соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй.) Тел: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz.

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (115 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел: (99871) 238-64-44).

Диссертация автореферати 2019 йил "08" 02 да тарқатилди.
(2019 йил "19" 01 даги 1 рақамли реестр баённомаси)



И.Х. Сиддиқов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ж.Х. Джуманов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

П.Б. Усманова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий телскомуникация соҳаси тез суръатларда ўсиши, телекоммуникация технологияларининг ривожланиш даражаси, мультисервис хизматлари бозори йўналишидаги ўсиши, жумладан, янги телекоммуникация ва ахборот технологияларини қўлланилиши ва уларни конвергенциялаш имкониятларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ривожланган мамлакатларда, жумладан, АҚШ, Буюк Британия, Нидерландия, Германия, Швеция, Франция, Жанубий Корёя, Хиндистон, Россия ва бошқа мамлакатларда NGN тармоғи (Next Generation Network ёки мультисервиси алоқа тармоқлари) га ўтишда жуда кўп сонли махсус қурilmалар (контроллерлар, шлюзлар, серверлар) комплекси қўлланилади. Битта коммутация воситасининг функцияларини бажариш учун бир нечта бундай ускуналарнинг биргаликда ишлаши талаб этилади. Умумий ишончлилик ҳамма воситалар ишончлилик кўрсаткичларининг кўпайтмасига тенг бўлади, натижада олинган умумий ишончлилик кўрсаткичи нисбатан пасаяди ва ишончлиликни оширишига катта эътибор қаратилади. Шу жиҳатдан мультисервиси алоқа тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш моделларини ва алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ахборот ва коммуникацион технологияларни ривож-лантиришга, мультисервиси алоқа тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишда телетрафика назариясида счиладиган масалалар, маълумотларни юқори сифат билан узатиш илмий асослари яратилмоқда. Ушбу йўналишда мультисервиси алоқа тармоқлари муаммоларини ва транспорт тармоқларини жорий этиш учун уларни ривожлантириш йўлларини такомиллаштириш, мультисервиси алоқа тармоғининг ишончлилик кўрсаткичларини ҳисоблашнинг аналитик моделини ишлаб чиқиш, ноаниқ тўпламлар назарияси асосида баҳолаш усули, мультисервиси алоқа тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини ҳисоблаш ва баҳолаш алгоритминини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда ахборотлаштиришни ривожлантиришга, чекка туманлар аҳолисининг ҳам кенг поласали интернетдан фойдаланишига алоҳида эътибор қаратилиб, жумладан маълумотлар узатиш тезлигига мувофиқ хизматлар кўрсатиш сифатини, фойдаланувчиларга мультисервиси хизмат турларини таъминлаб бериш, шу хизмат турларидан сифатли фойдаланишга оид чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожланиш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...Интернет тармоғи орқали эркин кириладиган базани яратиш, ...Республика аҳолисининг юқори тезликдаги Интернетга уланиши, ...телекоммуникация тизимини кенг кулашда модернизация қилиш...»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони.

оширишда, жумладан ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоқларининг ишончлилиқ параметрларини баҳолаш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш, сўровларни ўз вақтида бажариш эҳтимоллигини тармоқнинг тайёргарлик коэффициенти ва юкланганлигига боғлиқлик даражасини тахлиллашнинг аналитик моделини ишлаб чиқиш муҳим вазибалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» Фармони, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 7 мартдаги 185-сон «Алоқа, ахборотлаштириш ва телекоммуникация хизматлари сифатини янада яхшилашга доир чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазибаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонни ўрганилганлик даражаси. Кўпгина тадқиқотлар мультисервисли тизимлар ва тармоқлар ишончилиқ кўрсаткичларини ўрганишга бағишланган бўлиб, тармоқ тузилмаси таркибий қисмларининг ишончилиқлигини характерловчи параметрларини баҳолаш ва ҳисоблаш учун самарали усуллар таклиф қилинган, кўплаб усуллар ва моделлар ишлаб чиқилган. Жумладан, хорижий олимлардан Х.Ҳигуо (АҚШ), Louis A. Petingi (АҚШ), В.Денгиз (АҚШ), Wenbo He (АҚШ), S. Adjabil (АҚШ), A.Guimaraes (АҚШ), J.Carlier (АҚШ), J.Xin (Ангилия), S. Adjabi (АҚШ), D.Mihail Curpen (АҚШ) ва Россиялик олимлар: Н.П.Бусленко, Б.В. Гнעדено, Ю.К.Беляев, Соловьёв А.Д., Ушаков И.А.Б.Я.Советов, С.А.Яковлев, Г.П.Захаров, О.В.Щербаклов, Г.Н.Черкесов, И.А.Рябинин, А.С. Можасв, Б.П.Филин, О.А.Гадяцкая, Д.В. Козырев, Л.С.Выговский, А.В.Лупал, А.Е.Перфильев, Л.В.Маер ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Ўзбекистонда мураккаб структураларга эга бўлган алоқа тармоқларининг ишончилиқлигини тахлил қилишнинг турли жиҳатлари, ишончилиқлиқ кўрсаткичларининг тавсифлари, тизим ва тармоқларнинг ишончилиқлиқлигини тахлиллаш ва баҳолашнинг турли усуллари, ахборот йўқотиш манбалари қуйидаги олимлар илмий ишларида кўриб чиқилган, жумладан, Д.А. Абдуллаев, Т.А.Валиев, А.Э.Аллаев, М.А.Абдурафиков, Н.Х.Гультурасев ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар.

Олиб борилган тахлил натижалари шуни кўрсатдики, NGN (ёки

мультисервис тармоғи) тармоқларининг ишончилигини тизимли ёндашув асосида баҳолаш усуллари, моделларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш, тармоқ сатхларининг ишончилигини ҳисобга олган ҳолда объектив қарорларни қабул қилиш ва амалиётга жорий этиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А5-023-сон «Ўзбекистон телекоммуникация тармоғининг оптик кириш сатҳини режалаштириш усулини ишлаб чиқиш ва тадқиқотлан» мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тизимли ёндашув услубларини қўллаш негизида мультисервис тармоқларининг ишончилик кўрсаткичларини ҳисоблаш усул, моделлар ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

тармоқнинг техникавий, тузилмавий хусусиятларини ҳамда фойдаланувчиларининг қизиқишларини ҳисобга оладиган оптимал моделини ишлаб чиқиш;

ноаниқ тўпламлар назариясига асосланиб, мультисервис тармоқларининг ишончилик параметрларини аниқлаш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

мультисервис тармоғи вақт-эҳтимоллик характеристикаларини тайёргарлик коэффицентига боғлиқлик даражасини таҳлил қилиш моделини ишлаб чиқиш;

тизимли ёндашув асосида тармоқнинг ишончилигини оширишга кетадиган харажатлар ва тармоқ компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини баҳолайдиган моделлаштириш алгоритминини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида мураккаб структурага эга бўлган мультисервис алоқа тармоғининг компонентлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини мультисервис алоқа тармоқларининг ишончилигини баҳолаш усуллари, математик моделлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида тизимли таҳлил, телетрафика, оммавий хизмат кўрсатиш, ноаниқ тўпламлар ҳамда математик ишончилилик назариялари ва мураккаб тизимларни моделлаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоқларининг ишончилик параметрларини баҳолаш усули ва алгоритми ишлаб чиқилган;

сўровларни ўз вақтида бажариш эҳтимоллигини тармоқнинг тайёргарлик коэффицентини ва юкланганлигига боғлиқлик даражасини таҳлиллашнинг аналитик модели ишлаб чиқилган;

тармоқнинг техник, структуравий томонини ҳамда фойдаланувчиларининг қизиқишларини ҳисобга оладиган мультисервис тармоқларнинг тизимли техник-иқтисодий оптимал модели яратилган;

мультисервис тармоқларининг ишончлилик параметрларини аниқлайдиган оптимал масалани ечиш учун имитацион моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

мураккаб тармоқ тузилмали мультисервис тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш модели ишлаб чиқилган;

тизимли ёндашув асосида тармоқнинг ишончилигини оширишга кетадиган харажатлар ва тармоқ компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини баҳолайдиган моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги мультисервиси алоқа тармоғининг тизимли техник-иқтисодий оптимал модели, ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоқларининг ишончлилик параметрларини баҳолаш усули ва алгоритми, сўровларни ўз вақтида бажариш эҳтимолигини тармоқнинг тайёргарлик коэффициенти ва юкланганлигига боғлиқлик даражасини таҳлиллашни ифодаловчи оммавий хизмат кўрсатиш назариясига асосланган аналитик модели, мультисервис тармоқларининг ишончлилик параметрларини тадқиқ этиш бўйича яратилган моделлаштириш алгоритми билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мураккаб тармоқ тузилмали мультисервис тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш модели ва услуги, тизимли ёндашув асосида тармоқнинг ишончилигини оширишга кетадиган харажатлар ва тармоқ компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини баҳолайдиган моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ҳисоблаш эксперименти натижаларининг таҳлили асосида мультисервис алоқа тармоқларининг ишончилигини яхшилаш бўйича тавсифномалар, мультисервис алоқа тармоқларини аппарат таъминотини танлаш ва такомиллаштириш жараёнларини автоматлаштириш ва унификациялашга, ҳамда тармоқ ишончилигини оширишга ажратилган молиявий маблағларни оптимал тақсимланишига имкон яратилганлиги ва тармоқдан самарали фойдаланишга эришилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Мультисервиси алоқа тармоғининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш моделлари, усули ва алгоритмлари бўйича олинган натижалар асосида:

мультисервис тармоқларининг ишончлилик параметрларини аниқлайдиган оптимал масалани ечиш учун имитацион моделлаштириш алгоритми «Ўзбектелеком» АКнинг транспорт магистрал тармоғининг эксплуатация Марказининг амалий фаолиятида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 29 ноябрдаги 33-8/8921-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ишончлиликни ошириш учун

мўлжалланган харажатларни биргаликда ҳисобга олган ҳолда, мультисервис тармоқларнинг аппарат-дастурий воситаларини ва унинг алоҳида компонентларини ноидеал ишлаши ҳисобида пайдо бўладиган кутиладиган тан нарх харажатларини танлаш ҳамда тақомиллаштириш жараёнини автоматлаштириш ва унификация қилишни таъминлаб берди ҳамда ишончлилик кўрсаткичларини 8 фоизга ошириш имконини берган;

ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоқларининг ишончлилик параметрларини баҳолаш усули ва алгоритми «Ўзбектелеком» АКнинг «Тошкент шаҳар - Телеком» тармоғи эксплуатация Марказининг амалий фаолиятида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 29 ноябрдаги 33-8/8921-сон маълумотномаси). Натижада мультисервис тармоқлари компонентларининг қолдиқли ноишончилиги пайдо бўлаётганда кутилаётган йўқотишларни ҳисобга олган ҳолда ишончлиликни ошириш мақсадлари учун ажратилган воситаларни рационал тақсимлаш имконини берган;

тизимли ёндашув асосида тармоқнинг ишончилигини оширишга кетадиган харажатлар ва тармоқ компонентларида қолдиқли ишонсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йингидисини баҳоладиган моделлаштириш алгоритми «Ўзбектелеком» АКнинг транспорт магистрал тармоғининг эксплуатация Марказининг амалий фаолиятида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 29 ноябрдаги №33-8/8921-сон маълумотномаси). Натижада оптимал ўтказувчанлик қобилияти/мультисервис алоқа тармоғининг оптимал нархи кўрсаткичи асосида тармоқ фаол элементларини оптимал характеристикаларини ҳисоблаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 11 та халқаро, 16 республика илмий-амалий конференциялар ҳамда илмий семинарларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 47 та илмий иш, шу жумладан, хорижий журналларда 5 та мақола, республика миқёсидаги илмий журналларда 15 та мақола чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, нашр этилган ишлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, ишнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалда жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг

тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “Тақсимланган структурага эга бўлган мультисервис тармоқларнинг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш муаммосининг ҳолати” деб номланган биринчи бобида телекоммуникация тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини тадқиқ этиш бўйича илмий ишланмалар, тақлиф этилган усуллар ва моделлар тизимли кўриб чиқилган ва таҳлил натижалари тақдим этилган. Бобда мультисервис тармоқларининг ишончлилик кўрсаткичларини техник-иқтисодий концепцияга асосланиб тадқиқ этиш ва оптималлаштириш мақсадга мувофиқлиги асослаб берилган.

Кўпгина тадқиқотлар мультисервиси тизимлар ва тармоқлар ишончлилик кўрсаткичларини ўрганишга бағишланган бўлиб, тармоқ тузилмаси таркибий қисмларининг ишончилигини аниқловчи параметрларини баҳолаш ва ҳисоблаш учун самарали усуллар тақлиф қилинган, кўплаб усуллар ва моделлар ишлаб чиқилган. В.А. Нетес «NGNга ўтишда алоқа тармоқларининг ишончилиги», Э.Ю. Калимулина «Ишончлилик аналитик моделларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш ва уларни тақсимланган тармоқларга оптимал учун қўллаш», А.Х. Ишмухамедов «Алоқа тизимларини бошқариш учун ишончилиқни баҳолашда автоматлаштириш усуллар, моделлар ва алгоритмлар», Б.П. Филин «Алоқа тармоқларни структуралӣ ишончилиқни баҳолаш усуллари», А.Ю. Крайнов «Ҳимояланган тақсимланган телекоммуникация тармоқларда ахборотларни узатиш ишончилиқ модели», В.Г. Кривулец «Тармоқларнинг ишончилиқ кўрсаткичларини квазитўпلامли баҳолашлар» ишларида мураккаб структурага эга бўлган алоқа тармоқларнинг ишончилиқни таҳлил қилиш асосий аспекти кўриб чиқилган ҳамда бир нечта ишончилиқ кўрсаткичлари тадқиқ қилинди.

Замонавий тармоқли структуралар мураккаб ва кўпқиррали бўлгани сабабида тизимли таҳлил назариясида қўлланиши билан мультисервис тармоқларни ишончилиқини тадқиқ қилиш соҳасида янги ечилмаган масалалар пайдо бўляпти. Фойдаланувчилар сўровларни бажаришида мультисервис тармоқларнинг ҳамма таркибий қисмлари қатнашади ва битта элементни ишончсиз ишлаши бошқа компонентларнинг ишини тўхтатиши мумкин. Шунинг учун тизимли ёндашув қўлланилганда NGN (ёки мультисервис тармоқлари) ишончилиқни баҳолаш усуллари ва моделларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш долзарб масала ҳисобланади.

Тақсимланган структурага эга бўлган замонавий мультисервис тармоғи (ёки кейинги авлод тармоғи) нинг функционал модели тўртта поғоналардан ташкил топган: кириш, транспорт, тармоқни бошқариш ва хизматларни бошқариш поғоналари.

Мультисервис тармоғининг (МСТ) ишончилиқ кўрсаткичларини ўрганиш тизимли ёндашув асосида амалга оширилиши керак. Бундай ёндашув мавжуд бўлган (ажратилган) ресурсларни тармоқнинг ишончилиқини таъминлаш мақсадида рационал равишда оқилона тақсимлаш имконини беради.

Мультисервис тармоғи N ўзаро муносабатда бўладиган тизимостилардан (сатхлардан) таркиб топган, деб фараз қиламиз. Бунда вектор $x(t) = [x_1(t), \dots, x_n(t)]$ - МСТ кириш сатҳидаги ҳар хил шлюз ва коммутаторларнинг киришидаги таъсирларни кўрсатади. $x_i(t)$ - МСТ кириш сатҳи i - шлюзининг ишончилигига i - ташқи омил таъсирининг мавжудлиги ёки йўқлигини билдирувчи вақт интервалининг кетма-кетлиги. МСТ сатхлари орасидаги $b(t) = [b_1(t), \dots, b_l(t)]$ - вектор функцияси МСТ алоқа каналларининг ишончилилик ҳолати ўзгаришини акс эттиради, транспорт сатҳида $a(t) = [a_1(t), \dots, a_n(t)]$ - МСТ транспорт сатҳи маршрутизатор, коммутатор ва бошқарув воситаларининг ишончилилик ҳолати ўзгаришини акс эттиради, хизматларни тақдим этиш сатҳида $v(t) = [v_1(t), \dots, v_m(t)]$ - вектор функцияси тармоқнинг чикишидаги воситаларининг ишончилилик ҳолатларини, яъни маълум даражадаги сифат кўрсаткичи (QoS) билан фойдаланувчиларга мультимедиа хизматларини тақдим этиш эволюциясини акс эттиради.

Навбатдаги хизматни тақдим этиш операциялари бажарилиши даврларида МСТ нинг ҳар хил ишончилилик кўрсаткичига эга бўлган бир мунча компоненталари иштирок этади, яъни:

$$\begin{aligned} G_1(t) &= g_1 [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)] \\ G_2(t) &= g_2 [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)] \\ &\dots \dots \dots \\ G_d(t) &= g_d [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)], \end{aligned}$$

бу ерда G_d ($d=1, \dots, D$) - сўровга хизмат кўрсатиш операциялари бажарилишининг t вақт моментларида МСТ ҳар бир сатҳ воситаларининг ишончилилик ҳолатини характерлайдиган операторлар. $g_1(t), \dots, g_d(t)$ - t вақт моментларида МСТ ҳамма сатҳ элементларининг ишончилилик кўрсаткичларини характерлайди.

Ишда келтирилган ифодаларга асосланиб, мультисервис тармоғини ишончилилик параметрларини аниқлаш бўйича оптимал масала шаклланган. У тармоқ ишончилигини оширишга кетадиган харажатларнинг ҳамда тармоқ компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини минималлаштирадиган вариантини излаб топишга йўналтирилган, яъни ушбу функционалнинг:

$$C [x(t), b(t), a(t), v(t)] = \{C_z [x(t), b(t), a(t), v(t)] + C_p [x(t), b(t), a(t), v(t)]\} \rightarrow \min (1)$$

минимал қийматини оқимларнинг стационар ҳолатига белгиланган чекловлар бажарилган ҳолда излаб топишга йўналтирилган. Бунда $C_z [g(t)]$ - маълум бир t вақт оралиғида мультисервис тармоғини воситаларининг ишончилилик параметрларига берилган талаб бажарилиши учун кетадиган харажатлар миқдори; $C_p [g(t)]$ - фойдаланувчи ва операторларнинг МСТ воситаларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлари миқдорининг йиғиндис.

Бундай мезон кўрсаткичи асосида оптимал масала қўйилишининг долзарблиги куйидагича изоҳланади: бир томондан, мультисервис тармоғи ишончилигини ошириш учун керакли харажатлар қилинмаса,

фойдаланувчиларнинг сўровлари ўз вақтида ва сифатсиз бажарилиши оқибатида компаниянинг йўқотишлари кўпайиб кетиш эҳтимоллиги ошиб кетади, иккинчи томондан - ишончлилик кўрсаткичларини ҳаддан ташқари оширилиши ажратилган ҳаражатларни кескин кўпайишига олиб келади.

Диссертациянинг “Тизимли таҳлил асосида мультисервис тармоғи ишончлилик параметрларини оптимал аниқлаш масаласининг қўйилиши” деб номланган иккинчи боби мультисервис тармоғи компоненталарининг ишончлилик ҳолатини кўрсатадиган параметрларнинг таҳлил натижалари ва танланган мезон кўрсаткичи негизида оптимал масаласига бағишланган.

Бобда мультисервис тармоғи ишончлилигини кўрсатадиган параметрларнинг физик мазмуни ва моҳияти тизимлаштирилган ҳолда тавсифланади: тайёргарлик коэффиценти, тўхташнинг ўртача вақти, қайта тикланиш эҳтимоллиги, бетўхтов ишлаш эҳтимоллигининг тақсимооти, рад этиш эҳтимолликлари ва уларнинг модификациялари, уларнинг сонли кийматларини ҳисобловчи тегишли формулалар келтирилади.

Жумладан, тайёрлик коэффиценти K_T тармоқни тасодиф танланган вақт оралиғидаги тўғри ишлаш эҳтимоллигини кўрсатадиган параметр ҳисобланиб, қуйидагича аниқланади:

$$K_T = T_o / (T_o + T_B)$$

бу ерда T_o - тармоқнинг икки раддият орасидаги тўғри ишлаш вақти; T_B - тармоқни ишчи ҳолатини тиклаш учун кетадиган ўртача вақт, тармоқнинг мажбурий тўхташ коэффиценти (ёки тармоқнинг тасодиф тапланган вақт оралиғидаги тайёр эмаслик коэффиценти K_{Π}).

$$K_{\Pi} = 1 - K_T.$$

Мультисервис тармоғининг бир элементида раддият ҳолати пайдо бўлиши, унинг бошқа элементлари фаолиятига боғлиқ эмаслиги шарти бажарилгани сабабли, тармоқнинг тайёрлик коэффицентининг K_T сонли киймати қуйидагича аниқланиши мумкин:

$$K_T^{мст} = \prod_{i=1}^n K_T^n, (n = 4).$$

Ўз навбатида ҳар бир сатҳ бир неча элементлардан таркиб топган, улар ҳам маълум бир ишончлилик даражаларига эга, яъни ҳар бир i - сатҳ учун қуйидаги ифода ўринли:

$$K_T^i = \prod_{j=1}^{m_i} K_T^j,$$

бу ерда m_i - мультисервис тармоғини i - сатҳда ишончлилик даражаси паст ҳолатда фаолият юритаётган воситалар сони.

Мультисервис тармоғининг тузилмаси ҳар хил узатиш қобилиятига эга булган алоқа каналлари ёрдамида бир-бири билан боғланган абонент терминаллари, тармоқ воситалари ва компьютер тизимлари тўпламидан ташкил топган.

Шундай қилиб, тармоқнинг кириш, транспорт, хизмат тақдим этиш сатҳлари тузилмасини характерловчи қуйидаги тузилмавий вектор параметрлар \vec{d} , \vec{w} , \vec{u} берилган бўлсин. Берилган тузилмани қайта ишлаб шундай тузилмани аниқлаш керакки, у тармоқ компонентларининг ишончлилиқ кўрсаткичларини оширишга кетадиган харажатлар ҳамда тармоқнинг айрим компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини минималлаштирган ҳолда мультисервис тармоғининг ишончлилиги (унинг ҳамма компонентларини стационар функционаллилигига қўйилган шартлар ва тармоқнинг сифат кўрсаткичига белгиланган талаблар бажарилиши тўғрисидаги чекловлар бажарилган ҳолда)ни таъминласин, яъни қуйидаги функционалнинг қиймати минималлаштирилсин:

$$C(\vec{d}, \vec{w}, \vec{u}) = [C_1(\vec{d}, \vec{w}, \vec{u}) + C_n(\vec{d}, \vec{w}, \vec{u})] \rightarrow \min.$$

Мультисервис тармоғининг ишончлилиқ кўрсаткичига боғлиқ воситалари асосан унинг кириш, транспорт ва хизмат кўрсатиш сатҳларида мужассамланганлиги сабабли, ушбу сатҳлар воситаларини ишончлилигини ошириш учун сарфланадиган капитал харажатлар қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$C_n = C^{yA} + C^{yT} + C^{yY},$$

$$C^{yA} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^{IA} + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^T + \sum_{l=1}^L d_l \cdot c_l^{IAD} + \sum_{f=1}^F z_f \cdot c_f^{DSLAM} + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

$$C^{yT} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^M + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^K + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

$$C^{yY} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^{\Pi} + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^{Cb} + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

бу ерда a_n , b_m , d_l , z_f , g_y - “огирлик” коэффициентлари, вазиятга қараб 0 ёки 1 қийматларини олишлари мумкин.

Йўқотишларнинг қиймати C_n мультисервис тармоғи сўровлари ўз вақтида бажарилмаслик эҳтимоллигининг тақсимотига функционал боғлиқлиги билан аниқланади.

Диссертациянинг “Мультисервис тармоғи ишончлилиқ кўрсаткичларини аниқлаш усули ва алгоритминини ишлаб чиқиш” деб номланган учинчи боби ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоғи таркибий қисмларининг ишончлилигини аниқлаш муаммоларини ҳал қилиш усули ва алгоритминини ишлаб чиқишга бағишланган.

Учинчи бобда ишончлилиқ параметрларини пасайишига олиб келадиган асосий омиллар (улар ташқи, ички, муҳандислик ва хизмат кўрсатиш омиллари бўлиши мумкин) ва уларни бартараф этиш учун қабул қилиниши

мумкин бўлган қарорларнинг рўйхати келтирилган. Улар тасодиф омилларнинг тури ва характериға қараб огоҳлантирувчи, профилактик, маҳаллий ва қайта тиклаш категорияларига бўлинади. Ишда омиллар ва уларни бартараф этиш ечимлари аниқлаштирилган ва жадвал кўринишида келтирилган.

Эҳтимоллик моделлари учун оператив маълумотларни олиш қийинлиги ва тасодиф қийматлар негизида қайта ишлаш ва ечимлар қабул қилиш жараёнларини бажариш мураккаблигини ҳисобға олиб, диссертацияда мультисервис тармоғи ишончилилик кўрсаткичларини тадқиқ қилиш учун ноаниқ тўплам назариясини қўллаш тавсия этилади. Бундай ёндашув мультисервис тармоғи ишончилилик кўрсаткичларини тасодифий таъсирлар, тармоқ алоҳида элементлари ёки “тугунларининг” ишончилигига талаблар бузилганида, электр манбанинг қисқа муддатли узилишларида тадқиқ қилиш имконини яратади.

Бунинг учун мультисервис тармоғи ҳар бир тармоқ сатҳининг асосий таркибий қисмларини кўрсатувчи иерархик диаграмма кўринишида (1-расм) тасвирланади: U - турли хил хизматларни тақдим этадиган мультисервис тармоғи; U_1 - кириш поғонаси; U_2 - транспорт поғонаси; U_3 - бошқариш поғонаси; U_4 - хизматларни тақдим этадиган поғонаси. Сўровни бажаришда, умуман олганда, барча сатҳлар иштирок этади, яъни мультисервис тармоғи сатҳларидаги қурилмалар ўзаро боғлиқ ва ягона мақсадға йўналтирилган. Қарор ноаниқ тўпламлар назарияси (НТН) тамойилларини интеграциясига асосланиб, мультисервис тармоғи комплекс моделини яратиш йўли билан қабул қилинади.

Шу мақсадда мультисервис тармоғининг ҳолатини маълум бир омилларға нисбатан функционал боғланиш кўринишида тасвирлаймиз:

$$U = f_U(U_1, U_2, U_3, U_4), U_1 = f_{U_1}(x), U_2 = f_{U_2}(y), U_3 = f_{U_3}(z), U_4 = f_{U_4}(p),$$

бу ерда x, y, z - ташки, ички ва муҳандислик факторларининг таъсири; p - хизмат кўрсатиш омили.

Шу билан бирга, ноаниқ ҳолатларни расмий тавсифи учун қўйидаги тузилмалар қўлланилади:

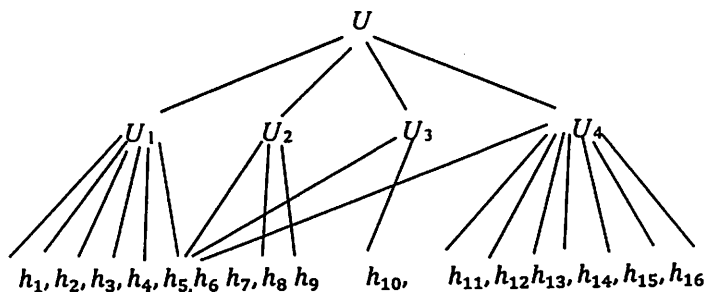
$$\langle \Delta \bar{S}, R, \bar{C}_{(i)} \rangle, \text{ бу ерда } \Delta \bar{S} = \begin{pmatrix} \Delta \bar{x} \\ \Delta \bar{y} \\ \Delta \bar{z} \\ \Delta \bar{p} \end{pmatrix}, R = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ p \end{pmatrix}, \bar{C}_{(i)} = \begin{pmatrix} \bar{C}_{(i)}^{(1)} \\ \bar{C}_{(i)}^{(2)} \\ \bar{C}_{(i)}^{(3)} \\ \bar{C}_{(i)}^{(4)} \end{pmatrix}$$

$\Delta \bar{S}$ - ҳисобға олган омилларни лингвистик баҳолаш; R - омиллар бўйича ноаниқ натижалар (универсумлар); $\bar{C}_{(i)}$ - омилларнинг ўзгаришиға тегишли бўлган функциялар, улар қўйидагича аниқланади:

$$\bar{C}_{(i)} = \left\{ \left\langle \frac{\alpha_i}{T_1^i} \right\rangle, \left\langle \frac{\beta_i}{T_2^i} \right\rangle, \left\langle \frac{\gamma_i}{T_3^i} \right\rangle \right\},$$

бу ерда T_1^i, T_2^i, T_3^i - i -омил ўзгаришининг лингвистик баҳолашлари.

$$U_1 \rightleftharpoons U_2 \rightleftharpoons U_3 \rightleftharpoons U_4.$$



1-расм. Мультисервис тармоғининг иерархик диаграммаси

Ноаниқ ахборотларни қайта ишлаш тизимостиси (x, y, z ва p) омилларидаги ўзгаришлар ҳақида мантикий маълумотни олади, мультисервис тармоғининг ишлайдиган меъёрларида бузилишлар мавжудлигини текширади, юзга келган ҳолатнинг диагностикасини амалга оширади, яъни U_1, U_2, U_3, U_4 ҳолатларнинг ноаниқ баҳоланишларини аниқлайди, яъни $\mu(U_1), \mu(U_2), \mu(U_3), \mu(U_4)$.

Ҳар бир омил учун қабул қилинаётган қарор маълум бир харажатларни талаб қилади. Муайян характерли зарарни бартараф этиш учун харажатлар киймати қўйидагича тақсимланади: ишдан чиққан қурилмаларни таъмирлаш учун максимал харажатлар, маҳаллий зарарни қоплаш учун камроқ харажатлар ва бошқалар, яъни: $C^{np} < C^n < C^u < C^{bc}$.

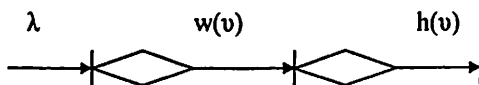
Кейинги босқичда бошқарув қарорини танлаш ва уни асослаш масалалари ҳал этилади. Муайян қарорни танлаш танланган баҳолаш мезонлари асосида амалга оширилади.

Диссертацияда мультисервис тармоғига муҳандислик омиллари таъсир қилганида ноаниқ ахборот асосида қарор қабул қилишнинг мисоли кўриб чиқилган.

Диссертациянинг “Имитацион моделлаштириш алгоритмининг ишлаб чиқиш ва ҳисоблаш экспериментининг натижаларини таҳлил қилиш” деб номланган тўртинчи боби ишончлилик кўрсаткичларини меъёрга олиб келиш учун зарур бўлган харажатлар йиғиндисини минималлаштириш пайтида ишончлилик кўрсаткичларини аниқлаш моделлаштириш йўли билан таъминлаб берадиган имитацион моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқиш, мультисервис тармоғи эҳтимолик-вақтли кўрсаткичларига ишончлилик параметрларининг таъсирини тадқиқ қилиш мақсадида оммавий хизмат кўрсатиш тизимлари (ОХКТ) назариясига асосланган аналитик модели ишлаб чиқиш масалаларига бағишланган.

Бунда мультисервис тармоғи схемаси $M/I/R_{\infty}/d_1$ (бу ерда M - мультисервис тармоғига келадиган сўровлар интенсивлиги экспоненциал тақсимот қонуни билан тавсифланишини, I-тизим реал ишончлилик режимида ишлашини, R_{∞} - чексиз вақт кутиб турувчи хизмат режимини, d_1 - тизим тўғридан тўғри буюртма хизматига талабни қабул қилишини англатади) туридаги модел сифатида тақдим этилади ва ушбу моделнинг эҳтимолий

параметрларини белгилайди. Мультисервис тармоғидаги сўровлар хизмати модели схемаси қўйидагича ифодаланади (2-расм).



2-расм. Мультисервис тармоғида сўровларга хизмат кўрсатиш моделининг схемаси

Ушбу моделга биноан, тизимда иккита асосий тасодифий жараён мавжуд: тасодифий вақт билан тавсифланадиган кутиш жараёни t_w ва тасодифий вақт билан характерланадиган хизмат кўрсатиш жараёни t_c . Тасодиф сонларнинг аддитивлик хусусияти туфайли, сўровга хизмат кўрсатишнинг ўртача тасодифий вақти t қўйидагича ифодаланади:

$$t_v = t_w + t_c . \quad (2)$$

Сўровларга ўз вақтида хизмат кўрсатиш эҳтимоллиги:

$$Q = w(v) \cdot h(v), \text{ Re } v \geq 0,$$

формула ёрдамида аниқланади, бунда $w(v)$ -Лаплас-Стилтьес ўзгартириши асосидаги кутиш вақтини тақсимлаш функцияси; $h(v)$ -Лаплас-Стилтьес ўзгартириши асосидаги хизмат кўрсатиш вақтини тақсимлаш функцияси; Re англатадиган чеклов.

Тизим носоз режимда ишлаши ва тиклаш жараёнини ҳисобга оладиган бўлсак, $h(v)$ ва $w(v)$ функциялар қўйидаги ифодалар ёрдамида аниқланади:

$$h(v) = \frac{\mu(v+d)}{(v+d)(v+\mu)+cv} , \quad (3)$$

$$w(v) = \frac{(1-\lambda h_1)v[1+c(d+c)]k_r}{v-\lambda+\lambda h(v)} , \quad (4)$$

бу ерда $h_1 = 1/\mu k_r$.

Охириги ифодалар билан тегишли ўзгартиришлар амалга оширилганидан сўнг сўровларга ўз вақтида хизмат кўрсатиш эҳтимоллигини характерлайдиган ифода якуний шаклда қўйидагича бўлади:

$$Q = w(v) \cdot h(v) = (\mu\varepsilon - \lambda) / (\mu\varepsilon - \lambda + v\varepsilon), \quad (5)$$

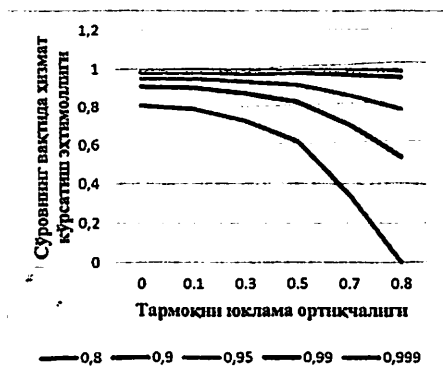
$$\begin{cases} v > 0, \mu\varepsilon \geq \lambda, \mu\varepsilon = \mu k_r, \\ v\varepsilon = v[1 + \mu\varepsilon k_n / (v k_r + d)], \mu = C/V, k_n = 1 - k_r. \end{cases}$$

бу ерда k_n - мультисервис тармоғининг тўхташ коэффициенти; k_r - мультисервис тармоғининг тайёргарлик коэффициенти; C - тармоқнинг ўтказиш қобилияти, V - қайта ишланадиган сўровларнинг ўртача ҳажми, λ - мультисервис тармоғига тушадиган сўровларнинг интенсивлиги, μ - мультисервис тармоғида сўровларга хизмат кўрсатиш интенсивлиги, c - тармоқни бузилмасдан ишлашининг интенсивлиги, d - рад этишни қайта

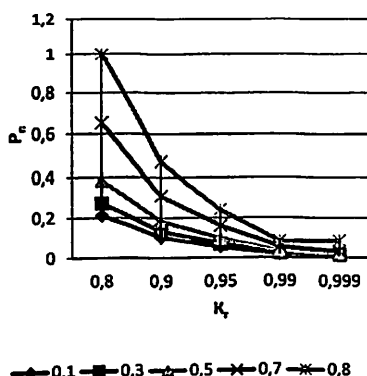
тиклаш интенсивлиги ва v - сўровнинг эскириш интенсивлиги. Барча тасодифий параметрларнинг тақсимлаш қонунлари экспоненциал ҳисобланади.

Мультисервис тармоғининг вақтли кўрсаткичларига тайёргарлик коэффициентини таъсирининг таҳлили юқорида келтирилган (2+5) формулалар асосида амалга оширилган. Таъриба мультисервис тармоғининг тайёргарлик коэффициентини K_r ва юкламанинг ρ ҳар хил қийматларида ўтказилган. Бунда сўровга хизмат кўрсатиш интенсивлиги ўзгармайди, деб қабул қилинган. Эксперимент натижалари, яъни $P_{ис} = f(k_r)$ ва $Q = f(\rho)$ функционалликларининг ўзгариш даражаларини кўрсатадиган диаграммалар 3,4-расмларда келтирилган.

Юклама паст шароитида тайёргарлик коэффициентининг 0,8 - 0,999 оралиғидаги ўзгаришида, сўровга вақтида хизмат кўрсатишнинг эҳтимоллик қиймати сезиларли даражада яхшиланиши кузатишган, яъни 0.808 дан 0.99 гача, ўртача юклама шароитида ($\rho \approx 0.5$ чегараларида бўлган пайтида) 0.613 дан 0.98 гача ва нисбатан юқори юклама шароитида ($\rho \approx 0.8$) - 0,8 дан 0,952 гача.

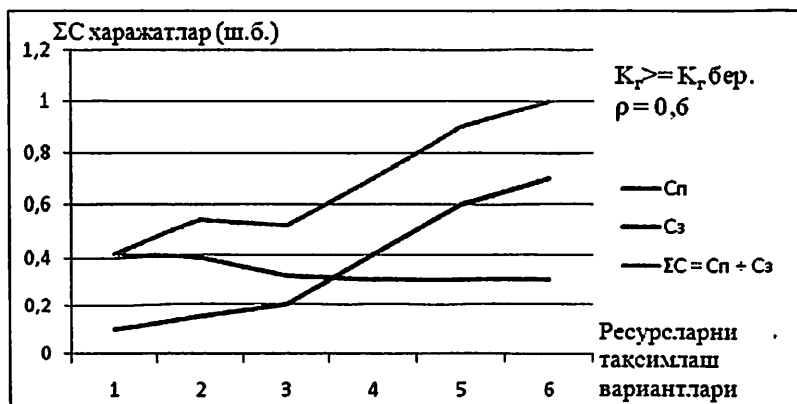


3-расм. $Q = f(\rho)$ боғланиши, $k_r = \text{const}$

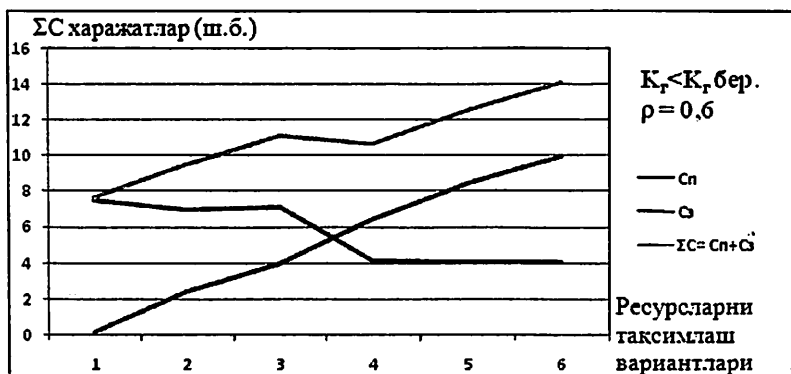


4-расм. $P_{ис} = f(k_r)$ боғланиши, $\rho = \text{const}$

Мақсадли функциянинг қийматини аниқлаш учун диссертация ишида моделлаштириш алгоритми яратилган ва унинг асосида ҳисоблаш эксперименти ўтказилган. Ҳисоблаш экспериментида тадқиқ қилинган мультисервис тармоғининг структураси ва моделлаштириш алгоритмининг блок схемаси диссертацияда келтирилган.



а)



б)

5-расм. МСТ ишончилигини таъминлаб берадиган мақсадли функциянинг минимал қийматини аниқлаш бўйича эксперимент натижалари

Дастлаб, тадқиқ қилинаётган тармоқ сатхларидаги компонентларнинг ишончилигини характерлайдиган статистик маълумотлар аниқланади. Сўнг, улар асосида сатх таркибидаги қурилмаларнинг, сатхнинг K_r^1 ва тадқиқ этилаётган мультисервис тармоғининг тайёргарлик коэффициентлари K_r ҳисобланади. Бу маълумотлар диссертация ишида жадвал кўринишида келтирилган.

Сўровларга ўз вақтида хизмат кўрсатилмаганлигининг эҳтимоллиги $P_{ис}$ ва мультисервис тармоғига тушаётган сўровлар интенсивлигининг λ қиймати қанчалик кўп бўлса, йўқотишларнинг қиймати шунчалик катта бўлади ва тесқари, яъни $C_n = f(P_{ис}, \lambda)$. $P_{ис}$ қиймати тайёргарлик коэффициентига боғлиқ, яъни $P_{ис} = f(k_r)$, натижада йўқотишларнинг қиймати тайёргарлик коэффициенти билан функционал боғланган - $C_n = F[f(k_r), \lambda]$.

Тармоқ тайёргарлик коэффицентининг қиймати меъёрда (ёки меъёрга яқин) бўлганида юкломани нотекис тақсимланиши ҳисобига йўқотишлар пайдо бўлиши мумкин.

Бу турдаги йўқотишлар одатда огоҳлантирувчи ва профилактик категорияларда қўлланиладиган ечимлар асосида нисбатан кам харажат ҳисобига бартараф этилади - юкломани рационал тақсимлаш ҳисобига сўровларни ўз вақтида бажарилишининг эҳтимоллиги нисбатан ошади, бу эса йўқотишлар қийматини камайишига олиб келади (5а-расм).

Агар тайёргарлик коэффицентини K_r нинг қиймати меъёридан пастроқ бўлса, ишончликни ошириш учун ажратилган маблағлар C_3 3 ва 4 категорияли ечимларни бажаришга сарфланади. (5б-расм).

Диаграммада ординат ўқи мультисервис тармоғининг ишончилигини ошириш учун ажратилган маблағларнинг нисбий қийматлари C_3 ва мультисервис тармоғининг алоҳида компонентлари қолдиқли ишончсизлик режимида ишлаши ҳисобига пайдо бўлган йўқотишлар қиймати C_n ҳамда уларнинг йиғиндисини - $\Sigma C = C_3 + C_n$, абсцисс ўқи эса ишончликни ошириш учун ажратилган маблағнинг тақсимланиш вариантларини кўрсатади. Экспериментда мақсадли функциянинг экстремал қийматига биринчи ҳолатда учинчи, иккинчисида - тўртинчи вариантда эришилиши кузатилади.

Бобнинг якунида мультисервис тармоғининг абонент кириш, транспорт ва хизматларни тақдим этиш сатҳларида эксплуатацион ишончилиқнинг параметрларини ҳисоблаш услуби ҳамда дастурий конфигурацияланадиган тармоқлар ғояси негизда мультисервис тармоғини лойиҳалашда ишончилиқ параметрларини тадқиқ қилиш бўйича тавсиялар келтирилган.

ХУЛОСА

“Мультисервиси алоқа тармоғи ишончилиқ кўрсаткичларини тадқиқ қилиш моделлари ва алгоритмлари” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Тақсимланган структурага эга бўлган мультисервис тармоғининг ишончилиқ кўрсаткичларини тадқиқ қилишни тизимли ёндашув ёрдамида оптимал модели ишлаб чиқилган. Мультисервис тармоғи ишончилиқ ҳолатини ихтиёрий t вақтда тўртта вектор функция билан, яъни унинг абонент кириш, транспорт, бошқариш ва хизматлар погоналари жараёнларини характерлайдиган функциялар $g(t)=[x(t),b(t),a(t),v(t)]$ орқали тавсифлаш таклиф қилинган.

2. Мультисервис тармоғининг ишончли функцияналлигини таъминлашга кетадиган харажатлар ва унинг компонентларида қолдиқли ишончсизлик оқибатида юзага келадиган йўқотишлар қийматларининг йиғиндисини минималлаштиришни таъминлайдиган тармоқ тузилмасини шакллантириш бўйича оптимал масаласи ифодаланган.

3. Ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоғининг ишончилиқни аниқлайдиган масала ечимининг усули ишлаб чиқилган.

4. Ноаниқ тўпламлар назарияси асосида мультисервис тармоғининг ишончлилиқни аниқлайдиган масалани ечимининг алгоритми ишлаб чиқилган.

5. Мультисервис тармоғини компонентларини ишончлилиқни пасайтирадиган омиллар (ташқи, ички, муҳандислиқ ва хизмат кўрсатиш омиллари) ва ҳар хил ҳолатларда мультисервис тармоғи ишончлилиқини ошириш мақсади учун қабул қилинаётган ечимлар аниқланган. Қабул қилинаётган ечимларни тўртга категорияси кўринишида тақдим этиш таклиф қилинди: оғоҳлантирадиган, профилактик, маҳаллий ва қайта тиклайдиган ечимлар.

6. Ишончлилиқ параметрларини меъёрга келтириш учун зарур бўлган харажатларнинг йиғиндисини минималлаштириш пайтида ишончлилиқ параметрларини моделлаштириш йўли билан аниқ вақт учун ишлаши пайтида мультисервис тармоғини компонентларни қолдиқли ишончсизлиғи сабабли пайдо бўладиган компаниянинг харажатларини аниқлашни таъминлаб берадиган имитацион моделлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган.

7. Аналитик модели ва ҳисоблаш эксперименти ўтказиш асосида юклама ўзгариш пайтида тармоқнинг эҳтимолли вақтли характеристикаларини ва тармоқнинг ишончлилиқ кўрсаткичларини аниқлайдиган статистик параметрларининг ўзгариш характери кўрсатилган.

8. Диссертация ишининг экспериментал тадқиқотларининг натижалари АК «Ўзбектелеком» «Тошкент шаҳар - Телеком» тармоқларнинг эксплуатация Марказининг мультисервис алоқа тармоғининг магистрал участкаларда лойиҳалаш пайтида ва № А5-023 рақамли «Ўзбекистон телекоммуникация тармоғига оптик кириш поғонасини лойиҳалаш усулини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш» (02.01.2012-31.12.14) ИТИ лойиҳада бажариш пайтида бажарилган, ҳамда АК «Ўзбектелеком» транспорт магистрал тармоғининг эксплуатация Марказининг амалий фаолиятида ишлатишга қабул қилинган.

9. Илмий тадқиқот натижасида диссертация ишининг натижаларини амалга оширишда ишлаб чиқилган модели ва алгоритми «оптимал ўтказувчанлиқ қобилияти/мультисервис алоқа тармоғининг оптимал нархи» кўрсаткичи асосида тармоқ фаол элементларини оптимал характеристикаларини ҳисоблаш имконини берган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 28.12.2017.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

МУРАДОВА АЛЕВТИНА АЛЕКСАНДРОВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТНЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

05.04.01- Телекоммуникационные и компьютерные системы, сети и устройства
телекоммуникаций. Распределение информации

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.4.PhD/T918.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

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

Научный руководитель:

Нишанбаев Туйгун Нишанбаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Рахимов Бахтиёржон Незматович
доктор технических наук, доцент

Камалов Юнус Каримович
кандидат технических наук

Ведущая организация:


Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта

Защита диссертации состоится «23» 02 2019 г. в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.28.12.2017.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 11). Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «08» 02 2019 года.
(протокол рассылки № 1 от «14» 01 2019 г.).




И.Х. Сиддиков
Председатель научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

Ж.Х. Джуманов
член научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., доцент


Н.Б. Усманова
член научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире современная отрасль телекоммуникаций демонстрирует бурные темпы роста, особое внимание обращается на развитие рынка мультисервисных услуг, внедрение новых телекоммуникационных и информационных технологий, на их конвергенцию. В развитых странах, таких как, США, Великобритания, Нидерланды, Германия, Швеция, Франция, Южная Корея, Индия, Россия и других государствах при переходе к сети NGN (Next Generation Network или мультисервисная сеть связи - МСС) реализуется комплекс, состоящий из большого числа отдельных устройств (контроллеров, шлюзов, серверов). Для выполнения функций узла коммутации необходима совместная работа нескольких таких устройств, поэтому результирующая надежность будет равняться произведению их коэффициентов готовности, в итоге результирующая надежность оказывается относительно низкой. С этой точки зрения, особое внимание уделяется разработке моделей и алгоритмов исследования надежностных показателей мультисервисной сети связи.

В мире создаются научные основы для развития информационных и коммуникационных технологий, разработки методов расчета показателей надежности мультисервисной сети и повышения пропускной способности элементов для передачи приложений реального времени с высоким качеством. В этом направлении одной из важнейших задач считается внедрение мультисервисных и транспортных сетей, усовершенствование путей их развития, разработка аналитической модели расчета показателей надежности мультисервисной сети, метода расчета показателей надежности, основанного на теории нечетких множеств, алгоритмов расчета и оценки показателей надежности мультисервисной сети.

В Республике Узбекистан уделяется особое внимание развитию информатизации общества, предоставлению широкополосного доступа в Интернет для жителей отдаленных районов со скоростью передачи данных, достаточной для предоставления услуг с заданным качеством, принятию специальных мер по предоставлению различных видов мультисервисных услуг пользователям. В «Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»¹ определены задачи «...создать базу для свободного входа в сеть Интернет, ... для подключения жителей Республики к высокоскоростному Интернету, провести широкомасштабную модернизацию систем телекоммуникаций ...». Выполнение указанных задач, в частности, разработка метода и алгоритма, позволяющих анализировать надежность МСС на основе теории нечетких множеств, разработка аналитической модели, позволяющей проводить анализ зависимости вероятности своевременного обслуживания

¹ Мирзиёев Ш.М. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах, Приложение № 1, к Указу Президента Руз от 07.02.2017 г. N УП-4947

запросов от загруженности и коэффициента готовности сети считаются важными задачами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Указе Президента Республики Узбекистан от 19 февраля 2018 года № УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 29 августа 2017 года № ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 7 марта 2018 года № 185 «О мерах по дальнейшему улучшению качества услуг связи, информатизации и телекоммуникаций», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Вопросам исследования надежных показателей мультисервисных систем и сетей посвящено множество работ, разработаны многочисленные методы и модели, в которых предложены эффективные способы оценки и расчета параметров, характеризующих надежность компонентов сетевых структур. В частности, в трудах зарубежных ученых: X.Yiguo (США), Louis A. Petingi (США), B.Dengiz (США), Wenbo He (США), S. Adjabil (США), A.Guimaraes (США), J.Carlier (США), J.Xin (Англия), S. Adjabi (США), D.Mihail Curpen (США), российских учёных Н.П.Бусленко, Б.В. Гнеденко, Ю.К.Беляева, А.Д.Соловьева, И.А.Ушакова, Б.Я.Советова, С.А.Яковлева, Г.П.Захарова, О.В.Щербакова, Г.Н.Черкесова, И.А.Рябинина, А.С. Можаяева, Б.П.Филина, О.А.Гадяцкой, Д.В. Козырева, Л.С.Выговского, А.В.Лупал, А.Е.Перфильева, А.В.Майер и др. рассмотрены эти вопросы.

В Узбекистане в трудах отечественных учёных, таких, как Д.А.Абдуллаев, Т.А.Валиев, А.Э.Аллаев, М.А.Абдурафиков, Н.Х. Гультураев и др. рассмотрены различные аспекты анализа надежности сетей связи сложной структуры, исследованы характеристики показателей надежности, предложены различные методы анализа и оценки надежности систем и сетей, исследованы источники потерь информации.

Обзор данных работ показал, что вопросы разработки и исследования методов и моделей оценки надежности сетей NGN (или МСС) с применением системного подхода, принятие объективных решений при учете надежности

всех уровней МСС и их применение на практике изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий, а именно, при выполнении НИР № А5-023 «Исследование и разработка метода планирования уровня оптического доступа телекоммуникационной сети Узбекистана».

Целью диссертации является разработка метода, моделей и алгоритмов расчета показателей надежности мультисервисных сетей с применением системного подхода.

Задачи исследования:

- разработка оптимизационной модели, учитывающей как техническую, структурную стороны сети, так и интересы её пользователей;
- разработка метода и алгоритма, позволяющего исследовать параметры надежности мультисервисной сети на основе теории нечетких множеств;
- разработка модели, позволяющей анализировать зависимости вероятностно-временных показателей МСС от коэффициента готовности сети;
- разработка алгоритма моделирования, позволяющего с системных позиций оценить сумму затрат, необходимых для повышения надежности, и стоимостных потерь, возникающих из-за остаточной ненадежности в компонентах сети.

Объектом исследования являются компоненты сложной по структуре мультисервисной сети связи.

Предметом исследования являются методы, математические модели оценки надежности мультисервисной сети связи.

Методы исследования. В процессе исследования применены методы теории системного анализа, теории телетрафика, теории массового обслуживания, теории нечетких множеств, математической теории надежности и моделирования сложных систем.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- разработаны метод и алгоритм, позволяющие анализировать надежность МСС на основе теории нечетких множеств;
- разработана аналитическая модель, которая позволит проводить анализ зависимости вероятности своевременного обслуживания запросов от загруженности и коэффициента готовности сети;
- разработана системная технико-экономическая оптимизационная модель мультисервисных сетей, учитывающая как структурные, технические стороны сети, так и интересы её пользователей;
- разработан алгоритм имитационного моделирования для решения оптимизационной задачи определения параметров надежности мультисервисных сетей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработана модель исследования показателей надежности сложных по структуре мультисервисных сетей связи;

на основе системного подхода разработан алгоритм моделирования оценки суммарных показателей затрат, необходимых для повышения надежности, и предполагаемых стоимостных потерь, возникающих из-за несовершенства функционирования её отдельных компонентов.

Достоверность результатов исследования подтверждается математической моделью системной технико-экономической оптимизации мультисервисных сетей связи; методом и алгоритмом оценки параметров надежности МСС на основе теории нечетких множеств; аналитической моделью, позволяющей проводить анализ зависимости вероятности своевременного обслуживания запросов от загруженности и коэффициента готовности сети; алгоритмом имитационного моделирования и проведением на его основе вычислительного эксперимента по исследованию параметров надежности МСС.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследования заключается в том, что разработанные модели, метод и алгоритмы позволяют проводить исследование мультисервисных сетей со сложной распределенной структурой на основе системного подхода при совместном учете параметров надежности оборудования всех уровней сети.

Практическая значимость исследования заключается в создании возможности выбора аппаратного обеспечения модернизации мультисервисных сетей связи на основе результатов вычислительного эксперимента; выработка рекомендаций по улучшению надежности мультисервисных сетей связи и эффективного использования сети.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов разработанных моделей, метода и алгоритмов исследования показателей надежности мультисервисной сети связи:

алгоритм имитационного моделирования для решения оптимизационной задачи определения параметров надежности мультисервисных сетей внедрён в практическую деятельность Центра эксплуатации транспортной магистральной сети АК “Узбектелеком” при модернизации магистрального участка мультисервисной сети связи (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 29 ноября 2018 года, №33-8/8921). В итоге, обеспечена автоматизация и унификация процессов выбора и модернизации аппаратно-программных средств мультисервисной сети при совместном учете затрат, необходимых для повышения надежности, и предполагаемых стоимостных потерь, возникающих из-за несовершенства функционирования её отдельных компонентов, и создана возможность повышения значения показателей надежности на 8 %;

метод и алгоритм, позволяющие анализировать надежность МСС на основе теории нечетких множеств внедрены в практическую деятельность Центра эксплуатации сетей «Тошкент шаҳар - Телском» АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 29 ноября 2018 года, №33-8/8921). В итоге, обеспечено рациональное распределение выделенных для целей повышения надежности средств при учете ожидаемых потерь, возникающих из-за остаточной ненадежности компонентов МСС;

алгоритм моделирования, позволяющего с системных позиций оценить сумму затрат, необходимых для повышения надежности, и стоимостных потерь, возникающих из-за остаточной ненадежности в компонентах сети внедрён в практическую деятельность Центра эксплуатации транспортной магистральной сети АК «Узбектелеком» при модернизации магистрального участка мультисервисной сети связи (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 29 ноября 2018 года, №33-8/8921). В результате получена возможность рассчитать оптимальные надежностные характеристики активных сетевых элементов на основе показателя: оптимальная пропускная способность/оптимальная цена МСС.

Апробация результатов исследования. Результаты настоящего исследования апробированы и обсуждены на 11 международных, 16 Республиканских научно-практических конференциях и на научных семинарах.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 47 научных работ, в том числе 5 статей в иностранных журналах и 15 - в республиканских журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цель и задачи, объект и предмет исследования, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены акты внедрения в практику результатов исследований, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Состояние проблемы исследования надёжностных показателей мультисервисной сети с распределенной структурой» проведен обзор работ, посвященных исследованию

надежностных показателей мультисервисной сети, приведены результаты систематизированного обзора и анализа основных существующих методов и моделей исследования надежностных показателей сетей телекоммуникации, обоснована целесообразность проведения исследований надежности мультисервисных сетей на основе концепции технико-экономической оптимизации информационных систем.

Вопросам исследования надежностных показателей мультисервисных систем и сетей посвящено множество работ, разработаны многочисленные методы и модели, в которых предложены эффективные способы оценки и расчета параметров, характеризующих надежности компонентов сетевых структур. В работах Нетеса В.А. «Надежность сетей связи в период перехода к NGN», Калимулиной Э.Ю. «Разработка и исследование аналитических моделей надежности и их применение для оптимизации территориально-распределенных сетей», Ишмухамедова А.Х. «Методы, модели и алгоритмы автоматизации оценки надежности для управления системой связи», Филина Б.П. «Методы анализа структурной надежности сетей связи», Крайнова А.Ю. «Модель надежности передачи информации в защищенной распределенной телекоммуникационной сети», Кривулеца В.Г. «Квазиупаковочные оценки характеристик надежности сетей» рассмотрены основные аспекты анализа надежности сетей связи сложной структуры, а также исследованы некоторые характеристики показателей надежности.

Из-за сложности и многогранности современных сетевых структур появляются новые, ранее не в полной мере рассмотренные задачи в области исследования надежности мультисервисной сети (МСС) с применением теории системного анализа. При выполнении запросов пользователей, как правило, принимают участие все составляющие МСС и неадекватное функционирование хотя бы одного элемента может свести на нет всю выполненную работу другими её компонентами. Поэтому разработка и исследование методов и моделей оценки надежности сетей NGN (или МСС) с применением системного подхода является актуальной задачей, позволяющей принимать объективные решения при учете надежности всех уровней МСС.

Функциональная модель современной мультисервисной сети с распределенной структурой состоит из 4 уровней: уровень доступа, уровень транспортировки данных (транспортный уровень), уровень управления сетью, уровень управления услугами.

Представим мультисервисную сеть как систему, состоящую из N взаимодействующих подсистем (уровней). Тогда на уровне доступа МСС вектор $x(t) = [x_1(t), \dots, x_n(t)]$ - задает воздействие на входах различных шлюзов и коммутаторов уровня доступа сети, $x_i(t)$ - последовательность интервалов наличия и отсутствия i -го внешнего фактора, влияющего на надежность i -го шлюза уровня доступа МСС. Между уровнями МСС вектор-функция $b(t) = [b_1(t), \dots, b_l(t)]$ - задает характер изменения состояния надежности (СН) каналов

связи в МСС, на транспортном уровне $a(t)=[a_1(t), \dots, a_n(t)]$ - СН маршрутизаторов, коммутаторов и средств управления транспортного уровня МСС, на уровне предоставления услуг вектор-функция $v(t) = [v_1(t), \dots, v_m(t)]$ описывает СН выходов сети, то есть эволюцию предоставления различных мультимедийных услуг пользователям с определенным качеством обслуживания.

При выполнении операций по предоставлению очередной услуги принимают множество компонентов МСС, которые имеют разные надежные показатели (НП) в текущие моменты времени t , то есть:

$$G_1(t) = g_1 [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)]$$

$$G_2(t) = g_2 [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)]$$

.....

$$G_d(t) = g_d [x_1(t), \dots, x_n(t), b_1(t), \dots, b_l(t), a_1(t), \dots, a_n(t), v_1(t), \dots, v_m(t)],$$

где G_d ($d=1, \dots, D$) - операторы, характеризующие состояние надежности элементов каждого уровня при выполнении операций по обслуживанию запросов в моменты времени t . Выражения $g_1(t), \dots, g_d(t)$ полностью характеризуют НП элементов всех уровней мультисервисной сети в моменты времени t .

В работе на основе данного выражения формализована оптимизационная задача определения параметров надежности МСС, которая сводится к поиску варианта, обеспечивающего минимум суммы затрат на капитальные и эксплуатационные расходы, необходимые для повышения надежности и стоимостных потерь, возникающих из-за «остаточной» ненадежности компонентов сети при её эксплуатации за определенный период времени, то есть сводится к минимизации функционала:

$$C [x(t), b(t), a(t), v(t)] = \{C_z [x(t), b(t), a(t), v(t)] + C_p [x(t), b(t), a(t), v(t)]\} \rightarrow \min (1)$$

при выполнении заданных ограничений по стационарности потоков.

$C_z [g(t)]$ - показатель суммарных затрат, необходимых для обеспечения заданных параметров надежности МСС в определенный период времени t ;

$C_p [g(t)]$ - показатель суммарных потерь пользователей и операторов, возникающих за счет несовершенства функционирования МСС в определенный период времени t из-за «остаточной ненадежности» в её компонентах.

Актуальность данной постановки объясняется следующим образом: с одной стороны, не принятие мер по повышению надежности МСС, приводит к увеличению потерь компании за счет несвоевременного и некачественного обслуживания заявок пользователей. С другой - чрезмерное повышение надежных показателей МСС приводит к росту затрат на повышение надёжности.

Во второй главе диссертации «Формализация задачи оптимального определения надежных параметров МСС на основе системного

анализа» представлена математическая модель оценки надежности сети МСС и разработан метод решения задачи определения надежности МСС на основе теории нечетких множеств.

В главе описываются физический смысл следующих параметров: коэффициент готовности, наработка на отказ, средняя время простоя, вероятность восстановления, распределения вероятности безотказной работы, вероятности отказа и их модификации, приводятся формулы, на основе которых определяются их численные значения.

В частности, коэффициент готовности K_G , который характеризует вероятность того, что сеть будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени, определяется как:

$$K_G = T_o / (T_o + T_B),$$

где T_o - средняя наработка на отказ, T_B - среднее время восстановления работоспособного состояния.

Коэффициент вынужденного простоя (или коэффициент неготовности) сети K_{Π} - вероятность того, что сеть не будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени:

$$K_{\Pi} = 1 - K_G$$

Численное значение K_G МСС в условиях, когда случайные события появления отказа в её элементах между собой не коррелированы, то есть отказ одного оборудования не зависит от состояния другого оборудования, определяется как:

$$K_G^{MCC} = \prod_{i=1}^n K_G^n, (n = 4).$$

В свою очередь, каждый уровень МСС состоит из множества элементов, которые также имеют конечные значения параметров надежности, то есть для каждого i - уровня справедливо выражение:

$$K_G^i = \prod_{j=1}^{m_i} K_G^j,$$

где m_i - число ненадежно функционирующих элементов i - го уровня МСС.

Структура мультисервисной сети состоит из множества абонентских терминалов, сетевого оборудования и компьютерных систем, соединенных между собой с помощью каналов связи разной пропускной способности. В связи с этим ниже формализуется оптимизационная задача, конкретизируя выражение (1).

Итак, пусть заданы: вектора структурных параметров, однозначно характеризующих структуру уровней доступа \vec{d} , транспорта \vec{w} и предоставления услуг \vec{u} . Требуется преобразовать исходную структуру и определить такую структуру МСС, которая обеспечила бы выполнение требований на надежность показатели в её компонентах при минимизации суммы затрат, необходимых для создания и функционирования надёжно

функционирующей МСС, и суммы приведенных стоимостных потерь, возникающих из-за остаточной ненадежности функционирования отдельных её компонентов, то есть минимизировать функционал:

$$C \{d, w, u\} = [C, \{d, w, u\} + C_n \{d, w, u\}] \rightarrow \min,$$

при выполнении ограничений, определяемых условиями обеспечения стационарности функционирования всех компонентов МСС и заданных требований на качественные показатели сети.

Оборудование МСС сосредоточивается на уровнях доступа, транспорта и услуг. Капитальные затраты, необходимые для повышения параметров надежности могут быть представлены в виде:

$$C_s = C^{YA} + C^{YT} + C^{YU},$$

$$C^{YA} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^{IA} + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^T + \sum_{l=1}^L d_l \cdot c_l^{IAD} + \sum_{f=1}^F z_f \cdot c_f^{DSLAM} + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

$$C^{YT} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^M + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^K + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

$$C^{YU} = \sum_{n=1}^N a_n \cdot c_n^P + \sum_{m=1}^M b_m \cdot c_m^{CB} + \sum_{y=1}^Y g_y \cdot c_y^{KC},$$

где a_n, b_m, d_l, z_f, g_y - весовые коэффициенты, в зависимости от ситуации принимают значения 0 или 1.

Значение стоимостных потерь C_n находится в функциональной зависимости от распределения вероятности несвоевременного обслуживания поступившего МСС запроса.

Третья глава диссертации «Разработка метода и алгоритма определения надежностных показателей МСС» посвящена разработке метода и алгоритма решения задачи определения надежности компонентов МСС на основе теории нечетких множеств.

В третьей главе конкретизированы и введены в таблицу перечень основных факторов (которые могут быть внешними, внутренними, инженерными и в виде фактора обслуживания), приводящих к снижению надежности, и возможные принимаемые решения для их ликвидации, которые, в зависимости от состояния (ситуации) МСС, могут иметь предупредительный, профилактический, локализационный или восстановительный характер.

В виду сложности получения оперативной информации для вероятностных моделей и трудностей оперирования случайными величинами, в работе для исследования надежностных показателей МСС предлагается

применение теории нечетких множеств (ТНМ), которая позволяет с системных позиций исследовать надежностные показатели мультисервисной сети связи при случайных возмущениях, нарушениях надежности отдельных элементов или узлов, кратковременных отключениях электропитания и т.д.

Для этого МСС представляется в виде иерархической диаграммы (рис. 1), в которой показаны основные компоненты каждого уровня сети: U - МСС, предоставляющая различные виды услуг; U_1 - уровень доступа; U_2 - транспортный уровень; U_3 - уровень управления; U_4 - уровень предоставления услуг. При выполнении запроса в общем случае принимают участие все уровни, то есть оборудование на уровнях МСС взаимосвязаны между собой. Принятие решения осуществляется путем настройки комплексной модели МСС, основанной на интеграции принципов теории нечетких множеств.

Для этого состояние МСС представим в виде функциональной зависимости от соответствующих факторов:

$$U = f_U(U_1, U_2, U_3, U_4), U_1 = f_{U_1}(x), U_2 = f_{U_2}(y), U_3 = f_{U_3}(z), U_4 = f_{U_4}(p),$$

где x, y, z - влияние внешних, внутренних и инженерных факторов, p - фактор обслуживания.

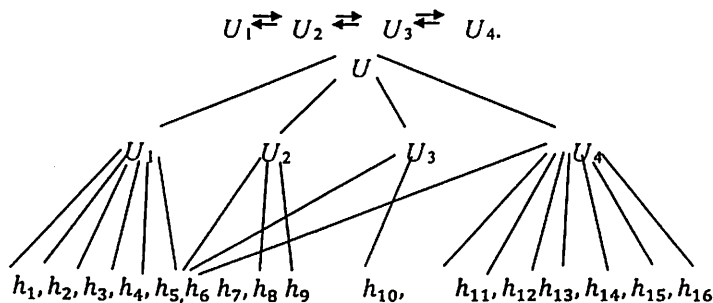


Рис. 1. Иерархическая диаграмма мультисервисной сети

При этом, для формального описания нечетких ситуаций применяются конструкции вида:

$$\langle \Delta \tilde{S}, R, \overline{C}_{(i)} \rangle, \text{ где } \Delta S = \begin{pmatrix} \Delta \tilde{x} \\ \Delta \tilde{y} \\ \Delta \tilde{z} \\ \Delta \tilde{p} \end{pmatrix}, R = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ p \end{pmatrix}, \overline{C}_{(i)} = \begin{pmatrix} \overline{C}_{(i)}^{(1)} \\ \overline{C}_{(i)}^{(2)} \\ \overline{C}_{(i)}^{(3)} \\ \overline{C}_{(i)}^{(4)} \end{pmatrix}$$

$\Delta \tilde{S}$ - лингвистические оценки учитываемых факторов; R - нечеткие результаты (универсумы) по факторам; $\overline{C}_{(i)}$ -функции принадлежности изменений факторов, определяемые так:

$$\overline{C}_{(i)} = \{ \langle \frac{\alpha_i}{T_1^i} \rangle, \langle \frac{\beta_i}{T_2^i} \rangle, \langle \frac{\gamma_i}{T_3^i} \rangle \},$$

где T_1^i, T_2^i, T_3^i - лингвистические оценки изменений i - фактора.

Подсистема обработки нечеткой информации получает нечеткую информацию об изменениях факторов (x, y, z и p), проверяет МСС на наличие нарушений норм функционирования, осуществляет диагностику состояния, т.е. определяет нечеткие оценки состояний U_1, U_2, U_3, U_4 , т.е. $\mu(U_1), \mu(U_2), \mu(U_3), \mu(U_4)$.

Принимаемое решение для каждого фактора требует определенных затрат. Значение затрат для устранения повреждения конкретного характера распределяется следующим образом: максимальные затраты для восстановления вышедшего из строя оборудования, меньше для устранения повреждений локального характера и т.д., то есть:

$$C^{np} < C^n < C^л < C^{oc}.$$

На следующем этапе решаются вопросы выбора управляющего решения. Выбор конкретного решения осуществляется на основе выбранного критерия оценки. В работе рассмотрен пример принятия решения на основе нечеткой информации при воздействии на МСС энергетического фактора.

Четвёртая глава диссертации «Разработка алгоритма имитационного моделирования и анализ результатов вычислительного эксперимента» посвящена вопросам разработки алгоритма, позволяющего определить показатели надежности при минимизации суммы затрат, необходимых для нормирования показателей надежности, разработку аналитической модели, основанной на теории систем массового обслуживания (СМО) в целях исследования влияния параметров надежности на вероятностно - временные характеристики МСС.

При этом схема МСС представлена как модель типа $M/I/R_\infty/d_1$ (где M - интенсивность поступления запросов в МСС описывается экспоненциальным законом распределения, I - система функционирует в режиме реальной надежности, R_∞ - способ обслуживания с ожиданием при неограниченном времени, d_1 - в системе принят прямой порядок обслуживания запросов) и с определенными вероятностными параметрами. Схема модели обслуживания запросов в МСС представляется как:

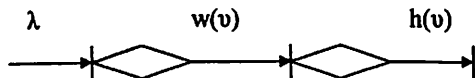


Рис.2. Схема модели обслуживания запросов в МСС

Согласно данной модели в системе протекают два основных случайных процесса: процесс ожидания, характеризуемый случайным временем t_w и процесс обслуживания, характеризуемый случайным временем t_c . В силу аддитивности, случайное время обслуживания запроса t будет равно:

$$t_v = t_w + t_c. \quad (2)$$

Вероятность своевременного обслуживания запросов определяется как:

$$Q = w(v) \cdot h(v), \operatorname{Re} v \geq 0,$$

где $w(v)$ - преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения времени ожидания; $h(v)$ - преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения времени обслуживания; $\operatorname{Re} (v \geq 0)$ - ограничение, заключающееся в том, что соотношение справедливо только при условии $v \geq 0$.

Учитывая, что в системе протекают процессы отказа и восстановления, выражения для $h(v)$ и $w(v)$ будут определяться с помощью следующих выражений:

$$h(v) = \frac{\mu(v+d)}{(v+d)(v+\mu)+c v}, \quad (3)$$

а выражение для $w(v)$ будет иметь вид:

$$w(v) = \frac{(1-\lambda h_1)v[1+c/(d+c)]k_r}{v-\lambda+\lambda h(v)}, \quad (4)$$

где $h_1 = 1/\mu k_r$.

Тогда выражение для Q после соответствующих преобразований в окончательной форме будет иметь вид:

$$Q = w(v) \cdot h(v) = (\mu \varepsilon - \lambda) / (\mu \varepsilon - \lambda + v \varepsilon), \quad (5)$$

$$\begin{cases} v > 0, \mu \varepsilon \geq \lambda, \mu \varepsilon = \mu k_r, \\ v \varepsilon = v[1 + \mu \varepsilon k_n / (v k_r + d)], \mu = C/V, k_n = 1 - k_r. \end{cases}$$

где k_n - коэффициент простоя сети МСС, k_r - коэффициент готовности сети МСС в целом; C - пропускная способность сети, V - средний объем обрабатываемых запросов, λ - интенсивность запросов, поступающих в МСС, μ - интенсивность обслуживания запросов в МСС, c - интенсивность исправной работы, d - интенсивность восстановления отказа и v - интенсивность старения запроса при условии, что законы распределения всех случайных величин - экспоненциальные.

Анализ влияния коэффициента готовности на временные показатели мультисервисной сети проводился на основе выше описанной модели, на основе формул (2+5). Эксперимент проводился при различных значениях коэффициента готовности K_r и загрузки ρ мультисервисной сети. При этом значение интенсивности обслуживания запроса оставалось постоянным. По результатам экспериментального исследования построены кривые зависимости $Q = f(\rho)$ при разных, но фиксированных k_r (рис.3) и $P_{nc} = f(k_r)$ при разных ρ (рис. 4).

Из кривых видно, что в условиях низкой нагрузки в сети изменение коэффициента готовности от 0.8 до 0.999 приводит к заметному улучшению значения вероятности своевременного обслуживания запроса - от 0.808 до 0.99, в условиях средней нагрузки (в пределах, когда $\rho \approx 0.5$) от 0.613 до 0.98 и в условиях относительно высокой нагрузки ($\rho \approx 0.8$) - от 0.8 до 0.952.

Приведенные результаты являются основой для определения значений целевой функции. Для этого в работе проводился вычислительный эксперимент и был составлен алгоритм моделирования. Структура исследованной мультисервисной сети и блок схема алгоритма моделирования приведены в диссертации.

В первую очередь определялись статистические параметры исследуемой сети, характеризующие надежность компонентов каждого уровня. Далее, вычислялось значение коэффициента готовности K_r^i каждого оборудования соответствующего уровня и мультисервисной сети в целом. Эти данные приведены в работе.

Чем больше значение вероятности несвоевременного обслуживания запроса P_{nc} и интенсивности поступления запросов в МСС λ , тем больше значение стоимостных потерь и наоборот, то есть $C_n = f(P_{nc}, \lambda)$. Значение P_{nc} зависит от коэффициента готовности, то есть $P_{nc} = f(k_r)$, а значение стоимостных потерь является функционалом от коэффициента готовности $C_n = f(k_r, \lambda)$.

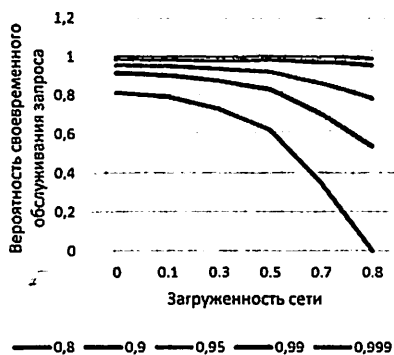


Рис.3. Зависимость $Q=f(\rho)$ $k_r = \text{const}$

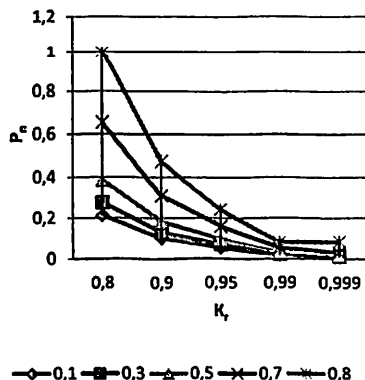


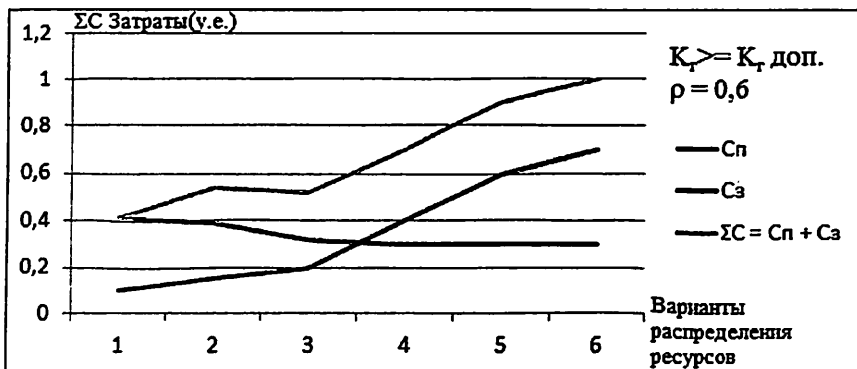
Рис.4. Зависимость $P_{nc}=f(k_r)$ $\rho = \text{const}$

Первые две категории принятия решений применяются в случае, когда значение коэффициента готовности находится в норме, а потери возникают из-за несвоевременного обслуживания запросов за счет неравномерного распределения нагрузки в сети. В результате выполнения операций упомянутых категорий среднее время выполнения запроса уменьшается, что приводит к уменьшению стоимостных потерь (рис. 5а).

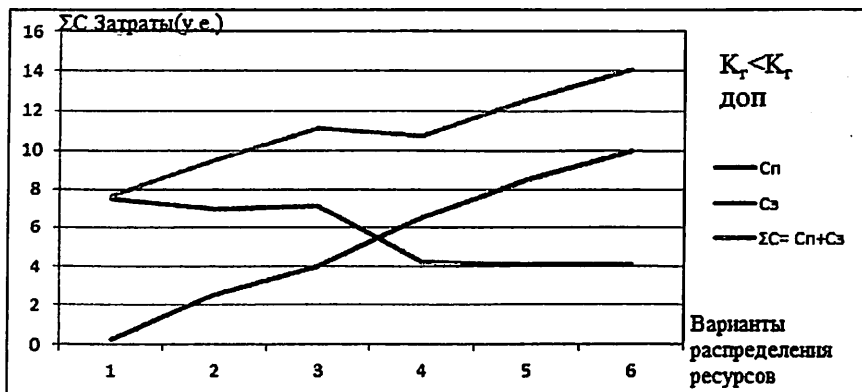
В случае, когда значение K_r находится ниже нормы выделенные средства C_s распределяются между решениями 3 и 4 категорий (рис.5, б). На диаграмме ось ординат характеризует значение средств C_s , выделенных для повышения надежности МСС и значение потерь C_n , возникших из-за ненадежного

функционирования отдельных компонентов МСС, а также сумма $\Sigma C = C_1 + C_2$, а ось абсцисс - варианты распределения средств для повышения надежности. Как видно из кривых, в первой диаграмме в третьем варианте, во второй - четвертом варианте достигается экстремум целевой функции.

В заключении главы приводится методика расчета частной задачи по определению параметров эксплуатационной надежности на уровнях доступа, транспорта и услуг мультисервисной сети, а также рекомендации по дальнейшему развитию исследования параметров надежности при проектировании МСС на базе программно-конфигурируемой сети.



а)



б)

Рис. 5. Результаты вычислительного эксперимента по определению минимума значения целевой функции, обеспечивающей выполнение требования по надежности МСС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований по теме диссертации «Модели и алгоритмы исследования надежностных показателей мультисервисной сети связи» позволят сформулировать следующие выводы:

1. Разработана оптимизационная модель, позволяющая с системных позиций исследовать надежностные показатели мультисервисной сети (МСС) с распределенной структурой. Предложено надежностную ситуацию в мультисервисной сети в произвольный момент времени t описывать четырьмя вектор - функциями: $g(t)=[x(t),b(t),a(t),v(t)]$, характеризующими процессы уровней доступа, транспорта, управления и услуг МСС.

2. Сформулирована оптимизационная задача определения параметров надежности МСС, которая позволяет определить такую структуру МСС, которая обеспечила бы выполнение требований на надежностные показатели в её компонентах при минимизации суммы затрат, необходимых для создания надёжно функционирующей МСС и приведенных стоимостных потерь, возникающих из-за остаточной ненадёжности функционирования отдельных её компонентов.

3. Разработан метод решения задачи определения надежности МСС на основе теории нечетких множеств, позволяющего с системных позиций исследовать надежностные показатели мультисервисной сети связи при случайных возмущениях (помехах), нарушениях надежности отдельных элементов или узлов, кратковременных отключениях электропитания и т.д.

4. Разработан алгоритм решения задачи определения надежности компонентов МСС на основе теории нечетких множеств.

5. Конкретизированы факторы (внешние факторы, внутренние факторы, инженерные факторы, факторы обслуживания), снижающие надежность компонентов МСС и принимаемые решения для целей повышения надежности МСС в различных ситуациях. Предложено принимаемые решения представлять в виде четырех категорий: предупредительные, профилактические, локализационные и восстановительные решения.

6. Разработан алгоритм имитационного моделирования, позволяющий путем моделирования определить параметры надежности при минимизации суммы затрат, необходимых на приведение параметров надёжности в норму, и потерь компании, возникающих из-за остаточной ненадежности компонентов МСС при её функционировании за определенный промежуток времени.

7. На основе аналитической модели и проведения вычислительного эксперимента показан характер изменения вероятностно - временных характеристик сети при изменении нагрузки и статистических параметров, характеризующих надежностные показатели сети.

8. Результаты экспериментальных исследований диссертационной работы внедрены при проектировании магистральных участков мультисервисной сети связи Центра эксплуатации сетей «Тошкент шаҳар – Телском» АК

«Узбектелеком» и при выполнении НИР по (ГНТП) № А5-023 «Исследование и разработка метода планирования уровня оптического доступа к телесвязной сети Узбекистана (02.01.2012-31.12.14), а также приняты к использованию в практической деятельности Центра эксплуатации транспортной магистральной сети АК «Узбектелеком».

9. В результате научного исследования при практическом внедрении результатов диссертационной работы разработанные модель и алгоритм позволили рассчитать оптимальные надежностные характеристики активных сетевых элементов на основе показателя: оптимальная пропускная способность/оптимальная цена МСС.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.28.12.2017.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION
TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

MURADOVA ALEVTINA ALEKSANDROVNA

**MODELS AND ALGORITHMS OF RESEARCH RELIABILITY
INDICATORS OF MULTISERVICE COMMUNICATION NETWORK**

**05.04.01 - Telecommunication and Computer Systems, Telecommunication Networks and
Devices. Distribution of Information**

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

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4. PhD/T918.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

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» Information and Educational Portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: Nishanbayev Tuygun Nishanbayevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: Rakhimov Bakhtiyorjon Nematovich
Doctor of Technical Sciences, Docent

Kamalov Yunus Karimovich
Candidate of Technical Sciences

Leading organization: Tashkent Institute of Railway Engineers.

The defense of dissertation will take place on "23" 02 2019 at the meeting of Scientific Council №DSc. 28.12.2017.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies. (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel: (99871) 238-64-43, fax: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed in the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under № 115) (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel: (99871) 238-64-43, fax: (99871) 238-65-52).

The abstract of dissertation is distributed on "08" 02 2019
(Protocol at the register №1 on "14" 01 2019)



I.X. Siddikov
Chairman of the Scientific Council awarding
Scientific Degrees, Doctor of Technical
Sciences, Professor

J.X. Djumanov
Scientific Secretary of the Scientific Council
awarding Scientific degrees, Doctor of
Technical Sciences, Docent

N.B. Usmanova
Chairman of the Academic Seminar under the
Scientific Council awarding Scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research work is developing the method and model for studying the reliability of multiservice networks using a systematic approach of interconnecting technical parameters with the cost indicators of the network.

The object of research is the reliability parameters of multiservice communication network (MCN).

The scientific novelty of research work is:

method and algorithm were developed that allow analyzing the reliability of MCN based on the theory of fuzzy sets were worked out;

analytical model that provides analyzing the dependence of the probability of timely servicing of requests from workload and network availability;

system technical and economic optimization model of multiservice networks was worked out and analyzed, considering both the structural and technical aspects of the network, and the interests of its users;

algorithm for simulation modeling has been developed for solving an optimization problem of determining the reliability parameters of multiservice networks.

Implementation of the research results: the results of the thesis is implemented on the basis of the obtained results of the developed model, method and algorithm for studying the reliability indicators of multiservice communication network:

simulation algorithm for solving the optimization problem of determining the reliability parameters of multiservice networks were introduced in the practical activities of the Uzbek Telecom "Telecommunicatsya transport tarmog'i" department during the modernization of the trunk section of the multiservice communication network (Certificate №33-8/8921, as November 29, 2018 of Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan). As a result, the automation and unification of the processes of selection and modernization of the hardware and software of the multiservice network is ensured considering the cost of improving the reliability and the estimated cost losses arising from the imperfect functioning of its individual components and created the possibility of increasing reliability indicators by 8% ;

method and algorithm to analyze the reliability of MCN based on the theory of fuzzy sets were introduced in the practical activities of the Center of Operation of the networks Uzbek Telecom "Toshkent Shahar - Telecom" (Certificate №33-8/8921, as November 29, 2018 of Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan). As a result, a rational allocation of funds allocated for the purpose of improving the reliability of the funds was ensured, considering the expected losses arising from the residual unreliability of the components of the MCN.

algorithm of modeling, which makes it possible from system positions to estimate the sum of costs required to increase reliability and cost losses arising due to residual unreliability in network components was introduced in the practical activities of the Uzbek Telecom "Telecommunicatsya transport tarmog'i"

department during the modernization of the trunk section of multiservice communication network (Certificate №33-8/8921, as November 29, 2018 of Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan). As a result, allow us to calculate the optimal reliability characteristics of active network elements based on the indicator: optimal throughput/optimal price of MCN.

The structure of the dissertation. The dissertation consists of an Introduction, four Chapters, Conclusions, References and Appendices.

The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Nishanbayev T.N., Muradova A.A. Utkurov J. Research of reliability parameters of transport level of the next generation networks//International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, India, Vol. 4, Issue IX, 2016, pp.524-529. (№23)Scientific Journal Impact Factor: IF=6,887
2. Nishanbayev T.N., Muradova A.A. Research of parameters of reliability of the management level of info communication networks with use of the equipment of the software defined networks//International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, India, Vol.4, Issue X, 2016, pp.682-688. (№23)Scientific Journal Impact Factor: IF=6,887
3. Гултурраев Н.Х., Мурадова А.А. Метод статистической оценки структурной надежности//Инфокоммуникации: Сети-Технологии-Решения, №4(20)/2011, ISSN 2010-510X, с.41-45. (05.00.00; №10).
4. Гултурраев Н.Х., Мурадова А.А. Расчет надежности, основанный на составлении графа переходов элементов сети связи в различные состояния работоспособности // Вестник ТУИТ, №1/ 2012, ISSN 2010-9857, с.74-77. (05.00.00; №10).
5. Мурадова А.А. Расчет показателей надежности при непрерывном и периодическом контроле//Вестник ТУИТ, №2/2012, ISSN 2010-9857, с. 72-74. (05.00.00; №10).
6. Мурадова А.А. Исследование надежности двухполосной одноканальной сети передачи данных с коммутацией сообщений//Вестник ТГТУ,1-2/2012, ISSN 1684-789X, с.14-16. (05.00.00; №10).
7. Мурадова А.А. Исследование моделей оптических сетей доступа NGN// Инфокоммуникации: Сети-Технологии-Решения, №3(23)/2012, ISSN 2010-510X, с.49-52. (05.00.00; №10).
8. Мурадова А.А. Метод двусторонней оценки структурной надежности сетей NGN//Вестник ТУИТ, №3-4/2012, ISSN 2010-9857, с.39-40. (05.00.00; №10).
9. Мурадова А.А. Приближенный метод расчета структурной надежности сети NGN по совокупности путей или сечений//Вестник ТУИТ, №3-4/2012, ISSN 2010-9857, с.44-48. (05.00.00; №10).
10. Мурадова А.А. Математическая модель надежности сети NGN//ТГТУ Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление», №6/2012, ISSN 1815-4840, с.76-79. (05.00.00; №6).
11. Мурадова А.А. Исследование надежности сети NGN по критерию приоритета речевых пакетов// Вестник ТГТУ, №3-4/ 2012, ISSN 1684-789X, с.12-14. (05.00.00; №10).
12. Мурадова А.А. Математические модели факторов, влияющих на отказоустойчивость сетей NGN//ТГТУ, Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление», №2/2013, ISSN 1815-4840, с.76-79. (05.00.00; №6).

13. Мурадова А.А. Разработка дресовидной схемы организации широкополосного доступа с архитектурой FTTH//ТГТУ, Международный научно-технический журнал «Химическая технология. Контроль и управление», №3/2013, ISSN 1815-4840, с.72-77. (05.00.00; №6).

14. Мурадова А.А. Методы оценки качества передачи речевых пакетов при исследовании надежности сети NGN//Международный научный журнал «Молодой ученый» №10/2013, с.162-168, ISSN 2072-0297

15. Мурадова А.А. Анализ влияния использования протоколов MPLS и RSVP на надежность сети NGN//Международный научный журнал «Молодой ученый» №11/2013, ISSN 2072-0297

16. Арифджанов А.З., Еркинбаева Л.Т., Мурадова А.А. Развитие телефонных сетей общего пользования в направлении создания сетей ТфОП (NGN)// Вестник ТГТУ, №4/ 2014, ISSN 1684-789X, с.37-42. (05.00.00; №10).

17. Нишанбаев Т.Н., Мурадова А.А. Исследование параметров надежности уровня доступа сети следующего поколения//Вестник ТУИТ, 2015, №4 (36), с. 55 - 59. (05.00.00; №10).

18. Nishanbayev T.N., Muradova A.A. The system research of reliability indexes of modern infocommunication networks with distributed structure with the workload of its components//The advanced science journal, USA, 2014, Vol.2, pp.59-64.

19. Nishanbayev T.N., Muradova A.A. Decided of the problem of optimal distributed the resources in the infocommunication network//The advanced science journal, USA, 2014, Vol.4, pp.23-26.

20. Muradova A.A. Calculation in the NGN networks of indexes of reliability of tracts of transmission of packet information//The advanced science journal, USA, 2014, Vol.6 pp.24-28.

21. Gulturayev N.X., Muradova A.A. Mathematical model for research of reliability NGN network//Сборник докладов Международной конференции «Актуальные проблемы развития инфокоммуникаций и информационного общества» (Actual Problems of Development of Infocommunications and Information-Oriented Society), Ташкент, 2012. С.48-49.

22. Muradova A.A. Bipolar single-channel network of data transmission with switching of packets//Сборник докладов Международной конференции «Актуальные проблемы развития инфокоммуникаций и информационного общества» (Actual Problems of Development of Infocommunications and Information-Oriented Society), Ташкент, 2012. С.81-83

23. Мурадова А.А. Прогнозирование трафика в сетях NGN//Сборник докладов Международной молодежной научной конференции «Будущее науки -2013», Россия, г.Курск, 2013.С.276-279

24. Мурадова А.А. Диагностирование в сетях NGN//Сборник докладов XI Международной научно-технической конференции «Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации», Россия, Курск, 2013.С.276-278

25. Muradova A.A. Algorithm and program for calculating the structural reliability of the NGN network using method of statistic modeling//Сборник

докладов X Международной IEEE Сибирской конференции по управлению и связи SIBCON-2013, Россия, г.Красноярск, 2013, (Scopus).

26. Muradova A.A. Mathematical model of router for research of reliability of NGN network//Сборник докладов Международной конференции в ЦА по Интернету (ICI-2013), Ташкент, 2013.

27. Nishanbayev T.N., Muradova A.A. System research of reliability indexes of the modern infocommunication network with distributed structure//Сборник докладов Международной конференции «Перспективы развития информационных технологий ИТРА-2014», Ташкент, 2014. pp. 357-360.

28. Мурадова А.А. Способы управления входящим потоком при условии загруженности коммутаторов транспортного уровня инфокоммуникационной сети//Сборник статей Международной научно-технической конференции «Радиоэлектроника, информационные и телекоммуникационные технологии: проблемы и развитие» 1-Том. Ташкент, 2015. С.424-425

29. Мурадова А.А. Анализ работы основных элементов программно-конфигурируемых сетей, используемых на транспортном уровне инфокоммуникационных сетей//Сборник материалов XXXII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий» (ПТ-32), Россия, Новосибирск, 29 сентября, 25 октября 2016 г. С.136-144

30. Мурадова А.А. Анализ методов обеспечения QOS программно-конфигурируемых сетей, используемых на транспортном уровне инфокоммуникационных сетей//Сборник материалов XIII Международной молодежной научно-практической конференции «Научные исследования и разработки молодых ученых». Россия, Новосибирск, 2 сентября, 4 октября 2016 г. С.76-84

31. Мурадова А.А. К вопросу оценки надежности невосстанавливаемых объектов телекоммуникационной сети//Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Роль информационных-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных секторов экономики», ТУИТ имени Мухаммада аль-Хоразмий, 2018. С.624-626

32. Гультураев Н.Х., Мурадова А.А., Исманов К.А. Математическая модель для расчета параметров надежности сети связи//Сборник докладов Республиканской научно-методической конференции “Современные информационные технологии в телекоммуникации и связи”, Ташкент,2011. С.168-172

33. Бабаханова Д.Р., Ниязов У.С., Мурадова А.А. Критерии оценки качества образования// Сборник докладов научно-методической конференции Ташкентского Университета информационных технологий и его филиалов “Проблемы повышения качества подготовки кадров для отраслей связи и информатизации”. Ташкент, 2012. С. 243-246

34. Гультураев Н.Х., Мурадова А.А. Модель мультисервисной сети с обобщенной схемой формирования входного потока//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых,

исследователей, магистрантов и студентов “Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций”, Ташкент, 2012. С. 233-234

35. Мурадова А.А. Исследование надежности сети передачи данных с коммутацией пакетов //Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов “Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций”, Ташкент, 2012. С. 304-305.

36. Мурадова А.А. Резервирование и восстановление в сетях NGN//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов “Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций”, Ташкент, 2013. С. 9-10.

37. Мурадова А.А. Использование технологии FTTH в сети доступа NGN//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов “Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций”, Ташкент, 2013. С. 140-141.

38. Мурадова А.А., Рахимова З.Х. Применение симулятора Cisco Packet Tracer при исследовании основных характеристик телекоммуникационных сетей //Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Перспективы эффективного развития информационных и телекоммуникационных систем”, Ташкент, 2014. С.195-197.

39. Мурадова А.А. Методы анализа надежности инфокоммуникационной сети//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий ”, Ташкент, 2015. С.37-39

40. Мурадова А.А. Методы повышения надежности компонентов инфокоммуникационной сети//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий ”, Ташкент, 2015. С.39-41

41. Мурадова А.А. Методы предотвращения дисциплинарных проблем на занятиях технических дисциплин//Сборник докладов Республиканской научно-методической конференции ТУИТ “Проблемы повышения качества подготовки кадров для отраслей связи и информатизации”. Ташкент, 2016. С.29

42. Мурадова А.А. Способы повышения внимания студентов на занятиях технических дисциплин//Сборник докладов Республиканской научно-методической конференции ТУИТ “Проблемы повышения качества подготовки кадров для отраслей связи и информатизации”. Ташкент, 2016, С.30

43. Мурадова А.А. Уязвимости уровня доступа и транспортного уровня влияющие на надежность инфокоммуникационной сети следующего поколения//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий ”. Часть 3,Ташкент, 2016. С.188-190

44. Мурадова А.А. Использование педагогических технологий KAIST университета в Ташкентском университете информационных технологий// Сборник докладов Республиканской научно-методической конференции ТУИТ “Роль информационных технологий в улучшении качества подготовки кадров”. Часть 1. Ташкент, 2017. С.86

45. Мурадова А.А. Обеспечение сервиса IP QUALITY MANAGER на уровне приложения инфокоммуникационной сети//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных отраслей экономики”. Часть 3. Ташкент, 2017. С. 223-225

46. Мурадова А.А. Обеспечение качества обслуживания оборудования сети доступа инфокоммуникационной сети//Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции “Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных отраслей экономики”. Часть 3. Ташкент, 2017. С. 225-227.

47. Мурадова А.А. Обучение в докторантуре (PhD) в Южной Корее (KAIST)//Материалы научно-методической конференции ТУИТ «Методические основы повышения качества учебного процесса и комплексного развития системы подготовки кадров». Часть 1.Ташкент, 2018. С.102-103

Авторсферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди (15.01.2019).

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма №13.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.