

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

АБДУЛЛАЕВ МИРЖАМОЛ МИРКАМИЛОВИЧ

ТАҚСИМЛАНГАН БУЛУТЛИ МАЪЛУМОТ МАРКАЗИНИНГ
ИНФРАТУЗИЛМАСИНИ ШАКЛЛАНТИРИШ ҲАМДА
РЕСУРСЛАРИНИ ТАҚДИМ ЭТИШ МОДЕЛ
ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2022

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

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

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

Абдуллаев Миржамол Миркамилович

Тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини шакллантириш
ҳамда ресурсларини тақдим этиш модел ва алгоритмлари..... 3

Абдуллаев Миржамол Миркамилович

Моделли и алгоритми формироваия инфраструктури облачного дата центра с
распределенной структурой и представления ее ресурсов 21

Abdullaev Mirjamol Mirkamilovich

Models and algorithms for forming the infrastructure of a cloud data center with a distri-
buted structure and representing its resources..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

АБДУЛЛАЕВ МИРЖАМОЛ МИРКАМИЛОВИЧ

ТАҚСИМЛАНГАН БУЛУТЛИ МАЪЛУМОТ МАРКАЗИНИНГ
ИНФРАТУЗИЛМАСИНИ ШАКЛЛАНТИРИШ ҲАМДА
РЕСУРСЛАРИНИ ТАҚДИМ ЭТИШ МОДЕЛ
ВА АЛГОРИТМЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T2392 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва "Ziyonet" ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Хужаматов Халимжон Эргашевич
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD),
доцент

Расмий оппонентлар: Сагатов Мирозиз Варисович
техника фанлари доктори (DSc), профессор

Парсиев Саидахат Солиходжаевич
техника фанлари доктори (DSc), доцент

Етакчи ташкилот: Тошкент давлат транспорт университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.02. Илмий кенгашнинг 2022 йил "8" июль 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. (245 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел: (99871) 238-64-44).

Диссертация автореферати 2022 йил "22" июнь да тарқатилди.
(2022 йил "25" июнь даги 4 рақамли реестр баённомаси)



Б.Ш. Махкамов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, и.ф.д., профессор

Э.Ш. Назирова
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

М.М. Мухитдинов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда инфокоммуникация ва булутли ҳисоблаш технологияларининг жадал суръатларда ривожланиб бориши, географик жиҳатдан турли нуқталарда жойлашган маълумотларни қайта ишлаш марказларининг ҳисоблаш ва хотира ресурсларини самарали тақсимлашга катта эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан тақсимланган булутли маълумот қайта ишлаш марказининг тармоқ тузилмасини шакллантириш, жисмоний қувватлари асосида ахборот ҳамда виртуал ҳисоблаш ресурсларини жойлаштириш, уларни сўров талабига мувофиқ тармоқ шароитида марказлашган ҳолда тақдим этиш усулларини, дастурий таъминоти ва техник воситаларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Европа Иттифоқи давлатлари, Ҳиндистон, Канада ва Россия Федерацияси каби дунёнинг ривожланган мамлакатларида тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини шакллантириш ҳамда ресурсларини тақдим этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳон телекоммуникация тармоқларида узатиладиган ва қайта ишланадиган ахборотларни кечикиш вақтини камайтиришга қаратилган модел, усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш бўйича қатор илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан тақсимланган булутли маълумот марказининг дислокацияланган ресурсларини марказлашган бошқарув механизмли тақдим этиш моделини, граф назарияси орқали дастурий конфигурацияланадиган тармоғининг топологик структурасини яратиш усулини ҳамда ахборот ресурсларини репликациялаш орқали хотира майдонларига маълумотларни тақсимлаш алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга тақсимланган булутли маълумот маркази ресурсларини олдиндан тақдим этиш орқали фойдаланувчи сўровларига самарали хизмат кўрсатиш алгоритм ва дастурий таъминотларини ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланмоқда.

Республикамизда маълумотларни қайта ишлаш марказлари ишлаш самардорлигини ошириш, сўровларни маълумот марказларида бўлиш вақтини камайтириш бўйича янги ёндашувлар, шу жумладан ахборот-коммуникация технологияларининг воситаларида ҳар хил турдаги ва катта ҳажмдаги ахборотларни сақлаш, юқори тезликда ҳамда белгиланган сифат даражасида қайта ишлаш, сақлаш, узатиш йўналишларида кўплаб илмий-тадқиқотлар амалга оширилган ва ўтказилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йилнинг 5 октябридаги ПФ-6079-сонли “«Рақамли Ўзбекистон—2030» стратегиясини тасдиқлаш ва уни самарали амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Фармонида «... катта маълумотларни таҳлил қилиш ва «булутли» ҳисоблаш технологияларидан фойдаланиш имкониятларини ўрганиш ва уларни амалиётга татбиқ этиш...»¹ вазифалари

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 5 октябрдаги ПФ-6079-сонли “«Рақамли Ўзбекистон—2030» стратегиясини тасдиқлаш ва уни самарали амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги фармони

белгилаб берилган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан тақсимланган булутли маълумот марказининг автоном булутли маълумот марказларида ҳар хил турдаги ва ҳажмдаги ахборотларни, белгиланган сифат даражасида қайта ишлаш ҳамда унинг телекоммуникация тармоғида узатиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 28 апрелдаги ПҚ-4699 «Рақамли иқтисодиёт ва электрон ҳукуматни кенг жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни 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.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Тақсимланган булутли маълумот марказининг маълумот сақлаш инфратузилмаси фойдаланувчиларга турли даражадаги маълумот сақлаш ва тақдим этиш хизматларини қўллаб-қувватлайди ва географик жиҳатдан дислокацияланган маълумот сақлаш тизимининг янги архитектурасини шакллантиради. Кўпгина тадқиқотлар булутли маълумот қайта ишлаш ва сақлаш марказининг инфраструктурасини яратиш, унинг самарадорлигини белгилайдиган кўрсаткичларини ўрганишга бағишланган бўлиб, ресурсларини шакллантириш, самарали фойдаланиш ҳамда функционаллигини характерловчи параметрларини тадқиқ этиш ва баҳолаш бўйича кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Тадқиқотчи олимлар А.С.Таненбаум², А.В.Бобченков³, А.И.Воробьёв⁴, А.С.Ворожцов, Н.В.Тутова⁵, В.И.Волчихин⁶, J.Fortes⁷, Т.Н.Нишанбаев⁸,

² Tanenbaum A.S. Distributed Systems // 3rd edition. Version 3.02. — CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. — 596 p.

³ Бобченков А.В. Разработка модели и методов управления ресурсами в виртуальных организациях распределенных вычислительных сред // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность: 05.13.15 - Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети. Москва, 2011.

⁴ Воробьёв А. И. Модели и методы повышения эффективности предоставления информационных услуг в центрах обработки данных // Специальность: 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (технические системы). Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург – 2012.

⁵ Ворожцов А.С., Тутова Н.В., Тутов А.В. Оценка производительности облачных центров обработки данных //Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. –№5. – С.69-71.

⁶ Волчихин В. И., Зинкин С. А., Карамышева Н. С. Организация функционирования облачно-сетевых распределенных вычислительных систем с архитектурой «агенты как сервисы» Известия высших учебных

У.Б.Амирсайдов, Н.Б.Усманова⁹, Х.Э.Хужаматов¹⁰ ва бошқаларнинг илмий ишларида тақсимланган тизим ҳамда маълумот қайта ишлаш марказларининг самарадорлик кўрсаткичларини таҳлил қилишнинг турли жиҳатлари кўриб чиқилган, ресурсларини бошқариш ва тақдим этиш жараёнларини таҳлиллаш ҳамда баҳолашнинг усул, моделлари таклиф этилган.

Олиб борилган таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, тақсимланган инфраструктурали маълумот қайта ишлаш ва сақлаш марказининг тармоқ тузилмасини шакллантириш, жисмоний қувватлари асосида ахборот ҳамда виртуал ҳисоблаш ресурсларини шакллантириш ва жойлаштириш, уларни сўров талабига мувофиқ тармоқ шароитида марказлашган ҳолда тақдим этиш масалалари ва бошқа муаммолар пайдо бўлиши, уларни ҳисобга олган ҳолда тақсимланган булутли маълумот марказларнинг самарадорлигини белгилайдиган сифат кўрсаткичларини яхшилаш, янги усул, модел ва алгоритмларни ишлаб чиқиш ҳамда амалиётга жорий этиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Муҳаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №Ф-484-14-сон «Кейинги авлод тармоқлари ресурсларини сервисга йўналтирилган архитектура услублари асосида тақдим этилишининг усулини ишлаб чиқиш» (2014-2015), №Ф-635-16-сон «Дастурий конфигурацияланадиган тармоғи негизидаги булутли маълумот қайта ишлаш марказларини моделлаштириш ва оптималлаштириш масалалари ечимини бажариш» (2016-2017), №А-5-018-сон «Мураккаб структурали тақсимланган тизимнинг дислокацияланган ресурсларини сервисга йўналтирилган архитектура негизида оптимал тақдим этилишининг моделини яратиш ва тадқиқ этиш» (2016-2017) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Тақсимланган булутли маълумот маркази самарадорлигини ошириш имконини берувчи инфратузилмани шакллантириш ҳамда ресурсларни тақдим этиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш.

заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2019. – № 4 (52). – С. 27–50. – DOI 10.21685/2072-3059-2019-4-3.

⁷ Xu J., Fortes J. Multi-objective Virtual Machine Placement in Virtualized Data Center Environments. Proceedings of the Green Computing and Communications (GreenCom), 2010 IEEE/ACM Int'l Conference on & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom), Hangzhou, 18–20 December 2010. IEEE, 2010. Pp. 179–188.

⁸ Нишанбаев Т.Н. Метод размещения облачных серверов в Cloud-дата центре с распределенной структурой // “Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар, технологиялар, ечимлар” журнали. -№4(44). Тошкент-2017. -С.28-33. ISSN 2010-510X.

⁹ Амирсайдов У.Б., Усманова Н.Б. Облачная инфраструктура инфокоммуникационной сети: особенности моделирования. Вестник науки и образования, № 4(28) 2017.

¹⁰ Khujamatov Kh.E., Abdullayev M.M. Conceptual Model of Distributed Resources of a Cloud Data Center Based on a Software-Defined Network // “International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology”. Vol. 8, Issue 11, November 2021. -P. 18498-18504

Тадқиқотнинг вазифалари:

тақсимланган булутли маълумот марказини шакллантириш жараёнини ва моделини таҳлил қилиш;

тақсимланган булутли маълумот маркази дастурий конфигурацияланадиган телекоммуникация тармоғининг топологик тузилмасини шакллантириш усулини ишлаб чиқиш;

тақсимланган булутли маълумот маркази виртуал ҳисоблаш ҳамда ахборот ресурсларни шакллантириш, хотира майдонларига жойлаштириш усул ва алгоритмларини яратиш;

тақсимланган булутли маълумот маркази ҳисоблаш ва ахборот ресурсларини тақдим этилишини таъминлайдиган дастурий таъминот ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида тақсимланган булутли маълумот қайта ишлаш ва сақлаш маркази олинган.

Тадқиқотнинг предметини тақсимланган булутли маълумот маркази компоненталари ва ресурсларни бошқариш, тақсимлаш жараёнлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари граф, оммавий хизмат кўрсатиш, оқимларни тақсимлаш назарияси, математик моделлаштириш усуллари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

тақсимланган булутли маълумот марказининг дислокацияланган ресурсларини марказлашган бошқарув механизмлари тақдим этиш модели ишлаб чиқилган;

граф назарияси орқали тақсимланган булутли маълумот маркази дастурий конфигурацияланадиган тармоғининг топологик структурасини яратиш усул ишлаб чиқилган;

тақсимланган булутли маълумот марказининг ахборот ресурсларини репликациялаш орқали хотира майдонларига маълумотларни тақсимлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

тақсимланган булутли маълумот маркази ресурсларини олдиндан тақдим этиш орқали фойдаланувчи сўровларига самарали хизмат кўрсатиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тақсимланган булутли маълумот марказининг инфраструктурасини шакллантириш, турли қувват ва турдаги жисмоний ресурсларининг сўровлари хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда тақсимлаш модели ишлаб чиқилган;

тақсимланган булутли маълумот маркази телекоммуникация тузилмасини дастурий конфигурацияланадиган тармоғи топологик структураси ишлаб чиқилган;

тақсимланган булутли маълумот марказининг виртуал ҳисоблаш ресурсларини шакллантириш ва сервер компьютерларига жойлаштириш, ахборот ресурсларини репликациялаш асосида хотира дисklarига ўрнатиш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

тақсимланган булутли маълумот маркази сўрови оқимларини дастурий конфигурацияланадиган тармоғи хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда тақсимлаш дастурий таъминотлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини математик дастурлаш усуллари негизида шакллантириш модели, унинг телекоммуникация тармоғи топологик схемасини граф назариясининг доминант тўпламлар ва P-медиана бўлимлари асосида яратиш усули, чекланган қувватлардаги виртуал ҳисоблаш ресурсларини шакллантириш, уларни ҳар хил нуқталардаги сервер компьютерларига жойлаштириш, ахборот ресурсларини репликациялаш асосида хотира дисklarига ўрнатиш масалалари математиканинг тегишли бўлимларига асосланиб бажарилганлиги, сўровларни оқимларни сақланиш қонуни асосида тақсимланган булутли маълумот маркази ресурслари орасида тақсимлаш бўйича яратилган алгоритмлари ва дастурий таъминотлари, олинган натижаларнинг таҳлили билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти дастурий конфигурацияланадиган тармоғи ёрдамида тарқоқ ҳолдаги булутли маълумот маркази тузилмасини яратиш, ҳисоблаш ва ахборот ресурсларини шакллантириш ва жойлаштириш, тармоқ ва тақсимланган булутли маълумот маркази компоненталарининг юкланганлик даражаларини ҳисобга олган ҳолда сўровларни оқимларни сақланиш қонуни негизида тақсимлаш бўйича яратилган модель, усул ва алгоритмлар тақсимланган булутли маълумот маркази инфраструктурасини тизимли тадқиқ этишга имкон яратиши билан белгиланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти тақсимланган булутли маълумот маркази телекоммуникация тармоғи тузилмасини дастурий конфигурацияланадиган тармоғи асосида такомиллаштириш, тарқоқ ҳолдаги виртуал ҳисоблаш ва ахборот ресурсларини дастурий конфигурацияланадиган тармоғи ёрдамида бирлаштирилиши ва фойдаланувчи сўровларини тақсимланган булутли маълумот маркази компоненталар орасида марказлашган ҳолда тақсимлаш жараёнларини ташкил этиш имкони яратилиши билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини шакллантириш ҳамда ресурсларини тақдим этиш модел ва алгоритмлари бўйича олинган натижалари асосида:

граф назарияси орқали тақсимланган булутли маълумот маркази дастурий конфигурацияланадиган тармоғининг топологик структурасини яратиш ва тақсимланган булутли маълумот марказининг ахборот ресурсларини репликациялаш орқали хотира майдонларига маълумотларни тақсимлаш усул ва алгоритмлари Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Хоразм филиалига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6679-сон маълумотномаси).

Илмий тадқиқот натижасида тармоқ ичида маълумот узатиш тезлиги 11-12 % гача ошириш имконини берган;

тақсимланган булутли маълумот марказининг дислокацияланган ресурсларини марказлашган бошқарув механизми тақдим этиш модели ҳамда тақсимланган булутли маълумот маркази ресурсларини олдиндан тақдим этиш орқали фойдаланувчи сўровларига самарали хизмат кўрсатиш алгоритми Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «ЎзТТБРМ» ДУК га жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6679-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида фойдаланувчиларнинг сўровларини тақсимланган булутли маълумот марказида бўлиш вақтини 9-11 % гача камайтириш имконини берган;

тақсимланган булутли маълумот маркази ресурсларини олдиндан тақдим этиш орқали фойдаланувчи сўровларига самарали хизмат кўрсатиш дастурий таъминотлари Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «New Line Solutions» МЧЖ га жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 23 сентябрдаги 33-8/6679-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини 10-11 % гача оширган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 18 та илмий-амалий конференцияда, шу жумладан, 9 та халқаро конференция ва 9 та Республика илмий-амалий конференциясида апробациядан ўтган.

Тадқиқотлар натижаларининг эълон қилиниши. Тадқиқотлар мавзуси бўйича жами 31 та илмий ишлар, улардан 8 та мақолалар Ўзбекистон Республикаси ОАК тавсия этган журналларда, шу жумладан, 2 та хорижий, 6 та республика миқёсидаги журналларда чоп этилган ва 3 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, нашр этилган ишлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 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 ишончлилиги асосланган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалда жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “**Тақсимланган булутли тизим ресурслари тақдим этилишининг ҳолати ва ривожланиш истиқболлари**” деб номланган биринчи бобида, булутли тақсимланган тизим ресурслари тақдим этилишининг ҳолати ва ривожланиш истиқболлари, булутли тақсимланган тизимнинг архитектуравий хусусиятлари ва ривожланиш тенденциялари, тақсимланган булутли маълумот қайта ишлаш ва сақлаш марказларининг (МҚСИМ) инфраструктурасини шакллантириш ва ресурсларини тақдим этиш йўналишидаги илмий ишлар, мавжуд усул ва моделлар кўриб чиқилган ва таҳлил натижалари келтирилган.

Ҳар хил нуқталарда дислокацияланган автоном булутли МҚСИМ ресурс ва хизматларини кенг доирадаги фойдаланувчиларга самарали тақдим этиш мақсадида уларни замонавий тармоқ воситалари ёрдамида боғлаб тақсимланган структурали ягона булутли маълумот қайта ишлаш маркази яратила бошланди. Тақсимланган булутли маълумот қайта ишлаш марказларининг асосий концепцияси жисмоний ресурслар даражасида тақсимлаш принципини ва мантиқий даражада марказлаштириш принципи қўлланилишини тақозо этади.

Тақсимланган булутли маълумот қайта ишлаш марказларининг масштаби ва ишлов бериладиган маълумотларининг ҳажми тобора ошиб бораётганлиги сабабли, уларнинг яратилиши ва ривожланиши қайтмас жараён ҳисобланиб, тақсимланган булутли маълумот маркази (ТБММ) яратиш муаммосига бағишланган изланишлар таҳлил натижалари асосида қуйидагича хулосалар қилинган:

1. Географик жиҳатдан дислокацияланган автоном булутли маълумот марказлари (АБММ) нинг ҳисоблаш, хотира ва бошқа ресурсларини телекоммуникация тармоқлари асосида бирлаштириб, виртуал ресурсларни ташкил қилиш, ягона марказлашган бошқарув тизими асосида, фойдаланувчиларга тақдим этиш муаммоларининг ечимларини ишлаб чиқиш орқага қайтмас жараён ҳисобланиб, олим ва мутахассислар томонидан янги усул ва моделлар ишлаб чиқиш борасида кенг доирада изланишлар олиб борилаётганлигини қайт этиш жоиз.

2. Ҳар хил “нуқта”ларда жойлашган АБММларнинг интеграциясини Интернет тармоғи негизида амалга оширилиши, қўзланган мақсадга олиб келмайди, чунки унинг алоқа каналлари бошқа турдаги маълумот оқимлари билан юкланган ва узатиш қобилияти маълумот қайта ишлаш тизимларининг тезлигидан бир мунча паст бўлади. Шу сабабли, ТБММ ини яратиш учун дастурий конфигурацияланадиган тармоғи (ДКТ) асосидаги юқори тезликдаги алоҳида маълумот узатиш тармоғи яратилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

3. ТБММ таркибидаги АБММларнинг жисмоний ресурслари негизида ҳар хил қувватга эга виртуал ресурсларни шакллантириш ва уларни ҳар хил “нуқта”лардаги сервер компьютерларига жойлаштириш жараёнларини оптималлаштириш масаласини ҳал қилиш.

4. ТБММ ресурсларини кенг доирадаги фойдаланувчиларга оптимал тақсимлаш масаласини ҳал қилиш. Бу йўналишда бир неча усуллар ишлаб

чиқилган, уларда фойдаланувчи сўровини марказ воситаларида бўлиш вақтини минималлаштириш моделлари таклиф этилган, ammo сўровларни телекоммуникация тармоғида узатиш учун кетадиган вақт ҳисобга олинмаган. Сўровни ТБММ да бўлиш вақти сўровни тармоқда узатиш ва ҳисоблаш ресурсида қайта ишлаш учун кетадиган вақтларнинг йиғиндисидан иборат бўлади.

Юқорида келтирилган ҳолатларни ҳисобга олган ҳолда ТБММнинг инфратузилмасини шакллантириш долзарблиги ва бунда унинг таркибий қисмларида сўровларга хизмат кўрсатиш вақтини тақсимланиши тизимнинг рационаллигини тавсифловчи параметрларга бевосита боғлиқ эканлигини ҳисобга олган ҳолда мезон кўрсаткичи сифатида унинг маълум фаолиятидаги вақт оралиғи қийматини олиш мақсадга мувофиқлиги асослаб берилган, яъни

$$D = F\{\sum[\{t_{\text{ДКТ}}\} + \{t_{\text{ср}}\}]\}, \quad (1)$$

бу ерда, $\{t_{\text{ДКТ}}\}$ – сўровни ДКТ воситаларида узатиш ва қайта ишлаш учун кетадиган вақтларининг ўртача қиймати; $\{t_{\text{ср}}\}$ – сўровни ТБММ виртуал ҳисоблаш ресурсларида қайта ишланиши учун сарфланадиган вақтларининг ўртача қиймати.

Диссертациянинг **“Тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини шакллантириш”** деб номланган иккинчи боби тақсимланган булутли маълумот маркази ресурсларини ДКТ тармоғи негизида тақдим этишнинг концептуал моделини яратиш ва ТБММ инфратузилмасини шакллантириш масаласини шакллантиришга бағишланган.

ТБММ ресурслари ва хизматлари тақдим этилишида қуйидаги компоненталар иштирок этадилар: булутли фойдаланувчи, ТБММнинг марказий бошқарув тизими, ТБММ ресурсларининг инфратузилмаси, телекоммуникация тармоғи воситалари. Умумий ҳолда ТБММ иннинг булутли муҳитини учта концептуал муҳит сатҳларидан иборат деган хулосага келиш мумкин: жисмоний ресурслар сатҳи, ТБММ ресурс ва хизматларини тақсимлаш ва тақдим этиш сатҳи. Келтирилган маълумотлар асосида кўп сатҳли тақсимланган булутли маълумот марказининг инфраструктурасининг ДКТ асосидаги концептуал модели 1-расм кўринишида тасвирланади.

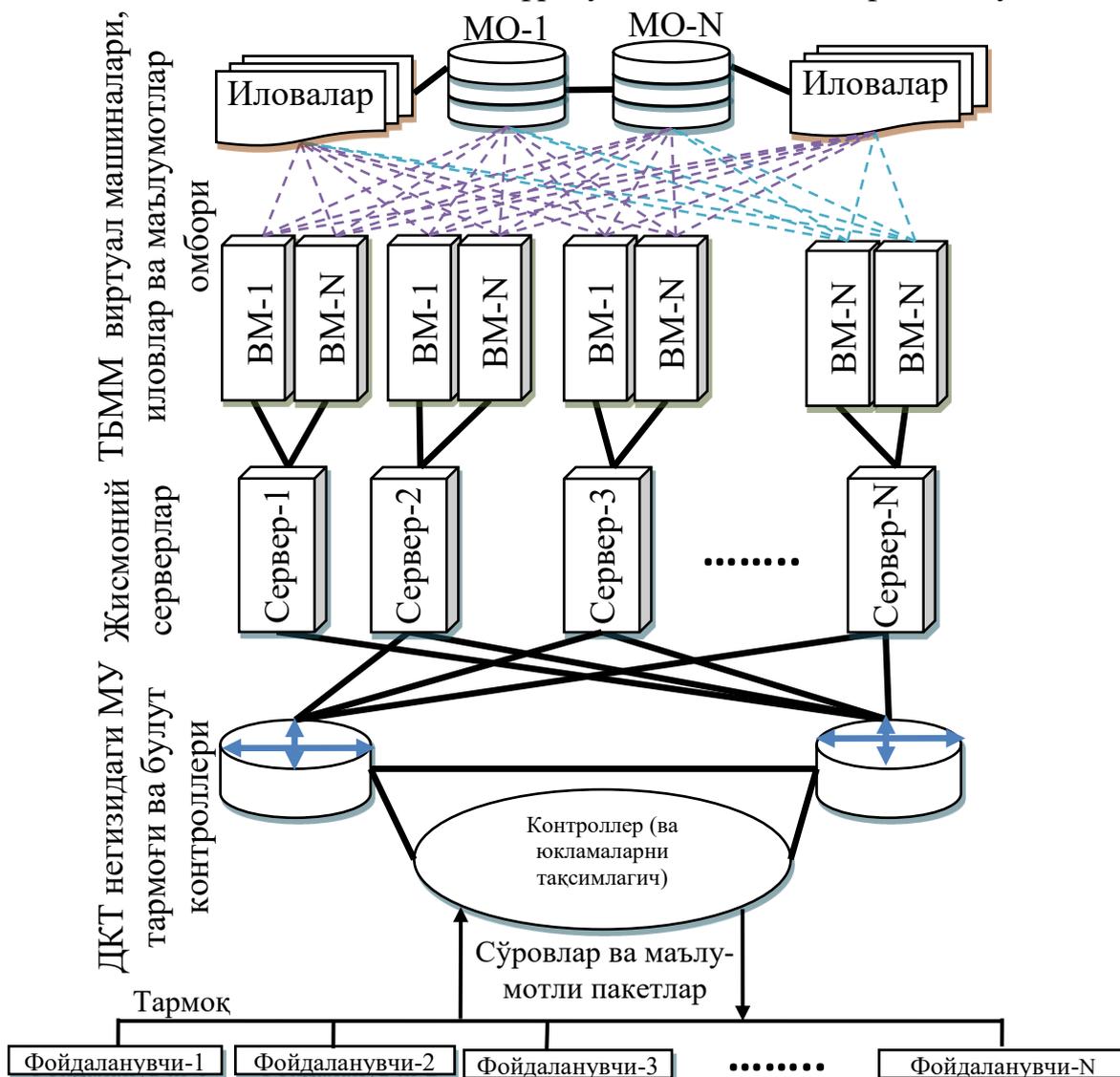
ТБММи инфратузилмасинининг асосий хусусиятларини тавсифловчи концептуал модел бир нечта таркибий қисмлардан таркиб топади, яъни

$$ТБММ = \{ХР, БК, ТВ, МСТ\} \quad (2)$$

бу ерда, $ХР$ – дастурий конфигурацияланадиган тармоғининг тегишли коммутаторларига боғланган автоном булутли марказлар ҳисоблаш ресурсларининг тўплами; $БК$ – булут контроллери; $ТВ$ – ТБММ тармоғи топологик схемасида қўлланиладиган тармоқ воситаларининг тўплами; $МСТ$ – ТБММ сегментларидаги жисмоний ва виртуал машиналарга боғланган маълумот сақлаш тизимлари.

ДКТ тармоғида сўровларни узатиш ва қайта ишлаш жараёнлари бажарилишининг босқичлари батафсил ёритилган. Концептуал модель турли

ДҚТ тармоғида сўровларни узатиш ва қайта ишлаш жараёнлари бажарилишининг босқичлари батафсил ёритилган. Концептуал модель турли топологияга эга ТБММ ининг инфратузилмасини тавсифлаши мумкин.



1-расм. ТБММ нинг ДҚТ асосидаги концептуал модели.

ТБММнинг шакллантирилган навбатдаги инфратузилмаси асосида олинанин даромади тўртта ўзгарувчи параметрлар (телекоммуникация тармоғининг тузилмаси (w), виртуал машиналарнинг қувватлари ва уларни жисмоний компьютерларга жойлаштириш (k), ахборотларни хотира омборларига жойлаштириш (h) ва сўров оқимларини тақсимлаш вариантлари (f)) нинг қийматларига боғлиқ бўлади, яъни ТБММ инфратузилмасини оптимал шакллантириш учун 4 да келтирилган мезон кўрсаткичи тўртта ўзгарувчиларнинг функцияси ҳисобланади ва ТБММ инфратузилмасини оптимал синтез қилиш масаласи стационар ҳолатни белгилайдиган қуйидаги

$$C_{кан} < C_{кан}^m, \lambda_{ij} \leq \mu_{ij}, e_k \leq \mu_k \quad (3)$$

чекловлар бажарилганида тўртта дискрет параметрли каварик функциянинг қийматини максималлаштиришга келтирилади, яъни

$$D=f\{\vec{w}, \vec{k}, \vec{h}, \vec{f}\} \rightarrow \max$$

$$\vec{w} \in W, \vec{k} \in K, \vec{h} \in H, \vec{f} \in F, \quad (4)$$

бу ерда, $C_{кан}$ – ТБММ ДКТ асосидаги тармоқ тузилмасини яратишнинг капитал харажатлари; $C_{кан}^M$ – тармоқ яратиш учун ажратилган капитал маблағнинг максимал қиймати; λ_{ij} – ТБММ телекоммуникация тармоғи (i,j) коммутаторлари орасидаги алоқа каналида кўп манбаали оқимнинг интенсивлиги; μ_{ij} – ТБММ телекоммуникация тармоғи (i,j) коммутаторлари орасидаги алоқа каналида оқимларга хизмат кўрсатиш интенсивлиги; e_k – ТБММ k –маълумот қайта ишлаш тизимининг киришидаги сўровлар оқимининг интенсивлиги; μ_k – ТБММ k –маълумот қайта ишлаш тизимининг сўровларга хизмат кўрсатиш интенсивлиги.

Учинчи боб **“Таксимланган булутли маълумот маркази инфраструктурасини шакллантириш ва ресурсларини тақдим этиш усул ҳамда алгоритмларини ишлаб чиқиш”** да ТБММнинг ДКТ асосидаги тармоғининг топологик тузилмасини яратиш, виртуал ресурсларини шакллантириш ва жойлаштириш, ахборот ресурсларининг ишончилигини ошириш усул ва алгоритмлари ҳамда ТБММ ресурсларини марказий бошқарув тизими (МБТ) тизими асосида тақдим этиш жараёнлари ёритилади.

ТБММ телекоммуникация тармоғининг тузилмаси граф назариясига (доминант тўпламлар ва Р-медина бўлимлари) асосланган усул негизида яратилган. Графнинг медианавий нуктаси шундай нукта ҳисобланадики, бунда шу нуктада жойлашган чўққи билан бошқа нукталардаги чўққилар орасидаги масофаларнинг йиғиндиси минимал қийматга эга бўлади.

Барча автоном булутли маълумот марказлари ва фойдаланувчи терминаллариининг координаталари ҳамда ДКТ коммутаторлари жойлашиши мумкин бўлган (ҳукмрон) нукталар тўпламини юлдуз шаклидаги тузилишга эга бўлган йўналтирилмаган G графи X чўққиларининг умумий тўплами сифатида тасвирлаймиз. Натижада ТБММ тармоғининг таркиби ҳар бири X^M чўққига эга M юлдузсимон шаклдаги тармоқлардан иборат бўлади.

Агар X_p^M - G юлдузсимон графнинг чўққилар тўплами (p – m -чи юлдузсимон тармоқда коммутаторлар жойлаштирилиши мумкин бўлган нукталар сони) бўлса, унинг ўтказувчи сони (навбатдаги медианавий нукта ва бошқа чўққилар орасидаги масофаларнинг йиғиндиси) қуйидагича ифодаланади

$$\delta^M(X_p^M) = \sum_{X_i \in X^M} d(X_p^M, i) \quad (5)$$

ва X_p^M тўплам учун ифода

$$\delta^M\left(\overline{X_p^M}\right) = \min_{X_p^M \in X^M} \left[\delta^M(X_p^M, i) \right] \quad (6)$$

m сегментдаги юлдузсимон G^m графнинг P – медианаси ҳисобланади ва

у m -чи юлдузсимон тармоқда коммутаторни жойлаштириш учун изланаётган оптимал нуктага мос келади.

$d(X_p^M, i)$ - M сегментдаги юлдузсимон графнинг медиан чўққиси билан унинг i чўққиси орасидаги масофа.

Таклиф этилган усул батафсил ёритилган, унинг асосида ТБММ нинг ДКТ негизидаги K -боғламли топологик тузилмасини яратиш алгоритми ишлаб чиқилган ва унинг самарадорлиги кўрсатиб берилган. Бунда дастлаб сегментларда юлдузсимон графлар билан биргаликда магистрал тармоқнинг бир боғламли тузилмаси ҳам яратилади, сўнг ТБММ телекоммуникация тармоғининг K -боғламли топологик тузилмаси шакллантирилади.

ТБММ инфратузилмасини шакллантиришдаги кейинги муҳим масала – бу автоном маълумот марказларининг физик ресурслари асосида виртуал ресурсларни яратиш, уларни ҳамда ахборот ресурсларни АБММларининг сервер компьютер ва хотира тизимларига жойлаштириш ҳисобланади.

Илмий ишда ТБММ жисмоний компьютерлари асосида p_k қувватга эга K виртуал серверларини яратиш қуйидагича амалга ошириш таклиф этилади.

1. ТБММ сервер компьютерларининг умумий қуввати P ҳисобланади

$$P = \sum_{s=1}^S \left(\sum_{h=1}^{H_s} p_h \right) \quad (7)$$

бу ерда, H_s – s сегментдаги жисмоний компьютерлар сони; p_h – s сегментдаги h жисмоний компьютернинг қуввати; $\sum_{h=1}^{H_s} p_h$ – s сегментдаги жисмоний компьютерлар қувватларининг йиғиндиси.

2. Фойдаланувчи сўровларининг хусусиятларини таҳлил қилиш асосида виртуал машина категорияларининг сони K аниқланади. Маълум бир k категорияли виртуал машинанинг сони бир нечта q_k бўлиши сабабли, ТБММ умумий ҳисоблаш ресурси қуйидагича ифодаланади

$$P = \sum_{k=1}^K (q_k p_k) \quad (8)$$

бу ерда, q_k – p_k қувватли виртуал машиналар сони.

3. Ҳар бир категориядаги виртуал машинанинг қуввати ва сони ҳисобланади. Дастлаб минимал қувватга эга виртуал машинанинг қуввати аниқланади.

$$p_{v,1} = \frac{P}{\sum_{s=1}^S H_s} \quad (9)$$

Яратилаётган виртуал машиналарнинг қувватлари минимал қувватдан бошлаб кўпайиши тартибда шакллантирилади, яъни $p_1 < p_2 < p_3 \dots p_k$. Бунинг учун қуйидаги тенглама тузилади:

$$P = n_1 p_{v,1} + n_2 (p_{v,1} + \Delta) + n_3 (p_{v,1} + 2\Delta) + \dots + n_k [p_{v,1} + (k-1)\Delta] \quad (10)$$

$n_k - k$ категорияли ВМ нинг сони, унинг қиймати тасодиф сонларнинг нормал тақсимооти негизида шакллантирилган 1-жадвал асосида аниқланади. Навбатдаги ВМнинг қуввати олдингисига Δ қўшилиши натижасида шаклланади, унинг қиймати (10) тенглама ечими натижасида аниқланади.

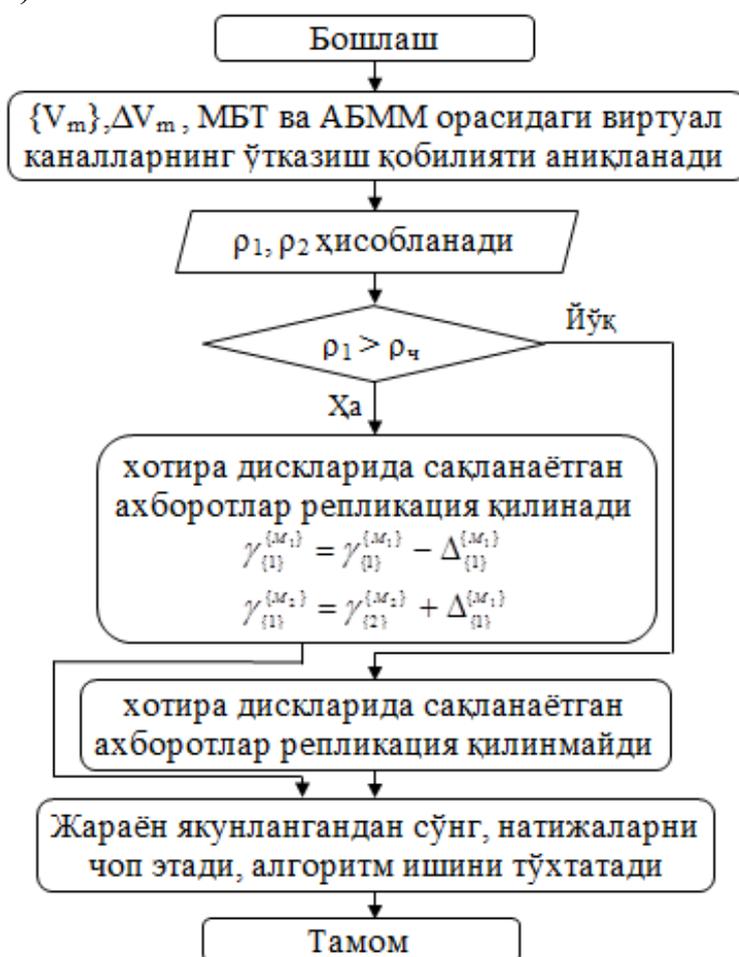
1- жадвал

К	1	2	3	...	K_{MK}	$K_{MK} + 1$	$K_{MK} + 2$...	К
n	2	3	4	...	n_m	$n_m - 1$	$n_m - 2$...	2

Жадвал натижалари 10-тенгламага қўйилади ва Δ нинг қиймати аниқланади. Категория ошган сари ВМ ларнинг қуввати Δ ошиб боради, лекин уларнинг сони K_{MK} га қадар ошиб боради кейин камаяди.

4. Категорияларда шакллантирилган ВМ лар ТБММ телекоммуникация тармоғи алоқа каналларининг ўтказиш қобилиятини ҳамда сегментлар жисмоний компьютерларининг қувватларини ҳисобга олган ҳолда ўрнатилади.

ТБММ сегментларида ахборот сақлаш жараёнларининг ишончилигини таъминлаш ҳамда кенг миқёсдаги фойдаланувчиларга ахборот тақдим этиш самарадорлигини ошириш мақсадида уларни ТБММ хотира омборларига репликация усули негизида жойлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган (2-расмга қаранг).



2-расм. ТБММ хотира омборларига репликация усули негизида жойлаштириш алгоритми

ТБММ хотира омборларига репликация усули негизда жойлаштириш алгоритми ишлаб тартиби куйдагича.

1. ТБММ таркибдаги АБММ хотира омборларида ахборотлар ҳажми, хотиралардаги “бўш” майдонларнинг ҳажмлари ва телекоммуникация тармоғи алоқа каналларининг ўтказиш қобилияти, ахборотларга келган сўровлар интенсивликлари аниқланилади.

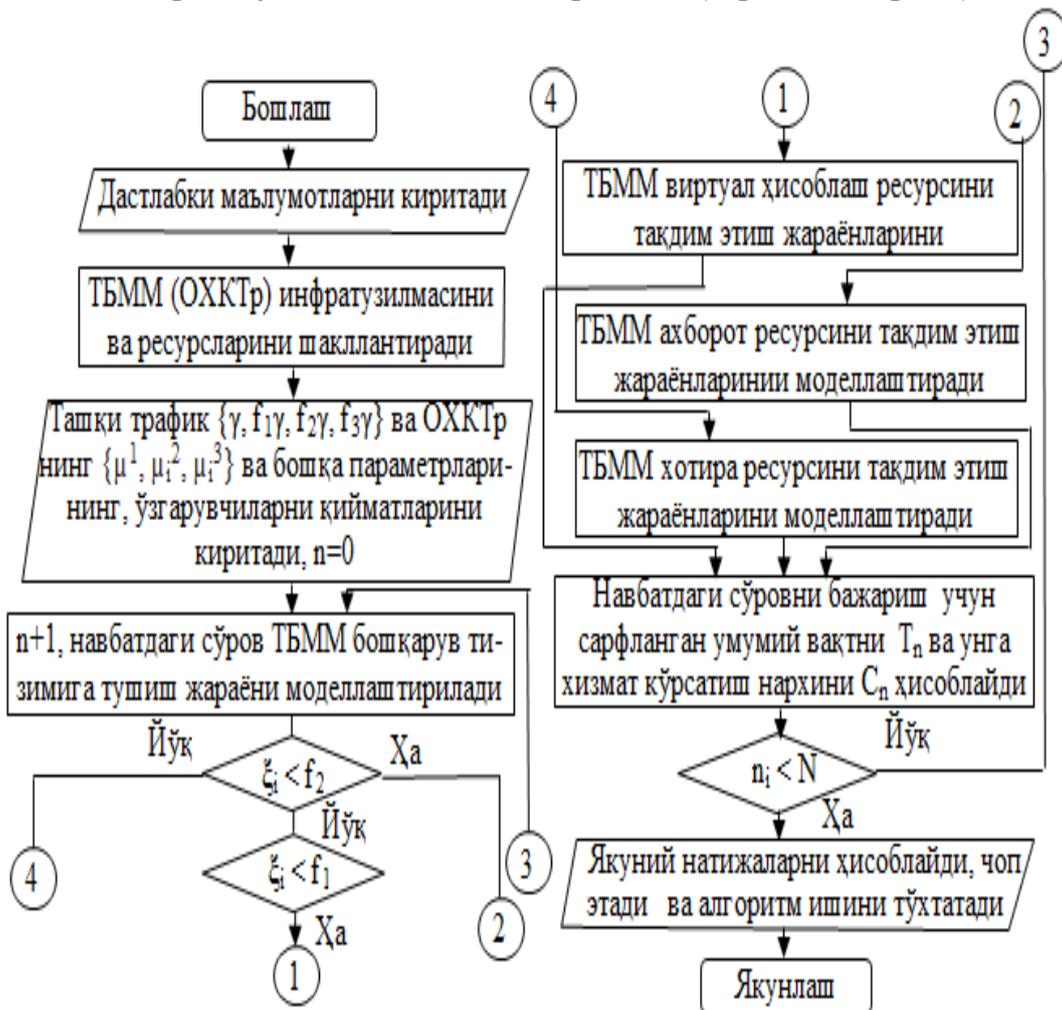
2. Алоқа каналларининг ва хотира дискларининг юкланганлик даражаси ҳисобланилади.

3. 1 чи ва 2 чи операторларнинг натижалари асосида репликация амалга ошириладиган нукталар аниқланилади.

4. Репликация амалга оширилади.

ТБММ инфратузилмасининг ресурсларининг ягона МБТ асосида тақдим этиш масаласи уч босқичли оммавий хизмат кўрсатиш тармоғи назарияси асосида бажарилган.

МБТ сўровларни ТБММ ресурсларига киришида асосий қурилма ҳисобланади. У талаб этилган ресурсларга қараб сўровлар навбатини шакллантиради ва уларга ўрнатилган тартиб бўйича хизмат кўрсатади. Сўров ТБММ воситаларида учта босқичда бажарилади (3-расмга қаранг):



3-расм. ТБММ ресурсларини шакллантириш ва тақдим этиш жараёнларини моделлаштириш алгоритми

1) сўров МБТида қабул қилинади, бажарилиши учун қандай ресурс кераклиги аниқланиб, ТБММ доирасида излаб топилади;

2) ДҚТ тармоғи негизида ҳисобланган виртуал канал ёрдамида сўров ресурси кўрсатилган манзилга узатилади;

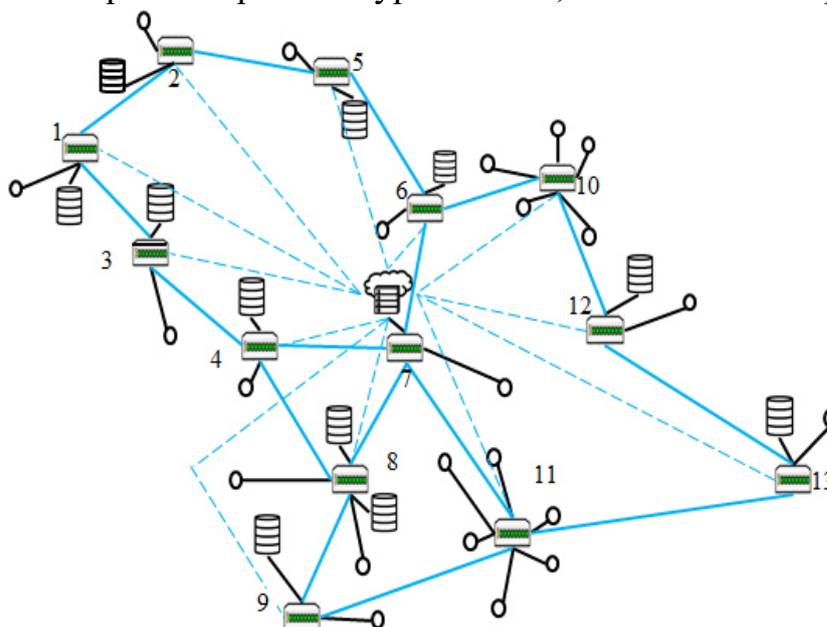
3) сўровга ресурс тақдим этилади. Сўровни уч босқичли ОХКТида бажариш учун кетадиган ўртача вақт унинг тизимостиларда кутиш ва бажарилиши учун кетадиган ўртача вақтларининг йиғиндисига тенг, яъни:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^3 \left[\frac{\rho^i}{1 - \rho^i} \right] = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^3 \left[\frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i} \right] \quad (11)$$

ТБММнинг даромади D сўровларни бажариш учун сарфланадиган вақтга тесқари пропорционал, $\{D\} = \{1/T\}$ - сўровларни бажариш учун сарфланадиган вақт қанча кам бўлса, белгиланган вақт оралиғида кўпроқ сўровларга хизмат кўрсатилади, бу ўз навбатида ТБММ даромадини ошишига олиб келади.

Диссертациянинг **“Ҳисоблаш эксперименти натижаларини таҳлиллаш ва уларни ривожлантириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш”** деб номланган тўртинчи боби ТБММ марказининг инфратузилмасини шакллантириш ва ресурсларини тақдим этиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий таъминотни тавсифлаш, ҳисоблаш эксперименти натижаларини таҳлиллаш ва тадқиқот ишини ривожлантириш бўйича таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқишга бағишланган.

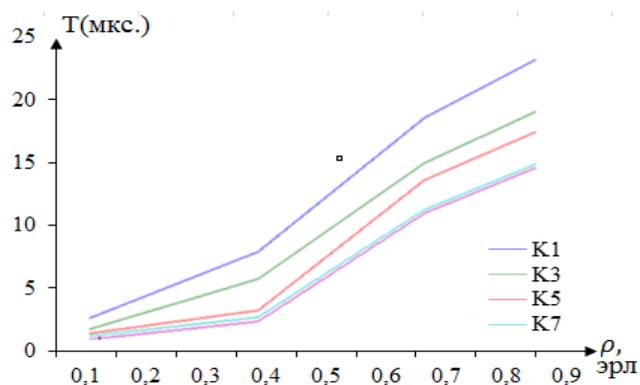
Дастур модуллардан таркиб топган бўлиб, бир нечта тизимостилардан иборат. Унинг негизида 12 та АБММ, 13 та коммутатор, 16 та алоқа канали, ДҚТ контроллери ва коммутаторлар орасидаги 13 та ҳимояланган алоқа каналларидан таркиб топган ТБММ тармоғининг шакллантирилган (4-расмга қаранг). Булут контроллери (БК) ва ДҚТ контроллери (К_{ДҚТ}) 7 чи автоном булутли маълумот маркази таркибига ўрнатилган, 12 та АБММ лари 11 та



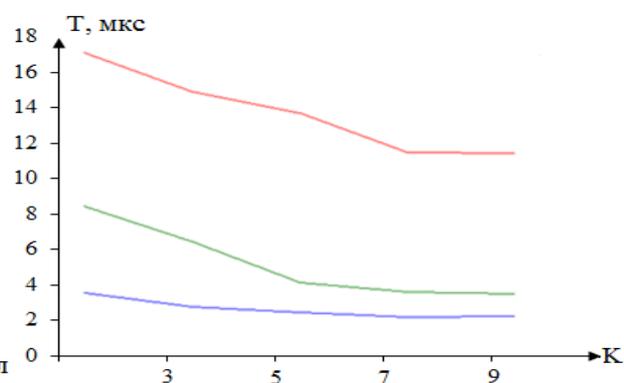
4 – расм. ТБММ телекоммуникация тармоғининг тузилмаси.

коммутаторга уланган ҳамда иккита коммутаторга (10, 11 сегментлардаги) фақат фойдаланувчи терминаллари уланган.

Ҳар бир коммутаторга фойдаланувчи терминалларидан ташқи трафик оқимлари тушади. Агар талаб этилган ресурс коммутаторга уланган автоном булутли маълумот марказида мавжуд бўлмаса, сўров марказий бошқарув тизимига йўналтирилади, 10, 11-коммутаторларга фақат фойдаланувчи терминаллари боғланганлиги туфайли, уларнинг киришидаги трафик оқимлари тўғридан-тўғри марказий бошқарув тизимига узатилади. 5-расмда ТБММ сўровларини ҳар хил категориялар шароитида бажарилиши учун сарфланадиган вақтнинг юкланганлик даражасига боғлиқлик ҳолати тасвирланган. ТБММ нинг юкланганлик даражаси ҳар хил (ρ_1, ρ_2, ρ_3) бўлганида категориялар сони ошиши оқибатида T нинг қийматини камайиш даражаси 6-расмда келтирилган.

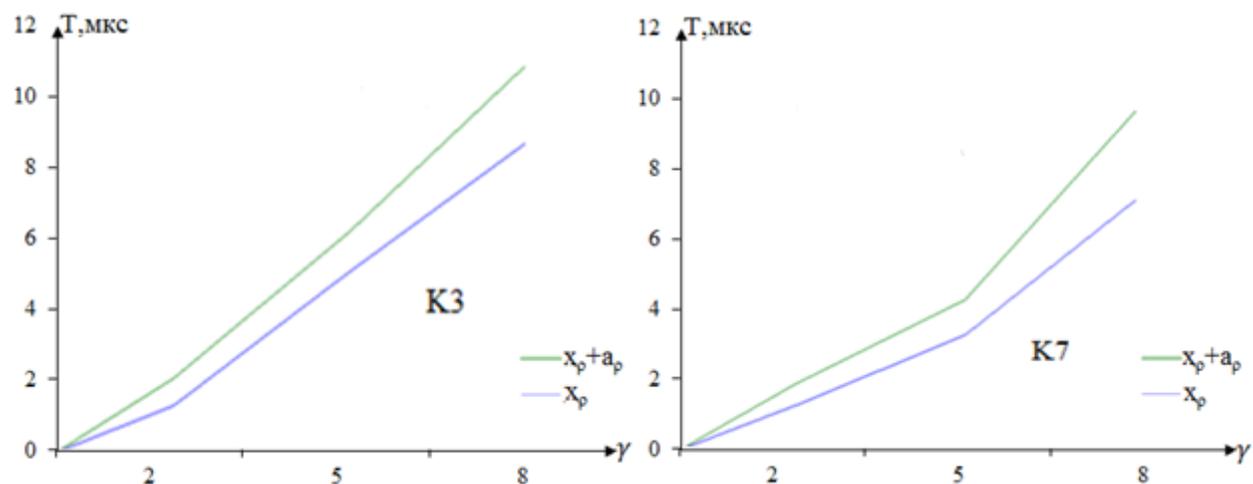


5-расм. ТБММ ҳисоблаш ресурсларини тақдим этиш $T=F(\rho)$ диаграммаси



6-расм. Сўровлар бажарилишини категорияларга боғлиқлигини $T=F(k)$ кўрсатадиган диаграмма.

ТБММ ҳисоблаш ва ахборот ресурсларига келган сўровларга хизмат кўрсатиш учун сарфланадиган вақтга боғлиқлик ҳолати 7-расмда келтирилган.



$x_p + a_p$ – ТБММ ҳисоблаш ва ахборот сўровларига хизмат кўрсатилади;
 x_p – ТБММ фақат ҳисоблаш сўровларига хизмат кўрсатилади.

7-расм. ТБММ ҳисоблаш ва ахборот ресурсларини тақдим этиш $T=F(x_p, a_p)$ диаграммаси.

Ўтказилган тажриба-синов натижаларининг таҳлили, шакллантирилган ТБММ инфратузилмасининг ресурсларини $K=7$ га негизда виртуаллаштириш ва тақдим этиш мақсадга мувофиқ бўлади, деган хулосага олиб келди. Диссертацияда тадқиқот натижаларини ривожлантириш бўйича таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқилган.

ХУЛОСА

“Тақсимланган булутли маълумот марказининг инфратузилмасини шакллантириш ҳамда ресурсларини тақдим этиш модел ва алгоритмлари” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Тақсимланган булутли маълумот марказида виртуал ресурсларни шакллантириш, марказий бошқарув тизими ёрдамида кенг доирадаги фойдаланувчиларга тақдим этишнинг усул, модел ва алгоритмлари яратилди;

2. Тақсимланган булутли маълумот маркази таркибий қисмлари хусусиятларини ҳисобга олувчи концептуал модел ишлаб чиқилган;

3. Тақсимланган булутли маълумот маркази телекоммуникация тармоғи топологик тузилмаси шакллантирилишининг граф назариясига асосланган усули яратилди;

4. Маълумот марказининг турли нуқталардаги серверларига олдиндан чекланган қувватлардаги виртуал ҳисоблаш ресурсларини жойлаштириш усули ишлаб чиқилди, натижада ресурсларни шакллантириш ва тақдим этиш вақти 10-11 % гача камашийга, тармоқ ичида маълумот узатиш тезлиги 11-12 % оширишгача эришилди;

5. Тақсимланган булутли маълумот маркази сегментларида ахборот сақлаш жараёнларининг ишончилигини ошириш имконини берувчи, репликация усули асосида хотира омборларига жойлаштириш алгоритми ишлаб чиқилди натижада марказ ресурсларидан фойдаланиш самарадорлиги 1.12 марта унумли фойдаланишга эришилган;

6. Тақсимланган булутли маълумот марказининг дислокацияланган ресурсларини тақдим этиш жараёнларининг оптималлаштириш ҳамда тақсимланган булутли маълумот маркази сўровларига минимал вақтда хизмат кўрсатиш модел ва алгоритмлари ишлаб чиқилди натижада фойдаланувчиларнинг сўровларини тақсимланган булутли маълумот марказида бўлиш вақтини 9-11 % гача камайишга эришилди.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

АБДУЛЛАЕВ МИРЖАМОЛ МИРКАМИЛОВИЧ

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ
РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОБЛАЧНОГО ДАТА ЦЕНТРА И
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЕЁ РЕСУРСОВ**

**05.04.01 – Телекоммуникационные и компьютерные системы, сети и устройства
телекоммуникации. Распределение информации**

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.4.PhD/T2392.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Хужаматов Халимжон Эргашевич доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент
Официальные оппоненты:	Сагатов Миразиз Варисович доктор технических наук (DSc), профессор Парсиев Саидахат Солиходжаевич доктор технических наук (DSc), доцент
Ведущая организация:	Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится « 8 » июля 2022 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.30/12.2019.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. (зарегистрировано № 245). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-44).

Автореферат диссертации разослан « 27 » июня 2022 года.
(протокол рассылки № 4 от « 25 » июня 2022 года)



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

Э.Ш. Назирова
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в условиях стремительного развития инфокоммуникационных и облачных вычислительных технологий большое внимание уделяется эффективному распределению вычислительных ресурсов и ресурсов памяти центров обработки данных, расположенных в разных географических точках. В этом направлении особое внимание уделяется формированию сетевой структуры распределенного облачного центра обработки данных, развертыванию информационных и виртуальных вычислительных ресурсов на базе физических мощностей, разработке методов, программно-аппаратных средств для их предоставления в централизованной сети в соответствии со спросом. В связи с этим, одной из важнейших задач является построение инфраструктуры и ресурсов распределенного облачного центра обработки данных в развитых странах, в частности, в США, государствах-членах Европейского Союза, Индии, Канаде и Российской Федерации.

В мире ведется ряд научных исследований по разработке моделей, методов и алгоритмов снижения задержек при передаче и обработке информации в глобальных телекоммуникационных сетях. В этой области особое внимание уделяется разработке модели централизованного управления дислоцированными ресурсами распределенного облачного центра обработки данных, метода создания топологической структуры программно-конфигурируемой сети посредством теории графов и алгоритмов распределения данных по сегментам памяти путем репликации информационных ресурсов. При этом актуальными являются вопросы разработки алгоритмов и программного обеспечения для эффективного обслуживания запросов пользователей за счет предварительного предоставления ресурсов распределенного облачного центра обработки данных.

В Республике проводилось и ведется множество научных исследований по новым подходам к повышению эффективности центров обработки данных, сокращению времени обработки запросов в дата центрах, в том числе хранения, высокоскоростной и качественной обработки, передачи различных видов и объемов информации средствами информационно-коммуникационных технологий. Указом Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 года № ПФ-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации» определены такие задачи, как «.. изучение и применение на практике возможностей... анализа больших данных и облачного вычисления»¹. Реализация данных задач, в частности, обработка различных видов и объемов информации в автономных облачных дата центрах распределенного облачного дата центра, качественная обработка передача данных в телекоммуникационную сеть.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 года № УП-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации»

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 19 февраля 2018 года №УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 28 апреля 2020 года №ПП-4699 «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства», а также другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Диссертация выполнена в рамках приоритетных направлений развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Инфраструктура хранения данных в распределенных облачных дата центрах поддерживает различные уровни по хранению и представлению данных пользователям и формирует новую архитектуру территориально распределенных систем хранения данных. Множество исследований посвящено созданию инфраструктуры облачного дата центра обработки и хранения данных, изучению показателей, определяющих их эффективность, проводятся обширные исследования по изучению и оценке параметров, характеризующих образование, эффективность и функциональность ресурсов.

В научных работах таких ученых как A.S.Tanenbaum², A.В.Бобченков³, A.И.Воробьев⁴, A.С.Ворожцов, Н.В.Тутова⁵, В.И.Волчихин⁶, J.Fortes⁷, Т.Н.Нишанбаев⁸, У.Б.Амирсаидов, Н.Б.Усманова⁹, Х.Э.Хужаматов¹⁰ и других

² Tanenbaum A.S. Distributed Systems // 3rd edition. Version 3.02. — CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. — 596 p.

³ Бобченков А.В. Разработка модели и методов управления ресурсами в виртуальных организациях распределенных вычислительных сред // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность: 05.13.15 - Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети. Москва, 2011.

⁴ Воробьев А. И. Модели и методы повышения эффективности предоставления информационных услуг в центрах обработки данных // Специальность: 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (технические системы). Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург – 2012.

⁵ Ворожцов А.С., Тутова Н.В., Тутов А.В. Оценка производительности облачных центров обработки данных //Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. –№5. – С.69-71.

⁶ Волчихин В. И., Зинкин С. А., Карамышева Н. С. Организация функционирования облачно-сетевых распределенных вычислительных систем с архитектурой «агенты как сервисы» Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2019. – № 4 (52). – С. 27–50. – DOI 10.21685/2072-3059-2019-4-3.

⁷ Xu J., Fortes J. Multi-objective Virtual Machine Placement in Virtualized Data Center Environments. Proceedings of the Green Computing and Communications (GreenCom), 2010 IEEE/ACM Int'l Conference on & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom), Hangzhou, 18–20 December 2010. IEEE, 2010. Pp. 179–188.

⁸ Нишанбаев Т.Н. Метод размещения облачных серверов в Cloud-дата центре с распределенной структурой // «Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар, технологиялар, ечимлар» журнали. -№4(44). Тошкент-2017. -С.28-33. ISSN 2010-510X.

рассматриваются различные аспекты анализа показателей эффективности дата центров с распределенной структурой, предлагаются методы и модели анализа и оценки процессов управления и представления ее ресурсов.

Результаты проведенного анализа показывают, что вопросы формирования структуры сети дата центров с распределенной структурой, формирование и размещение информационных и виртуальных вычислительных ресурсов с учетом физических мощностей, их централизованное представление в сетевой среде, появление других проблем и задач по повышению качественных показателей, разработка и внедрение новых методов, моделей и алгоритмов, определяющих эффективность распределенных облачных дата центров, изучены недостаточно.

Связь темы диссертации с научными исследованиями организаций высшего образования, где выполнена диссертационная работа. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий в рамках проектов: №Ф-484-14 «Разработка способов предоставления сетевых ресурсов следующего поколения на основе сервисно-ориентированных архитектурных методов» (2014-2015), №Ф-635-16 «Решение задачи моделирования и оптимизации облачных дата центров на базе программно-конфигурируемой сети» (2016-2017), №А-5-018 «Разработка и исследование модели оптимального представления дислоцированных ресурсов сложной структурно-распределенной системы на основе сервисно-ориентированной архитектуры» (2016-2017).

Целью исследования является формирование инфраструктуры и разработка методов и алгоритмов ресурсообеспечения для повышения эффективности работы структуры распределенного облачного дата центра.

Задачи исследования:

анализ процесса и модели формирования распределенного облачного дата центра;

разработка метода формирования топологической структуры телекоммуникационной сети, в которой осуществляется программная конфигурация структуры распределенного облачного дата центра;

разработка методов и алгоритмов формирования структуры виртуального вычисления и информационных ресурсов распределенного облачного дата центра, размещения их в сегментах памяти;

разработка программного обеспечения, представляющего вычислительные и информационные ресурсы распределенного облачного дата центра.

Объектом исследования является распределенный облачный центр обработки и хранения данных.

⁹ Амирсайдов У.Б., Усманова Н.Б. Облачная инфраструктура инфокоммуникационной сети: особенности моделирования. Вестник науки и образования, № 4(28) 2017.

¹⁰ Khujamatov Kh.E., Abdullayev M.M. Conceptual Model of Distributed Resources of a Cloud Data Center Based on a Software-Defined Network // "International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology". Vol. 8, Issue 11 , November 2021. -P. 18498-18504

Предметом исследования – процессы управления, распределения компонентов и ресурсов распределенного облачного дата центра.

Методами исследования являются теории графов, массового обслуживания, распределения потоков, методы математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана модель централизованного управления распределенными ресурсами облачного центра обработки данных;

на основе теории графов разработан метод создания топологической структуры программно-конфигурируемой сети распределенного облачного центра обработки данных;

разработан алгоритм распределения данных по областям памяти путем репликации информационных ресурсов распределенного облачного центра обработки данных;

разработан алгоритм эффективного обслуживания запросов пользователей путем предварительного выделения ресурсов распределенного облачного центра обработки данных.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана модель формирования и распределения ресурсов различной физической природы и мощностей инфраструктуры распределенного облачного дата центра, с учетом особенностей запросов;

разработана топологическая структура программно-конфигурируемой сети телекоммуникационного распределенного облачного дата центра;

разработаны методы и алгоритмы формирования виртуальных вычислительных ресурсов распределенного облачного дата центра и их размещения на серверных компьютерах, размещения информационных ресурсов в сегментах памяти на основе репликации;

разработано программное обеспечение распределения потоков запросов облачного дата центра с распределенной структурой с учетом особенностей программно-конфигурируемой сети.

Достоверность результатов исследований определяется моделью формирования инфраструктуры распределенного облачного дата центра, методом создания топологической схемы его телекоммуникационной сети на основе методов математического программирования доминантных множеств теории графов и R-медианных сечений, формированием виртуальных вычислительных ресурсов ограниченной мощности, размещением их на серверных компьютерах в различных точках, выполнением задач установки информационных ресурсов на диски памяти на основе репликации соответствующих разделов математики, созданием алгоритмов и программного обеспечения для распределения запросов между ресурсами распределенного облачного дата центра, анализом полученных результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется созданием структуры распределенного облачного дата центра с помощью программно-

конфигурируемой сети, формированием и размещением вычислительных и информационных ресурсов, разработкой модели, методов и алгоритмов распределения запросов на основе хранения потоков с учетом степени загруженности компонентов распределенного облачного дата центра, созданием возможности системного исследования инфраструктуры распределенного облачного дата центра.

Практическая значимость результатов исследования определяется совершенствованием структуры распределенного облачного дата центра телекоммуникационной сети на основе программно-конфигурируемой сети, интеграцией распределенных виртуальных вычислительных и информационных ресурсов с использованием программно-конфигурируемой сети и организацией централизованного распределения запросов пользователей между компонентами распределенного облачного дата центра.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов по модели и алгоритмам формирования инфраструктуры распределенного облачного дата центра и представления ее ресурсов внедрены:

методы и алгоритмы распределения данных по сегментам памяти путем создания топологической структуры программно-конфигурируемой сети распределенного облачного центра обработки данных и репликации информационных ресурсов на основе теории графов внедрены в деятельность подведомственных предприятий Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности в деятельность Хорезмского филиала АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 23 сентября 2021 года №33-8/6679). В результате научного исследования появилась возможность повышения на 11-12% скорости передачи данных внутри сети;

модель централизованного управления дислоцированными ресурсами распределенного облачного центра обработки данных и алгоритм эффективного обслуживания запросов пользователей за счет предварительного предоставления ресурсов распределенного облачного центра обработки данных внедрена в деятельность подведомственных предприятий Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности, в ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 23 сентября 2021 года №33-8/6679). В результате научного исследования появилась возможность сократить на 9-11% время проведения запросов пользователей в распределенном облачном центре обработки данных;

эффективное программное обеспечение по запросам пользователей за счет предварительного предоставления ресурсов распределенного облачного центра обработки данных внедрено в деятельность подведомственных предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и

коммуникаций, в частности, в ООО «New Line Solutions» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 23 сентября 2021 года №33-8/6679). В результате научных исследований эффективность использования ресурсов увеличилась на 10-11%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований апробированы и обсуждены на 18 международных, 9 республиканских научно-практических конференциях и на научных семинарах.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликованы 31 научная работа, в том числе 8 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе в 2 зарубежных, 6 республиканских журналах, получены авторские свидетельства на 3 программных средства для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены внедрение результатов исследования, сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Состояние и перспективы развития ресурсов систем распределенного облачного дата центра**» описаны состояние и перспективы развития представления ресурсов облачных систем дата центров с распределенной структурой, особенности архитектуры и тенденции развития облачных дата центров с распределенной структурой, рассмотрены научные работы, существующие методы и модели распределенных облачных центров обработки и хранения данных (ЦОХД) в области формирования инфраструктуры и представления ресурсов и приведены результаты анализа.

В целях эффективного предоставления пользователям широкого спектра ресурсов и услуг автономного облачного ЦОХД, дислоцированных в разных точках, началось создание структурированного единого облачного центра обработки данных, связывающего их с помощью современных сетевых средств. Базовая концепция распределенного облачного дата центра требует применения принципа распределения на уровне физических ресурсов и принципа централизации на логическом уровне.

С учетом масштаба распределенных облачных дата центров и повышения объема обрабатываемых данных, их создание и развитие становится неизбежным процессом, по результатам анализа работ, посвященных проблемам создания распределенного облачного дата центра (РОДЦ), представлены следующие выводы:

1. Организация виртуальных ресурсов на основе единой централизованной системы управления, объединяющей вычислительные, оперативные и другие ресурсы территориально расположенных автономных облачных дата центров (АОДЦ) на базе телекоммуникационных сетей, представляет собой необратимый процесс, и нужно отметить, что учеными и специалистами проводятся широкомасштабные исследования по разработке новых методов и моделей.

2. Интеграция АОДЦ, расположенных в разных «точках», на базе сети Интернет не приводит к достижению поставленной цели, поскольку ее каналы связи загружены другими типами потоков данных, а пропускная способность значительно ниже скорости систем обработки данных. Поэтому для создания облачных дата центров с распределенной структурой целесообразно создание отдельной высокоскоростной сети передачи данных на базе программно-конфигурируемой сети (ПКС).

3. Решение задачи оптимизации процесса формирования виртуальных ресурсов разной мощности на базе физических ресурсов АОДЦ в РОДЦи размещения их на серверных компьютерах в разных «точках».

4. Решение задачи оптимального распределения ресурсов РОДЦ среди широкого круга пользователей. В этом направлении разработано несколько методов, в которых предложены модели, позволяющие минимизировать время нахождения запроса пользователя в центральных средствах, но они не учитывают время, необходимое для передачи запроса в телекоммуникационную сеть. Время нахождения запроса в РОДЦ представляет собой совокупность времени, необходимого для передачи запроса по сети и его обработки на вычислительном ресурсе.

Учитывая актуальность формирования инфраструктуры РОДЦ с учетом вышеизложенного, а также тот факт, что распределение времени обслуживания по ее компонентам зависит от параметров, характеризующих рациональность системы, в качестве критерия целесообразно принять значение интервала времени, т.е.

$$D = F\{\sum[\{t_{дкт}\} + \{t_{оп}\}]\}, \quad (1)$$

где, $\{t_{дкт}\}$ – среднее значение времени передачи и обработки запроса в средствах ПКС; $\{t_{оп}\}$ – среднее значение времени, необходимое для обработки запроса в ресурсах виртуального вычисления РОДЦ.

Вторая глава диссертации «**Формирование инфраструктуры распределенного облачного дата центра**» посвящена созданию

концептуальной модели и представления ресурсов РОДЦ на основе ПКС и формированию инфраструктуры РОДЦ.

В предоставлении ресурсов и услуг РОДЦ участвуют следующие компоненты: облачный пользователь, центральная система управления РОДЦ, инфраструктура ресурсов РОДЦ, средства телекоммуникационных сетей. В целом, можно прийти к выводу о том, что облачная среда РОДЦ состоит из трех уровней: уровень физических ресурсов, уровень распределения и предоставления ресурсов РОДЦ и уровень предоставления услуг. На основе представленных данных концептуальная модель многоуровневой распределенной инфраструктуры облачного дата центра на основе ПКС представлена на рисунке 1.

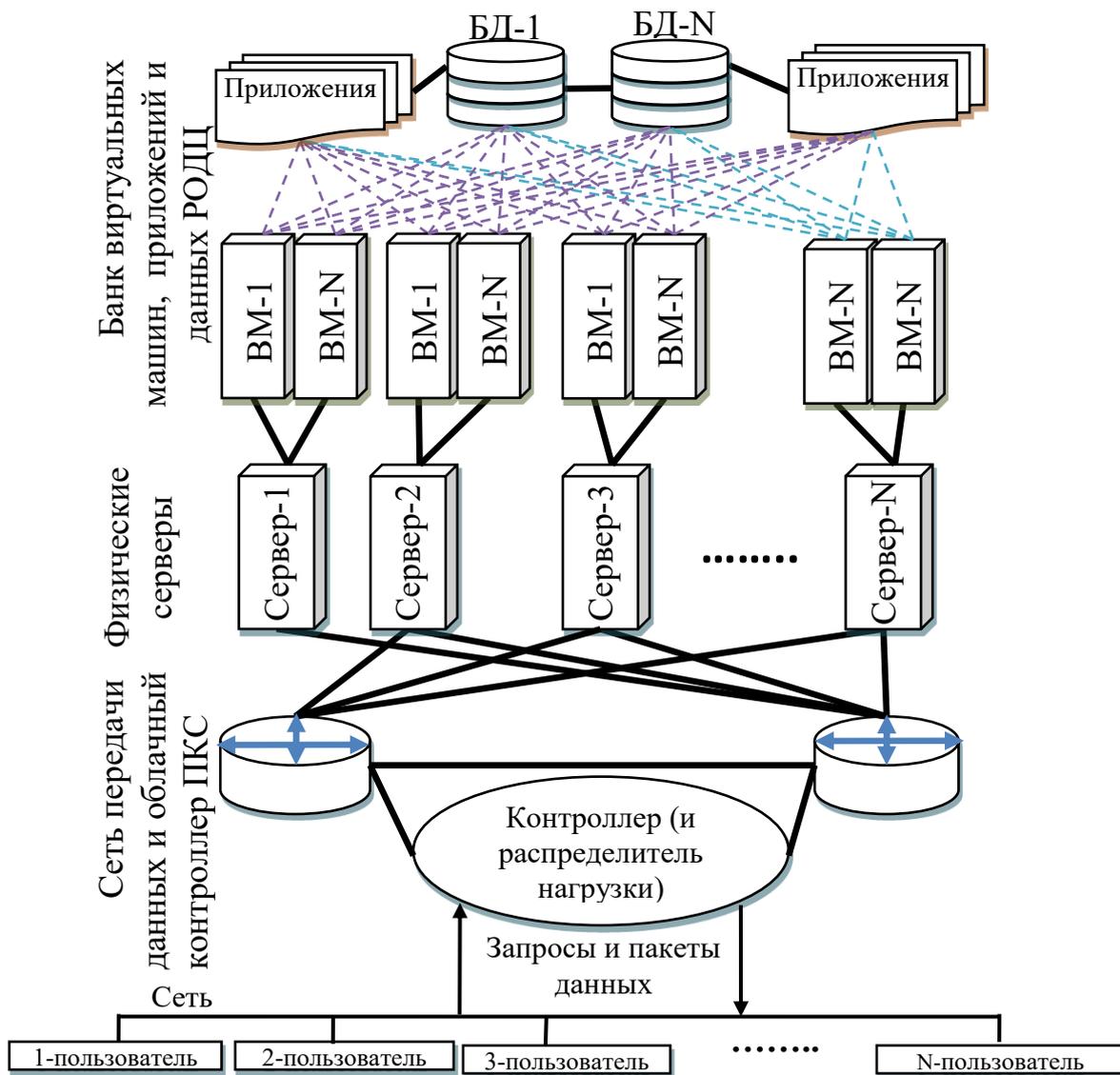


Рис.1. Концептуальная модель РОДЦ на основе ПКС

Концептуальная модель, описывающая основные особенности инфраструктуры РОДЦ, состоит из нескольких компонентов, т.е.

$$\text{РОДЦ} = \{BP, OK, CC, CХД\} \quad (2)$$

где, BP – совокупность вычислительных ресурсов автономных облачных центров, подключенных к соответствующим коммутаторам программно-конфигурируемой сети; ОК – облачный контроллер; СС – совокупность сетевых средств, используемых в топологической сети РОДЦ; СХД – системы хранения данных, подключенные к физическим и виртуальным машинам в сегментах РОДЦ.

Подробно описаны этапы реализации процесса передачи и обработки запросов в сети ПКС. Концептуальная модель может описывать инфраструктуру РОДЦ с различной топологией.

Доход, получаемый на основе действующей инфраструктуры РОДЦ, зависит от значений четырех переменных (структура телекоммуникационной сети (w), мощность виртуальных машин и их размещение на физических компьютерах (k), размещение информации в банках хранения (h) и варианты распределения потока запросов (f)), т.е. приведенные в формуле показатели 4 критериев оптимального формирования инфраструктуры РОДЦ, являются функцией четырех переменных и

$$C_{кан} < C_{кан}^m, \lambda_{ij} \leq \mu_{ij}, e_k \leq \mu_k \quad (3)$$

задача оптимального синтеза инфраструктуры РОДЦ состоит в максимизации значения выпуклой функции четырех дискретных параметров при выполнении следующих ограничений, определяющих стационарное состояние, т.е.

$$D=f\{\vec{w}, \vec{k}, \vec{h}, \vec{f}\} \rightarrow \max$$

$$\vec{w} \in W, \vec{k} \in K, \vec{h} \in H, \vec{f} \in F, \quad (4)$$

где, $C_{кан}$ – капитальные затраты на создание сетевой структуры РОДЦ на основе ПКС; $C_{кан}^m$ – максимальное значение капитальных затрат, выделяемых на создание сети; λ_{ij} – интенсивность потока от нескольких источников в канале связи между коммутаторами (i, j) телекоммуникационной сети РОДЦ; μ_{ij} – интенсивность обслуживания потоков в канале связи между коммутаторами (i, j) телекоммуникационной сети РОДЦ; e_k – интенсивность потока запросов на входе системы обработки k -данных РОДЦ; μ_k – интенсивность обработки запросов системы обработки данных РОДЦ.

В третьей главе «**Разработка методов и алгоритмов формирования инфраструктуры распределенного облачного дата центра и представления ее ресурсов**» описаны процессы создания топологической структуры сети РОДЦ на основе ПКС, формирования и развертывания виртуальных ресурсов, методов и алгоритмов повышения надежности информационных ресурсов и обеспечения ресурсами РОДЦ на базе центральной системы управления (ЦСУ).

Структура телекоммуникационной сети РОДЦ создана на базе метода, основанного на теории графов (доминантные множества и Р-медианные

участки). Медианная точка графа - это точка, в которой сумма расстояний между вершинами в этой точке и вершинами в других точках имеет минимальное значение.

Описано множество (доминирующих) точек, на которых могут располагаться координаты всех автономных облачных дата центров и пользовательских терминалов, а также ПКС-коммутаторов, как общее множество X -вершин неориентированного G -графа со звездообразной структурой. В результате структура сети РОДЦ состоит из звездообразных сетей M , каждая из которых имеет вершину X^M .

Если X_p^M - множество вершин звездообразного графа G (p – число точек, в которых можно разместить коммутаторы в звездообразной m -сети), то число его проводников (сумма расстояний между следующей медианной точкой и другими вершинами) выражается как:

$$\delta^M(X_p^M) = \sum_{X_i \in X^M} d(X_p^M, i) \quad (5)$$

и выражение для множества X_p^M

$$\delta^M\left(\overline{X_p^M}\right) = \min_{X_p^M \in X^M} \left[\delta^M(X_p^M, i) \right] \quad (6)$$

Звездообразная G^m на m -отрезке является P -медианой графа и соответствует оптимальной точке, искомой для размещения коммутатора в звездообразной m -сети.

$d(X_p^M, i)$ - расстояние между медианными вершинами звездообразного графа в сегменте M и его i -вершиной.

Подробно описан предлагаемый метод, на основе которого разработан алгоритм создания на базе ПКС K -узловой топологической структуры РОДЦ и продемонстрирована его эффективность. При этом сначала создается одноузловая структура магистральной сети в сегментах вместе со звездообразными графами, затем формируется K -узловая топологическая структура телекоммуникационной сети РОДЦ.

Следующим важным вопросом формирования инфраструктуры РОДЦ является создание виртуальных ресурсов на базе физических ресурсов автономных центров обработки данных, их размещение в информационных ресурсах серверных компьютеров и систем памяти АОДЦ.

В научной работе предлагается создать K виртуальных серверов мощностью p_k на базе физических компьютеров РОДЦ следующим образом.

1. Рассчитывается суммарная мощность серверных компьютеров РОДЦ - P

$$P = \sum_{s=1}^S \left(\sum_{h=1}^{H_s} p_h \right) \quad (7)$$

где, H_s – количество физических компьютеров в сегменте s ; p_h – мощность физических компьютеров h в сегменте s ; $\sum_{h=1}^{H_s} p_h$ – суммарная мощность физических компьютеров в сегменте s .

2. На основе анализа характеристик запросов пользователей определяется количество категорий виртуальных машин K . Поскольку количество виртуальных машин определенной категории k может быть несколько - q_k , общий вычислительный ресурс РОДЦ выражается следующим образом

$$P = \sum_{k=1}^K (qp)_k \quad (8)$$

где, q_k – количество виртуальных машин с мощностью p_k

3. Рассчитываются мощность и количество виртуальных машин в каждой категории. Сначала определяется мощность виртуальной машины с минимальной мощностью.

$$p_{v,1} = \frac{P}{\sum_{s=1}^s H_s} \quad (9)$$

Мощности создаваемых виртуальных машин формируются в порядке возрастания от минимальной мощности, т.е. $p_1 < p_2 < p_3 \dots p_k$. Для этого составляется следующее уравнение:

$$P = n_1 p_{v,1} + n_2 (p_{v,1} + \Delta) + n_3 (p_{v,1} + 2\Delta) + \dots + n_k [p_{v,1} + (k-1)\Delta] \quad (10)$$

n_k – количество ВМ категории k , значения которых определяются на базе таблицы 1, формируемой на основе нормального распределения случайных чисел. Мощность следующей ВМ формируется добавлением Δ к предыдущей, значение которой определяется решением уравнения (10).

таблица 1

К	1	2	3	...	K_{MK}	$K_{MK} + 1$	$K_{MK} + 2$...	К
n	2	3	4	...	n_m	$n_m - 1$	$n_m - 2$...	2

Результаты таблицы подставляются в уравнение (10) и определяется значение Δ . С ростом категории мощность Δ ВМ увеличивается, но их количество увеличивается до K_{MK} и затем уменьшается.

4. ВМ, формируемые по категориям, устанавливаются с учетом мощности каналов связи телекоммуникационной сети РОДЦ и мощности физических компьютеров сегментов.

В целях обеспечения надежности процессов хранения информации в сегментах РОДЦ и повышения оперативности предоставления информации широкому кругу пользователей был разработан алгоритм их размещения в хранилищах памяти РОДЦ на основе метода репликации (см. рис. 2).

Порядок работы алгоритма размещения в хранилищах памяти РОДЦ на основе метода репликации следующий.

1. Определяются объем информации в хранилищах памяти АОДЦ в пределах РОДЦ, объем «пустых» сегментов в памяти и пропускная способность каналов связи телекоммуникационной сети, интенсивность запросов информации.

2. Рассчитывается уровень загрузки каналов связи и дисков памяти.

3. По результатам 1-го и 2-го операторов определяются точки, в которых выполняется репликация.

4. Выполняется репликация.

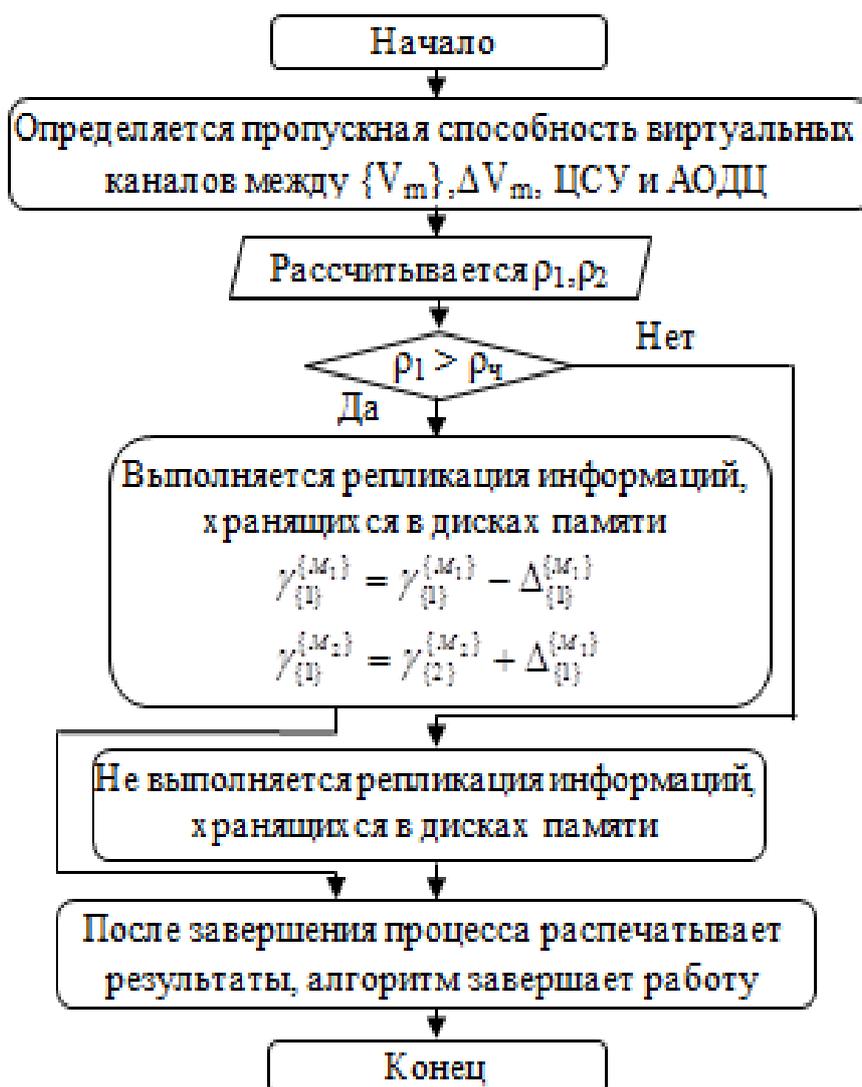


Рис. 2. Алгоритм размещения в хранилищах памяти РОДЦ на основе метода репликации

Задача представления ресурсов инфраструктуры РОДЦ на базе единого ЦСУ выполнена на основе теории трехуровневой сети массового обслуживания (СМО).

ЦСУ является основным средством доступа к ресурсам РОДЦ, формирует очередь запросов в зависимости от требуемых ресурсов и обслуживает их в установленном порядке. Запрос в средствах РОДЦ выполняется в три этапа (см. рис. 3):

- 1) запрос поступает в ЦСУ, определяется, какой ресурс необходим для его выполнения, и находится в пределах РОДЦ;
- 2) запрошенный ресурс передается на указанный адрес по виртуальному каналу, рассчитанному на основе сети ПКС;

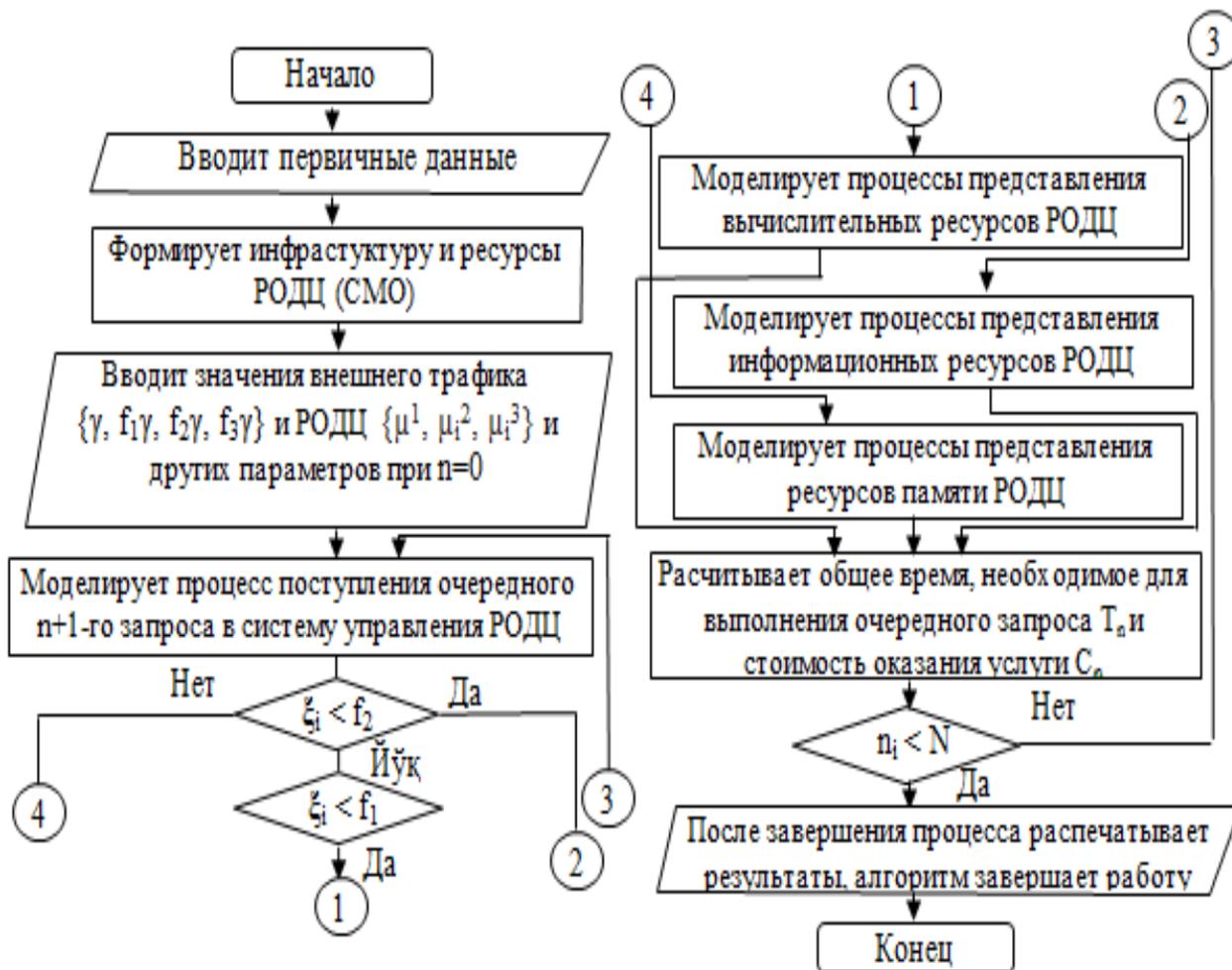


Рис. 3. Алгоритм моделирования процессов формирования и представления ресурсов РОДЦ

3) по запросу предоставляется ресурс. Среднее время, необходимое для выполнения запроса в трехэтапном СМО, равно сумме среднего времени ожидания его в подсистемах и его выполнения, т.е.:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^3 \left[\frac{\rho^i}{1 - \rho^i} \right] = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^3 \left[\frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i} \right] \quad (11)$$

Доход РОДЦ - D обратно пропорционален времени, затрачиваемому на запросы, $\{D\} = \{1/T\}$ - чем меньше времени тратится на запросы, тем больше

запросов обслуживается за указанный период времени, что, в свою очередь, увеличивает доход РОДЦ.

Четвертая глава диссертации «**Анализ результатов вычислительного эксперимента и выработка предложений по их развитию**» посвящена описанию программного обеспечения, разработанного на основе алгоритмов формирования инфраструктуры и представления ресурсов РОДЦ, анализу результатов вычислительных экспериментов и выработке предложений и рекомендаций по развитию исследовательской работы.

Программа состоит из модулей и нескольких подсистем. В ее основе лежит сеть РОДЦ, состоящая из 12 АОДЦ, 13 коммутаторов, 16 каналов связи, контроллера ПКС и 13 защищенных каналов связи между коммутаторами (см. рис. 4). Облачный контроллер (ОК) и контроллер ПКС ($K_{ПКС}$) установлены в структуру автономного облачного дата центра 7, 12 АОДЦ подключены к 11 коммутаторам и два коммутатора (в сегментах 10, 11) подключены только к пользовательским терминалам.

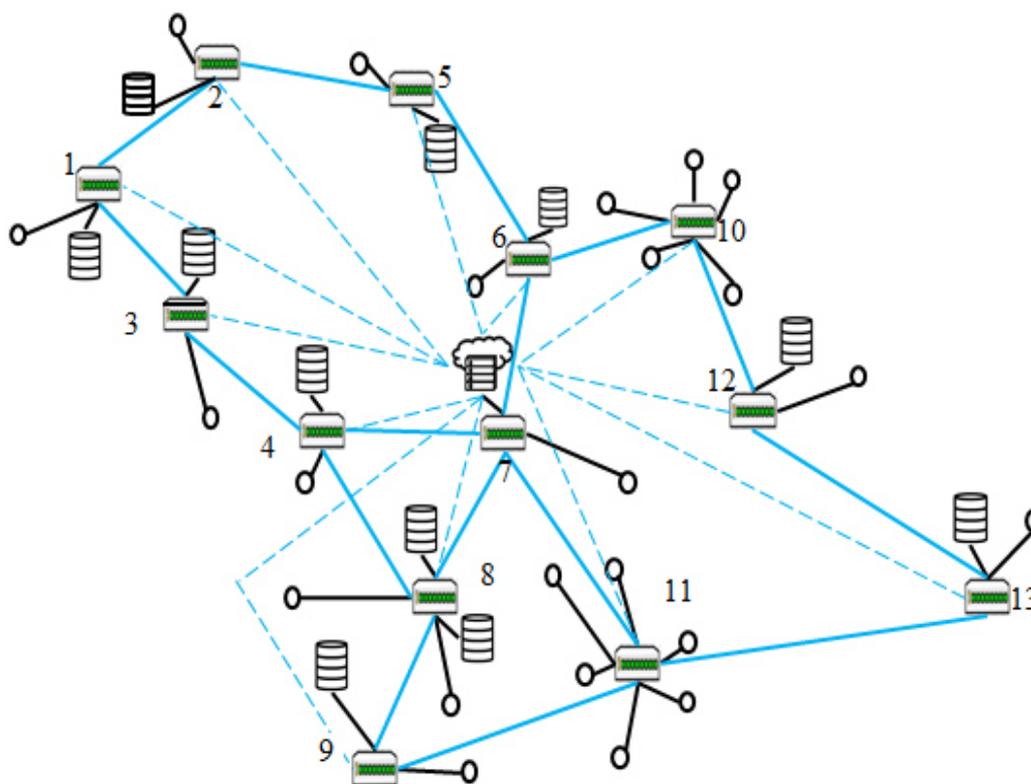


Рис. 4. Структура телекоммуникационной сети РОДЦ

К каждому коммутатору поступает потоки внешнего трафика от пользовательских терминалов. При отсутствии требуемого ресурса в автономном облачном дата центре, подключенном к коммутатору, запрос направляется в центральную систему управления, так как к коммутаторам 10 и 11 подключены только пользовательские терминалы, потоки трафика на входе передаются напрямую в центр системы управления. Рис. 5 иллюстрирует состояние зависимости времени, затрачиваемого на выполнение запросов РОДЦ в разных категориях, от степени загруженности.

На рис. 6 показана скорость снижения значения T за счет увеличения количества категорий при разной степени загруженности РОДЦ (ρ_1, ρ_2, ρ_3).

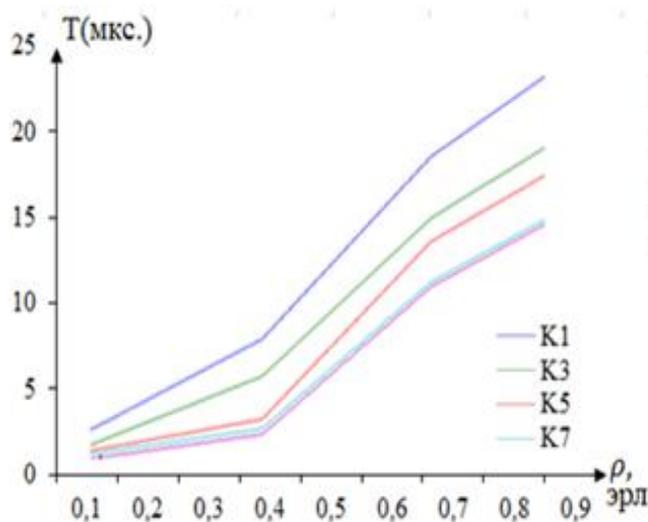


Рис. 5. Диаграмма представления вычислительных ресурсов РОДЦ $T=F(\rho)$

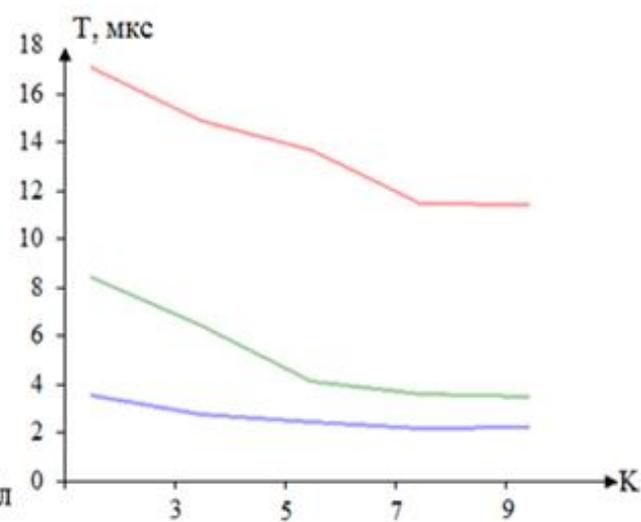
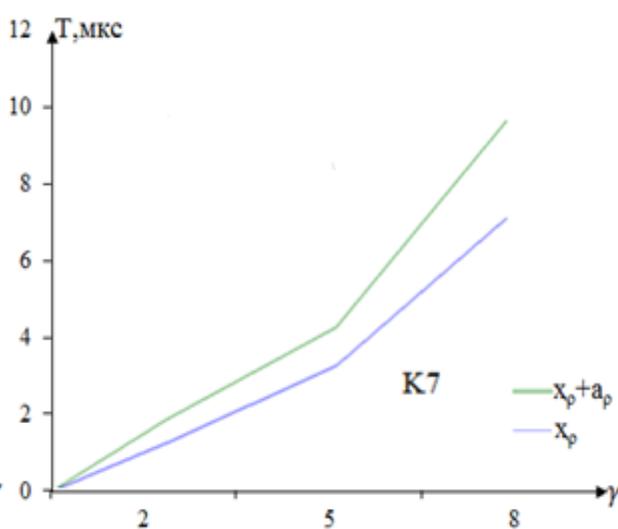
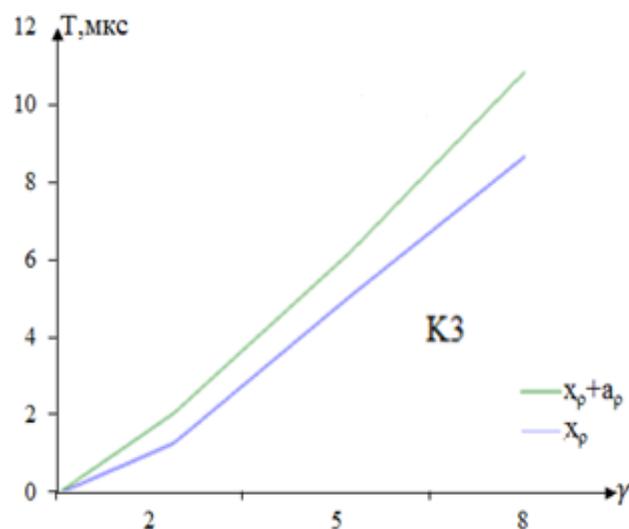


Рис. 6. Диаграмма, отражающая зависимость запросов от категорий $T=F(k)$

РОДЦ на обслуживание запросов, поступающих от вычислительных и информационных ресурсов.



$x_p + a_p$ – обслуживаются вычислительные и информационные запросы РОДЦ;
 x_p – обслуживаются только вычислительные запросы РОДЦ.

Рис. 7. Диаграмма вычисления и представления вычислительных и информационных ресурсов РОДЦ $T=F(x_p, a_p)$

Анализ результатов эксперимента позволил сделать вывод о целесообразности виртуализации и представления ресурсов сформированной инфраструктуры РОДЦ на базе $K = 7$. В диссертации выработаны предложения и рекомендации по развитию результатов исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований диссертации доктора философии (PhD) на тему **«Модели и алгоритмы формирования инфраструктуры распределенного облачного дата центра и представления её ресурсов»** представлены следующие выводы:

1. Разработаны методы, модели и алгоритмы формирования виртуальных ресурсов распределенного облачного дата центра, представления их широкому кругу пользователей с использованием центральной системы управления;

2. Разработана концептуальная модель, учитывающая характеристики компонентов распределенного облачного дата центра;

3. На основе теории графов разработан метод формирования топологической структуры телекоммуникационной сети облачного дата центра с распределенной структурой;

4. Разработан метод размещения виртуальных вычислительных ресурсов ранее ограниченной мощности в разных точках сервера дата центра, в результате чего время формирования и предоставления ресурсов сократилось на 10-11%, скорость передачи данных в пределах сети увеличилась на 11-12%;

5. Разработан алгоритм размещения данных на дисках памяти на основе метода репликации, позволяющий повысить надежность процессов хранения информации в сегментах распределенного облачного дата центра, в результате чего эффективность использования ресурсов центра увеличилась на 1,12 раза;

6. Разработаны модели и алгоритмы для оптимизации процессов предоставления дислоцированных ресурсов распределенного облачного дата центра и обслуживания запросов в облачном дата центре с распределенной структурой за минимальное время, что приводит к сокращению времени нахождения пользователей в облачном дата центре с распределенной структурой на 9-11%.

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

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

ABDULLAEV MIRJAMOL MIRKAMILOVICH

**MODELS AND ALGORITHMS FOR FORMING THE
INFRASTRUCTURE OF A DISTRIBUTED CLOUD DATA CENTER AND
REPRESENTING ITS RESOURCES**

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

**DOCTOR OF PHILOSOPHY TECHNICAL SCIENCES (PhD)
DISSERTATION ABSTRACT**

Tashkent – 2022

The topic of the dissertation of a doctor of philosophy in technical sciences (PhD) was registered by the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.4.PhD/T2502.

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: **Khujamatov Halimjon Ergashovich**
Doctor of Philosophy of Technical Sciences (PhD),
Associate Professor

Official opponents: **Sagatov Miraziz Varisovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Parsiyev Saydiyaxad Solixodjaevich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization: **Tashkent state transport university**

The defense of the thesis will held on June « 8 », 2022 year at 12⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at the Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, 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 Resource of Tashkent University of Information Technologies. (registration number № 245). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street., 108. Tel.: (99871) 238-65-44).

The abstract of dissertation is distributed on « 27 » June 2022.
(protocol at the register № 4, on « 25 » June 2022).



B.Sh. Makhkamov
Deputy of Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of economic sciences, Professor

E.Sh. Nazirova
Scientific secretary of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

M.M. Mukhitdinov
Deputy of Chairman of the Academic Seminar at the Scientific
Council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to form the infrastructure and develop methods and algorithms for resource provision to improve the efficiency of the structure of a distributed cloud data center.

The object of the research work is a distributed cloud data processing and storage center.

The scientific novelty of the research work are as follows:

a model for centralized management of distributed resources of a cloud data center was developed;

on the basis of graph theory, a method has been developed for creating a topological structure of a software-defined network of a distributed cloud data processing center;

an algorithm for distributing data across memory areas was developed by replicating information resources of a distributed cloud data center;

an algorithm for efficient servicing of user requests has been developed by pre-allocation of resources of a distributed cloud data center.

Implementation of research results.

Based on the results obtained on the model and algorithms for forming the infrastructure of a distributed cloud data center and presenting its resources, the following were introduced:

methods and algorithms for distributing data across memory segments by creating a topological structure of a software-defined network of a distributed cloud data processing center and replicating information resources based on graph theory have been introduced into the activities of subordinate enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, in particular, into the activities of the Khorezm branch of the AC "Uzbektelecom" (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications dated September 23, 2021 No. 33-8 / 6679). As a result of scientific research, it became possible to increase the data transfer rate within the network by 11-12%;

a model for centralized management of deployed resources of a distributed cloud data center and an algorithm for effectively servicing user requests through the preliminary provision of resources of a distributed cloud data center has been introduced into the activities of subordinate enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, in particular, in the State Unitary Enterprise "Republican Telecommunications Network Control Center" Uzbekistan" (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications dated September 23, 2021 No. 33-8 / 6679). As a result of scientific research, it became possible to reduce the time for conducting user requests in a distributed cloud data center by 9-11%;

effective software at the request of users through the preliminary provision of resources of a distributed cloud data processing center has been introduced into the activities of subordinate enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, in particular, in New Line

Solutions LLC (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications dated 23 September 2021 No. 33-8/6679). As a result of scientific research, the efficiency of resource use has increased by 10-11%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Khujamatov Kh.E., Abdullayev M.M. Conceptual Model of Distributed Resources of a Cloud Data Center Based on a Software-Defined Network // “International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology”. Vol. 8, Issue 11 , November 2021. -P. 18498-18504. (05.00.00; №8).

2. Abdullayev M.M. Algorithm for Improving the Reliability of Information Resources of the Distributed Cloud Data Center // “International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology”. Vol. 8, Issue 9, September 2021. -6p. (05.00.00; №8).

3. Нишанбаев Т.Н., Маткурбонов Д.М., Абдулаев М.М. Метод построения топологической структуры уровня доступа инфокоммуникационной сети с распределенной структурой // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy – amaliy va axborot – tahliliy jurnali. -№3 (5). Toshkent-2018. -С.71-76. (05.00.00; №10).

4. Нишанбаев Т., Махмудов С.О., Абдуллаев М.М. Формирование и размещение виртуальных серверов в cloud-дата центре с распределенной структурой // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. №1(3) – сон 2018 йил, 72-77 бетлар. (05.00.00; №10).

5. Нишанбаев Т.Н., Абдулаев М.М. Формализация задачи оптимального проектирования сетей следующего поколения // “Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар, технологиялар, ечимлар” журнали, №1(29), Тошкент, 2014 йил. - С.8-12. (05.00.00; №2).

6. Nishanbayev T.N., Abdullayev M.M. Evaluating the effectiveness of a software-defined cloud data center with a distributed structure // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020, Tashkent, Uzbekistan – 2020. Раёсат қарори №287/9 (30.10.2020 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

7. Nishanbayev T.N., Abdullayev M.M., Mahmudov S.O. The model of forming the structure of the “cloud” data center // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) Applications, Trends and Opportunities, 4th, 5th and 6th of November 2019, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

8. Nishanbayev T.N., Mahmudov S.O., Abdullayev M.M. Distribution Model Of Heterogeneous Flow In A Software-Defined Multiservice Network // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) Applications, Trends and Opportunities, 4th, 5th and 6th of November 2019, Tashkent, Uzbekistan. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.)

билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

II бўлим (Часть II; Part II)

9. Хужаматов Х.Э., Абдулаев М.М. Булутли маълумот қайта ишлаш марказларининг самародорлигини баҳолаш // “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va AT-ta’lim tatbiqi muammolari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani ma’ruzalar to’plami. 1-tom. Samarqand-2021. -B. 145-147.

10. Khujamatov Kh.E., Abdullayev M.M. A method to create virtual computing resources for a distributed cloud data center // The IX International Science Conference «Problems and tasks of modern science and practice», Bordeaux, France, 2021. – P.478-480.

11. Нишонбоев Т.Н., Абдулаев М.М., Дадамухамедов А.И. Таксимланган булутли маълумот маркази ахборот ресурсларини такдим этиш алгоритми // “Иқтисодиёт тармоқларининг инновацион ривожланишида Ахборот - коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами, 1-қисм, Тошкент, 2021 й. -Б. 251-253.

12. Абдулаев М.М. Булутли маълумот қайта ишлаш марказларининг тузилмасини шакллантириш буйича таклифлар // “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида Ахборот - коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами, Тошкент, 2020 й. -Б. 235-238.

13. Нишанбаев Т.Н., Махмудов С.О., Абдулаев М.М., Уткуров Ж.Б. Оценка эффективности применения многопоточковой маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях // В тр. XXV Международная научно-технической конференции «Современные Средства Связи» 22 – 23 октября 2020 г. Минск, Республика Беларусь. -С.123-125.

14. Абдулаев М.М. Булут маълумотларни қайта ишлаш марказлари ресурсларини виртуаллаштириш // “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожлантиришда Ахборот -коммуникация технологиялари аҳамияти” Республика илмий-техник конференцияси, Тошкент, 14-15-апрел, 2019. – С. 92-93 бетлар.

15. Нишанбаев Т.Н., Абдулаев М.М., Махмудов С.О. Распределение запросов внешнего трафика по виртуальным серверам cloud-дата центра // «Надежность функционирования и информационная безопасность инфокоммуникационных, телекоммуникационных и радиотехнических сетей и систем» Материалы всероссийской научно-технической конференции. Омск- Минск-2019. -С.206-212.

16. Nishanbayev T. N., Mahmudov S.O., Abdullayev M.M. Distribution of external traffic by virtual servers of cloud-data center with distributed structure // Proceedings Tenth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2018. Tashkent, Uzbekistan-2018. –P. 122-124.

17. Nishanbayev T. N., Mahmudov S.O., Abdullayev M.M. Formalization of

the Task of Building a Cloud-data Center based on a Software-Defined Network // 2018 14th international scientific-technical conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) 44894 proceedings. In 8 Volumes Volume 1 Part 3. Novosibirsk-2018. -P. 251-254 (**Scopus базасида**).

18. Nishanbayev T. N., Abdullayev M.M., Matkurbonov D.M. Method for Constructing the Topological Structure of an Access Network with a Distributed Structure // *Advances in Networks*. 2018; 6(1):14-20.

19. Абдулаев М.М., Маликов Х.Х. Булутли ҳисоблаш технологиясида ахборот хавфсизлиги таҳдидлар // “Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот – коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами, 3-қисм, Тошкент, 2017 й. -Б. 260-261.

20. Абдулаев М.М., Балтаев Ж.Б., Маликов Х.Х. ОТМ таълим жараёнини ташкил қилишда булутли технологиядан фойдаланиш // *Международный научный журнал “ИНТЕРНАУКА” №1 (23)/2017*, 1т. г. Киев. -Б. 86-88.

21. Abdullayev M.M. Dasturiy konfiguratsiyalanadigan tarmoq texnologiyasi, uning afzallik va kamchiliklari // “Harbiy-lokal tarmoqlar texnologiyalari, ularni qo’llash va himoyalash usullari, ax-borot xavfsizligini ta’minlash”, Respublika ilmiy-amaliy konferensiya material-lari to’plami, Toshkent, 2016 y. -B. 57-58.

22. Нишанбаев Т.Н., Абдулаев М.М. Формирование в гетерогенной среде виртуального вычислительного ресурса // X международная отраслевая научно-техническая конференция “Технологии информационного общества” Сборник трудов. Москва, 2016 г. -С.240.

23. Nishanbayev T.N., Abdullayev M.M. Provision of dispersed resources and services of the company based on service-oriented corporate information system // “International Conference in central Asia on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2016”, Tashkent, 2016 y. (**Scopus базасида**).

24. Абдулаев М.М. Дастрий конфигурацияли тармоқ мисолида замонавий тармоқ технологияларининг ривожланиш тенденцияларини таҳлил қилиш // *Научные труды республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте»*, 14-15 декабря 2015г. Ташкент. – С. 185-187.

25. Nishanbayev T.N., Abdullayev M.M. Problems of the distributed systems in infocommunication media network with complex structure // “Perspectives for the development of information technologies. ИТРА-2015”, Tashkent, 2015 y. -P. 365-368.

26. Нишонбаев Т.Н., Абдулаев М.М. Ахборот – коммуникация тармоқларида ҳар хил турдаги ахборот оқимларини тақсимлаш алгоритми // “Radiotekhnika, telekommunikatsiya va axborot texnologiyalari: muammolari va kelajak rivoji” xalqaro ilmiy – texnik konferensiya maqolalar to’plami, 1-tom, Toshkent, 2015 yil. -Б. 434-436.

27. Нишонбаев Т.Т., Абдулаев М.М. Тақсимланган структура

кўринишли ахборот коммуникация тармоғининг топологиясини куриш алгоритми // “Олий ўқув юртлари профессор-ўқитувчиларнинг илмий ишлар тўплами”, ТДТУ, Тошкент, 2015 йил. Б. 220 – 223.

28. Нишонбаев Т.Т., Абдулаев М.М. Распределение разнородных потоков в инфокоммуникационных сетях // “Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари” Республика илмий – техник конференцияси маърузалар тўплами, 3 қисм, Тошкент, 2013 йил. -С. 56 – 58.

29. Нишанбаев Т.Н., Бегматов Ш.А., Abdullayev M.M. Tarmoq tuzilmasi // O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 05123. 13.03.2018.

30. Xujamatov X.E., Abdullayev M.M., Mahmudov S.O. Taqsimlangan bulutli ma'lumot markazining virtual hisoblash resurslarini shakllantirish algoritmining dasturiy ta'minoti // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 13245. 25.11.2021.

31. Xujamatov X.E., Abdullayev M.M., Mahmudov S.O. Taqsimlangan bulutli ma'lumot markazi axborot resurslarining ishonchligini oshirish algoritmining dasturiy ta'minoti// O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma №DGU 13246. 25.11.2021

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали
тахририяда таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тиллари матнларни
мослиги текширилди (20.06.2022 й.).

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 50/22.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.