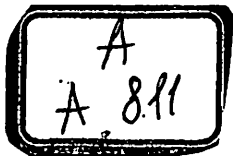


**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



АРИПОВ ЖАХОНГИР АБДУХАКИМОВИЧ

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

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

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

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

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

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

Арипов Жахонгир Абдухакимович Модели и алгоритмы обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных.....	3
Aripov Jaxongir Abduxakimovich Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining	21
ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ обозначенного здесь срока	39
.....	43

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

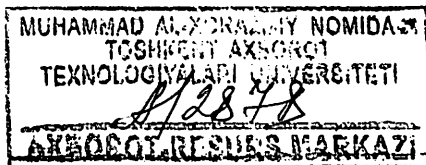
**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

АРИПОВ ЖАХОНГИР АБДУХАКИМОВИЧ

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

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

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



Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.4.PhD/Т3691.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

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

Научный руководитель: Давронбеков Дилмурод Абдужалилович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Парнев Сайдирахат Солхиджаевич
доктор технических наук, доцент

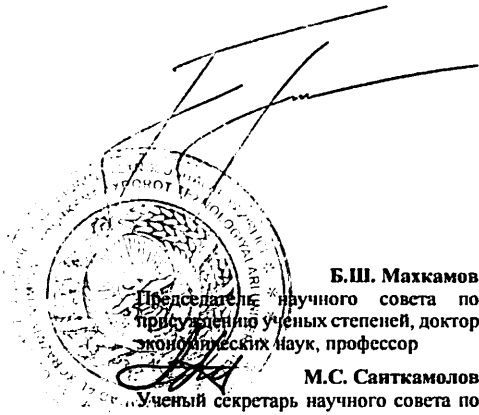
Исаев Рихси
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ»

Защита диссертации состоится 25 04 2024 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-15; e-mail: info@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразми (регистрационный номер № 305). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-15).

Автореферат диссертации разослан « 13 » 04 2024 года.
(протокол рассылки № 8 от « 13 » 04 2024 г.).



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

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

У.Б. Амирсаидов
Заместитель председателя научного
семинара при Научном совете по
присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире активное внедрение и расширение мультимедийных услуг вызывают стремительное развитие сетей передачи данных. Ускоренными темпами растут объём суммарного трафика и скорость передаваемой информации. Современные высокоскоростные сети передачи данных являются сложными объектами с большим количеством оборудования, с каналами связи на основе проводных и беспроводных технологий, сложным программным обеспечением. В таких развитых странах, как США, Китай, Германия, Япония уделяется большое внимание разработке оборудования сетей передачи данных нового поколения, программного обеспечения, входящих в их состав, новых протоколов и технологий обмена данными, которые позволяют увеличить качество и скорость передачи данных, надежность и функциональность сети.

В мире проводятся научные исследования, направленные на разработку эффективных методов и моделей повышения надежности, моделей и алгоритмов оценки надежности высокоскоростных сетей передачи данных. Большое количество работ посвящено разработке моделей и аналитических выражений, созданию алгоритмов и программных комплексов, позволяющих с большой достоверностью рассчитать надежность элементов, узлов, каналов передачи и самих высокоскоростных сетей передачи данных. Рассматриваются также вопросы разработки математического аппарата расчета показателей надежности сетей передачи данных. В этой области одной из востребованных является задача разработки методов, моделей и алгоритмов по обеспечению надежности сетей передачи данных.

В Республике Узбекистан проводится большое количество научных исследований, посвященных формированию новых принципов разработки алгоритмов, методов, моделей оценки, обеспечения и повышения надежности высокоскоростных сетей передачи данных. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены такие цели, как «...охват всех населенных пунктов, социальных объектов и магистральных автомобильных дорог широкополосными сетями путем дальнейшего развития цифровой инфраструктуры ...»¹. Важной задачей при решении поставленных целей, таких как развитие цифровой инфраструктуры является разработка методов, моделей и алгоритмов, которые позволяют обеспечить и повысить надежность высокоскоростных сетей передачи данных.

Данное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-4699 «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства» от 28 апреля 2020 г., Указе №УП-6079 «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации» от 5 октября 2020 г., Указе №УП-5349 «О мерах по

¹Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы» от 28 января 2022 г. (<https://lex.uz/ru/docs/5841077>)

дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций» от 19 февраля 2018 г., в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №699 «О мерах по дальнейшему развитию телекоммуникационной инфраструктуры Республики Узбекистан» от 19 ноября 2021 г., Постановлении №185 «О мерах по дальнейшему улучшению качества услуг связи, информатизации и телекоммуникаций» от 7 марта 2018 г. и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследования в диссертационной работе выполнены в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий.

Степень изученности проблемы. В настоящее время в сфере информационно-коммуникационных технологий уделяется большое внимание разработке телекоммуникационного оборудования нового поколения, сетей передачи данных на их основе, проводится большое количество научных исследований, посвященных диагностике, контролю, обеспечению и повышению их надежности.

В частности, из зарубежных ученых-исследователей в этом направлении работают William Stallings (США), Amit Kumar, Mangey Ram (Индия), Alessandro Birolini (Швейцария), Ilya Gertsbakh, Yoseph Shpungin (Израиль), Minoru Fujishima (Япония), Г.П.Захаров, А.М.Пуртов, А.В.Пуговкин (Россия) и другие.

Также изучению данных проблем посвящены научные труды ученых республики. Так, например, работы Р.Х.Джураева, Ш.Ю.Джаббарова, Ж.Б.Балтаева посвящены разработке эффективных методов, моделей, алгоритмов контроля и диагностики сетей передачи данных и их элементов. Труды Р.Исаева, И.Р.Берганова, Н.Х.Гультураева, А.Ф.Избосарова, У.Б.Амирсаидова, С.С.Парсиева, Н.Б.Усмановой, А.А.Мурадовой посвящены вопросам исследования, оптимизации, методам обеспечения и повышения надежности сетей передачи данных.

Проведенный анализ исследований в области контроля, диагностики и надежности сетей передачи данных показывает, что в работах вышеперечисленных ученых в недостаточной степени изучены вопросы, посвященные разработке методов, моделей и алгоритмов обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием на основе контроля времени и вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов).

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Данная диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы №1506/21Ф «Модели и методы повышения надежности высокоскоростных сетей передачи данных» (2021-2022), выполненной в Ташкентском университете информационных

технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий.

Целью исследования является разработка метода, моделей и алгоритмов обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием.

Задачи исследования:

анализ и исследование особенностей организации, базовых топологий и типовых структур построения, показателей и методов расчета, выбор параметров контроля обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных;

разработка метода, позволяющего определить предотказное состояние в высокоскоростных сетях передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием;

разработка моделей, вычислительных алгоритмов и программ расчета функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) в высокоскоростных сетях передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием;

разработка аналитических моделей, вычислительного алгоритма и программы расчета среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных для случаев идеальной и реальной надежности.

Объектом исследования являются высокоскоростные сети передачи данных и их надежностные показатели.

Предметом исследования являются метод, модели и алгоритмы обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных.

Методы исследования. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе использовались методы теории массового обслуживания, теории вероятностей, теории надежности, имитационного моделирования, введения дополнительного события.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан метод, который на основе контроля среднего времени доставки и вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) позволяет определить предотказное состояние в высокоскоростных сетях передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием;

на основе вероятностной интерпретации преобразований Лапласа-Стилтьеса разработаны модели функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов), позволяющие обеспечить надежность и эффективность сетевой инфраструктуры в высокоскоростных сетях передачи данных;

разработаны аналитические модели среднего времени доставки сообщений (пакетов) сети передачи данных с абсолютным приоритетным обслуживанием, позволяющие определить производительность сети для различного уровня приоритета;

разработаны вычислительные алгоритмы функции распределения вероятности своевременной доставки, среднего времени доставки сообщений

(пакетов) k -го приоритета, позволяющие обеспечить эффективное функционирование сети передачи данных.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны программы расчета среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных для случаев идеальной и реальной надежности;

разработаны программы расчета функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета для случаев идеальной и реальной надежности;

разработана программа расчета зависимости вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) сети передачи данных от старения;

разработана программа имитационного моделирования диагностического контроля в высокоскоростных сетях передачи данных.

Достоверность результатов исследования обосновывается корректной постановкой задачи и подтверждением практических исследований, использованием проверенных методов и алгоритмов анализа, качественной и количественной оценкой исследований и их результатов на основе общепринятых критериев.

Научная и практическая значимость результатов.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке метода, позволяющего определить предотказное состояние сети передачи данных при различных её параметрах, модели системы контроля при беспriorитетном и абсолютном приоритетном обслуживании сообщений (пакетов), вычислительных алгоритмов функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений, среднего времени доставки сообщений k -го приоритета сети передачи данных.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке комплекса программ расчета среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных, функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета при идеальной и реальной надежности, зависимости вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) сети передачи данных от старения, имитационного моделирования диагностического контроля в высокоскоростных сетях передачи данных.

Внедрение результатов исследования. На основе разработанных метода, моделей и алгоритмов обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных:

разработанный метод, позволяющий определить предотказное состояние в высокоскоростных сетях передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием внедрен в подведомственные предприятия Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности в ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ», ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана», СП ООО «East Telecom» в процессы

разработки требований, проведения научно-исследовательских работ по обеспечению и повышению надежности высокоскоростных сетей передачи данных (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/7744 от 6 ноября 2023 г.). В результате появилась возможность выявления и устранения ситуаций с повышенным риском возникновения отказа, что позволит достичь коэффициента готовности сети передачи данных не менее 0,99;

разработанные модели, вычислительные алгоритмы функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) в высокоскоростных сетях передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием внедрены в подведомственные предприятия Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности в ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ», ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана», СП ООО «East Telecom» в процессы исследования, проектирования и эксплуатации сетей передачи данных (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/7744 от 6 ноября 2023 г.). В результате научного исследования появилась возможность определить функцию распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) с погрешностью до 5%, что является достаточным при проведении инженерных расчетов;

разработанные аналитические модели, вычислительный алгоритм среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных внедрены в подведомственные предприятия Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности в ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ», ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана», СП ООО «East Telecom» в процессы проведения научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации сетей передачи данных (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/7744 от 6 ноября 2023 г.). В результате появилась возможность с большой точностью проводить исследования высокоскоростной сети передачи данных при идеальной и реальной надежности;

разработанные программы внедрены в подведомственные предприятия Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности в ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ», ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана», СП ООО «East Telecom» (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан №33-8/7744 от 6 ноября 2023 г.). В результате научного исследования время расчётов надёжностных показателей сети передачи данных сократилось в 1,5-2 раза.

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

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликовано всего 25 научных работ, из них 1 монография, 8 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 в иностранных, 5 в республиканских журналах, 10 тезисов на международных, республиканских научно-технических и научно-практических конференциях, получены 6 свидетельств регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа содержит 118 страниц и состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объекты и предметы исследований, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены внедрения в практику результатов исследований, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Обзор и анализ организации, моделей, показателей надежности высокоскоростных сетей передачи данных» рассмотрены особенности организации, базовые топологии и типовые структуры, определение, показатели и методы расчета надежности высокоскоростных сетей передачи данных, произведены выбор параметров контроля для повышения надежности сетей передачи данных и постановка задачи исследования.

Установлено, что растущие потребности в количестве и скорости передаваемой информации влекут за собой стремительное развитие сетей передачи данных, в которых объем трафика данных растёт бурными темпами. Сети передачи данных являются цифровыми сетями, обеспечивающими транспортировку данных и представляют собой совокупность узлов и каналов телекоммуникаций, специально созданных для организации телекоммуникаций между определенными точками с целью обеспечения передачи данных. Сети передачи данных всё более начинают выполнять задачи универсальной среды, которая обеспечивают передачу данных и между устройствами, и между конечными пользователями.

Выявлено, что при большом количестве способов соединения узлов в сетях передачи данных все они строятся на базе трех основных (базовых) топологий: шина, кольцо и звезда. На практике при построении сетей большого размера используются комбинированные топологии сетей, что обусловлено техническими возможностями организаций линий связи и местами организации узлов сети.

Установлено, что одним из важных свойств, характеризующих высокоскоростные сети передачи данных, является надежность. Надежность сети (системы) передачи данных представляет собой свойство сети (системы) сохранять во времени в установленных пределах значения определенных параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения и технического обслуживания.

Анализ показателей надежности показал, что одним из важных комплексных показателей надежности высокоскоростных сетей передачи данных с коммутацией пакетов является коэффициент готовности (K_G). Коэффициент готовности высокоскоростной сети передачи данных определяет вероятность того, что сеть окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени:

$$K_G = \frac{T_{CP.BP.}}{T_{CP.BP.} + T_B}, \quad (1)$$

где $T_{CP.BP.}$ - среднее время работы между отказами (средняя наработка на отказ); T_B - среднее время восстановления.

Для эффективного управления сетью передачи данных необходимо иметь сведения о техническом состоянии элементов, узлов, каналов связи и других средств передачи данных, входящих в состав сети. Совокупность этих средств передачи данных и являются объектом контроля. На основе анализа предлагается комплексный подход, т.е. в качестве контролируемых параметров высокоскоростной сети передачи данных выбраны среднее время доставки ($T_{Дос}$) и вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов) ($Q_{Дос}$), которые непосредственно зависят от множества факторов. В число таких факторов входят параметры канала, программного обеспечения, оборудования, потока, загрузки системы, принципы управления, эксплуатационная надежность, алгоритмы работы высокоскоростных сетей передачи данных и много других факторов. Поэтому среднее время доставки и вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов) можно задать функционалом:

$$T_{Дос}, Q_{Дос} = f[K_G(d, C), \rho(\lambda, V, C_3, \mu), \nu, Y], \quad (2)$$

где $T_{Дос}$ - среднее время доставки сообщений (пакетов); $Q_{Дос}$ - вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов); K_G - коэффициент готовности сети передачи данных; d - интенсивность восстановления сети; C - интенсивность исправной работы сети; ρ - загрузка сети; λ - интенсивность поступления сообщения (пакета); V - объем сообщения; C_3 - эксплуатационная пропускная способность сети; μ - интенсивность обслуживания сообщения (пакета); ν - интенсивность старения сообщения (пакета); Y - способ (алгоритм) управления сетью.

Применительно к высокоскоростным сетям передачи данных и на основании (2), за отказ будет приниматься любое событие, при котором происходит превышение допустимого времени доставки или значение

вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) меньше допустимого значения:

$$T_{доc} > T_{доп} \text{ и } Q_{доc} < Q_{доп}. \quad (3)$$

Таким образом, задача исследования сводится к следующему: вводятся допустимые среднее время доставки и вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов), которые дают возможность определить предотказное состояние высокоскоростных сетей передачи данных, путем контроля их допустимых значений.

Во второй главе диссертации «Разработка модели системы контроля и обеспечения надежности сети передачи данных с беспriorитетным обслуживанием» рассмотрены вопросы обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных путем резервирования, разработаны метод определения предотказного состояния высокоскоростной сети передачи данных, модель и вычислительный алгоритм функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов), проведена оценка эффективности системы контроля сети передачи данных с беспriorитетным обслуживанием, выполнено имитационное моделирование диагностического контроля.

Установлено, что современные высокоскоростные сети передачи данных являются сложным объектом, имеющим в своем составе технические средства и программное обеспечение. В высокоскоростных сетях передачи данных наибольшее применение находят следующие два основных пути обеспечения и повышение надежности: резервирование, основные видами которого являются структурное, информационное, временное резервирования, программная избыточность и введение системы контроля.

Разработан метод определения предотказного состояния высокоскоростной сети передачи данных (рис.1), где в качестве контролируемых параметров определены среднее время доставки и вероятность своевременной доставки сообщения (пакетов). Реализация метода включает в себя четыре этапа.

I-этап. Определение контролируемых параметров. Определены следующие контролируемые параметры высокоскоростной сети передачи данных: $T_{доc}$ - среднее время доставки сообщений (пакетов); $Q_{доc}$ - вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов).

II-этап. Определение типа сети передачи данных. Определяется дисциплина обслуживания сети: без приоритета или с абсолютным приоритетом.

III-этап. Определение предотказного состояния (система контроля).

Для сети с беспriorитетным обслуживанием:

1) Определяется значение среднего времени доставки сообщений (пакетов) $T_{доc} = f(\lambda_j, \mu_{j}, K_{Гj}, d_j, n)$ и сравнивается с допустимым значением $T_{доп}$.

Здесь: λ_j - интенсивность поступления j -го сообщения (пакета); μ_{j} - эксплуатационная интенсивность обслуживания j -го сообщения (пакета); $K_{Гj}$ -

коэффициент готовности j -го узла; d_j - интенсивность восстановления сети для j -го сообщения (пакета); n - количество узлов сети.

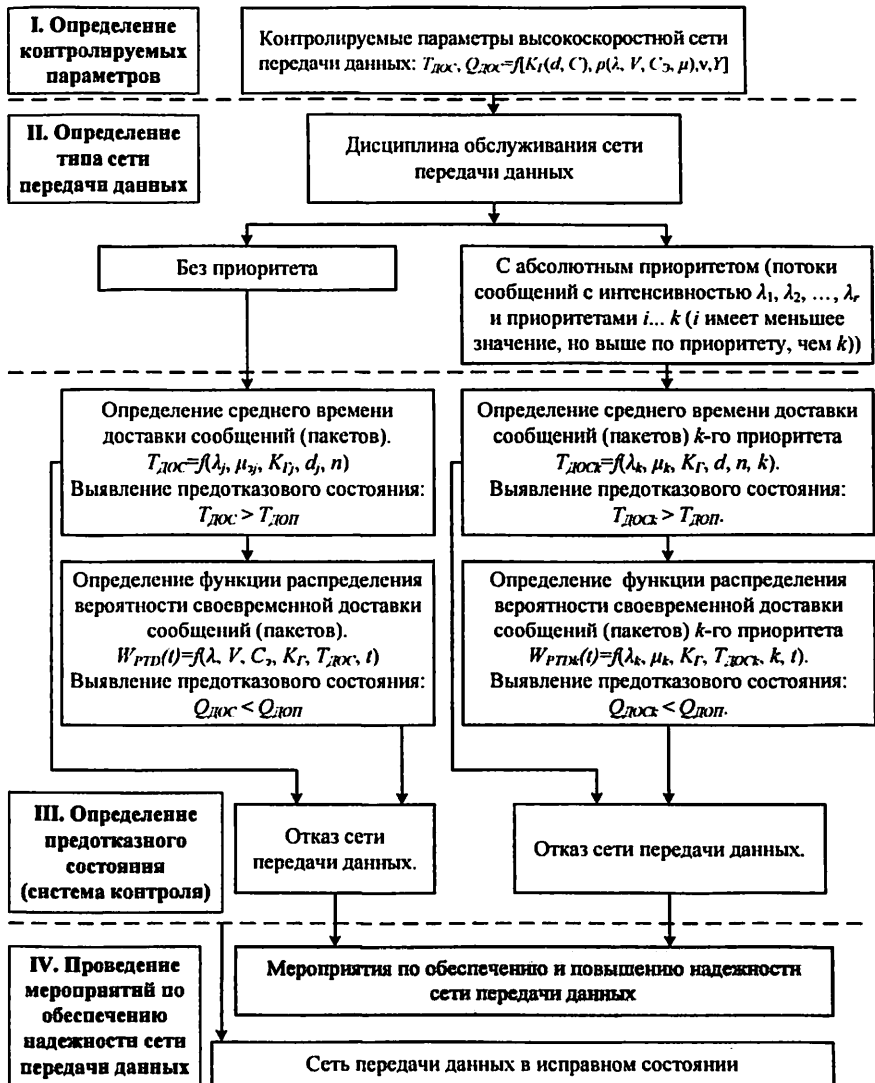


Рис. 1. Блок-схема реализации метода определения предотказного состояния высокоскоростной сети передачи данных

2) Определяется значение вероятности современной доставки сообщений (пакетов) и сравнивается с допустимым значением вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) $Q_{доп}$.

Если хотя бы один из параметров не удовлетворяет заданным допустимым требованиям, тогда считается, что в сети передачи данных произошел отказ.

Если оба параметра находятся в пределах заданных граничных условий – сеть передачи данных в исправном состоянии.

Для сети с абсолютным приоритетным обслуживанием:

1) Определяется значение среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета $T_{допк} = f(\lambda_k, \mu_k, K_I, d, n, k)$ и сравнивается с допустимым значением $T_{доп}$.

2) Определяется значение вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета $Q_{допк}$ и сравнивается с допустимым значением вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) $Q_{доп}$.

Если хотя бы один из параметров не удовлетворяет заданным допустимым требованиям, тогда считается, что в сети передачи данных произошел отказ.

Если оба параметра находятся в пределах заданных граничных условий – сеть передачи данных в исправном состоянии.

IV-этап. Проведение мероприятий по обеспечению надежности сети передачи данных. Выполняется комплекс мероприятий по обеспечению и повышению надежности сетей передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием. На основании поступивших служебных сообщений формируется новая структура высокоскоростной сетей передачи данных. Сформированная структура сравнивается с существующей структурой сети передачи данных, определяются центры коммутации и каналы связи, вышедшие из строя либо восстановленные центры коммутации и каналы связи.

С целью определения модели системы контроля высокоскоростных сетей передачи данных с беспriorитетным обслуживанием использован математический аппарат на основе вероятностной интерпретации преобразований Лапласа-Стилтьеса. Вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов) для последовательно соединенных двухполюсных сетей передачи данных определяется из следующего соотношения:

$$Q(v) = \prod_{j=1}^n \frac{e^{-v_j/\mu_j} (1 - \lambda_j / \mu_{2j})}{1 - \frac{\lambda_j}{v_{2j}} (1 - e^{-v_j/\mu_j})}, \quad v_j > 0, \mu_{2j} \geq \lambda_j, \mu_{2j} \geq \mu_j K_{Ij}, \quad (4)$$

где v_j - интенсивность старения сообщений (пакетов) j -го узла;

$v_{2j} = v_j \left[1 + \frac{\mu_j K_{Ij} (1 - K_{Ij})}{v_j K_{Ij} + d_j} \right]$ - эксплуатационная интенсивность старения

сообщений (пакетов) j -го узла;

μ_j - интенсивность обслуживания j -го сообщения (пакета).

На основании (4), получается среднее время доставки сообщений (пакетов) как первый начальный момент $Q(v)$:

$$T_{\text{дос}} = -\frac{d}{dv} [Q(v)]_{v=0} = -\frac{d}{dv} \left[\prod_{j=1}^n \frac{e^{-v_j/\mu_j} (1 - \lambda_j / \mu_{2j})}{1 - \frac{\lambda_j}{v_{2j}} (1 - e^{-v_j/\mu_j})} \right]_{v=0} = \quad (5)$$

$$= \sum_{j=1}^n \frac{2\mu_{2j} - \lambda_j}{2\mu_{2j} (\mu_{2j} - \lambda_j)} \left(1 + \frac{\mu_{2j} (1 - K_{\Gamma j})}{d_j} \right)$$

Для определения функции распределения вероятности своевременной доставки $W_{\text{PTD}}(t)$ сообщений (пакетов) необходимо найти обратное преобразование от $Q(v)$. Применением приближенного метода получено соотношение:

$$W_{\text{PTD}}(t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu_2} e^{-\left(\frac{\lambda}{\mu_2 T_{\text{дос}}}\right)t} \quad (6)$$

Приняв $\mu_2 = \frac{C_2 \cdot K_{\Gamma}}{V}$, после преобразований получена модель системы контроля сети передачи данных с бесприоритетным обслуживанием:

$$W_{\text{PTD}}(t) = 1 - \frac{\lambda \cdot V}{C_2 \cdot K_{\Gamma}} e^{-\left(\frac{\lambda V}{C_2 \cdot K_{\Gamma} \cdot T_{\text{дос}}}\right)t} \quad (7)$$

На основании (7) разработан вычислительный алгоритм функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) (рис.2).

В третьей главе диссертации «Разработка модели системы контроля и обеспечения надежности сети передачи данных с приоритетным обслуживанием» разработаны аналитические модели и вычислительный алгоритм среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета, модель и вычислительный алгоритм обеспечения надежности сети передачи данных при абсолютной приоритетной дисциплине обслуживания сообщений (пакетов), проведено численное исследование параметров сети передачи данных с приоритетным обслуживанием.

Выявлено, что разнообразие сообщений, которые передаются в сетях передачи данных, можно разделить на некоторые подмножества - категории, к которым со стороны системы управления предъявляются идентичные требования. Чтобы требования системы управления по соответствующим категориям выполнялись используется регулирование сообщений по категориям и каждой из категорий присваивается определенный ранг

преимущества (приоритет). Приведена классификация приоритетов потоков сообщений.

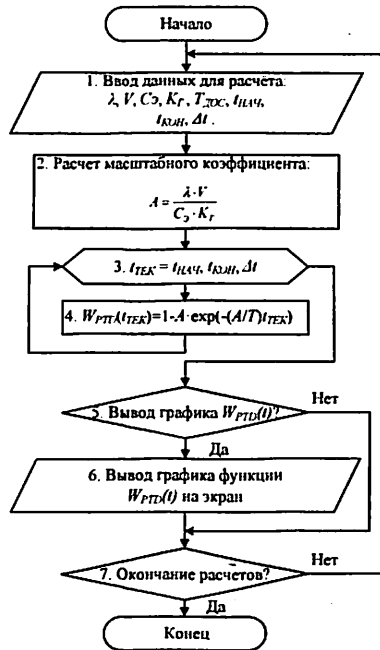


Рис.2. Вычислительный алгоритм функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов)

Установлено, что для определения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета необходимо определить вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов) для сети передачи данных с бесприоритетным обслуживанием с реальной надежностью.

Вводятся следующие ограничения:

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad B(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad E(t) = 1 - e^{-\delta_k t}, \quad F(t) = \pi_{k-1}(t), \quad (8)$$

где $\pi_{k-1}(t)$ – функция распределения периода занятости сети передачей сообщений приоритета $k-1$ и выше; $A(t)$ – функция распределения времени поступления потока сообщений (пакетов) k -го приоритета в сети передачи данных; $B(t)$ – функция распределения времени обслуживания потока сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных; $E(t)$ – функция распределения времени исправной работы для сети передачи данных с приоритетным обслуживанием; $F(t)$ – функция распределения времени восстановления для сети передачи данных с приоритетным обслуживанием; λ_k – интенсивности поступления сообщений k -го приоритета; μ_k – интенсивности обслуживания сообщений k -го приоритета.

На основании введенных определения и ограничений разработаны аналитические модели среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных:

- при идеальной надежности:

$$T_{\text{дос:к}} = \frac{2\mu_k - \lambda_k}{2\mu_k \left[\mu_k \left(1 - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right) - \lambda_k \right]} \cdot n, \quad (9)$$

- при реальной надежности:

$$T_{\text{дос:к}} = \frac{2\mu_k K_r - \lambda_k}{2\mu_k K_r \left[\mu_k \left(K_r - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right) - \lambda_k \right]} \cdot \left[1 + \frac{\mu_k K_r (1 - K_r)}{d} \right] \cdot n, \quad (10)$$

где λ_i - интенсивность поступления сообщения (пакета) i -го приоритета; μ_i - интенсивность обслуживания сообщения i -го приоритета.

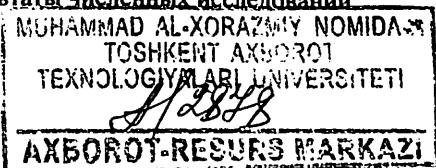
На основании (9) и (10) разработан вычислительный алгоритм среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных (рис.3).

Применением вероятностной интерпретации преобразований Лапласа-Стилтьеса, обратного преобразования вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета сети передачи данных и использования приближенного метода разработана модель системы контроля высокоскоростных сетей передачи данных с абсолютным приоритетным обслуживанием - функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета:

$$W_{\text{ГТДж}}(t) = 1 - \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{\mu_i \left(K_r - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)} \exp \left(- \frac{\sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{\mu_i \left(K_r - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right)}}{T_k} t \right). \quad (11)$$

Разработан вычислительный алгоритм функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета (рис.4).

На основании (9)-(11), вычислительных алгоритмов, применения пакета прикладных программ MATLAB были разработаны программы расчета и проведены численные исследования среднего времени доставки и функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета при различных параметрах сети передачи данных. На рис.5, рис.6 приведены некоторые результаты численных исследований.



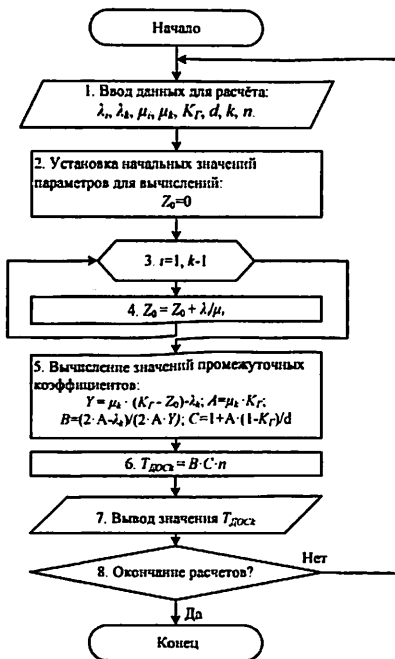


Рис.3. Вычислительный алгоритм среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета

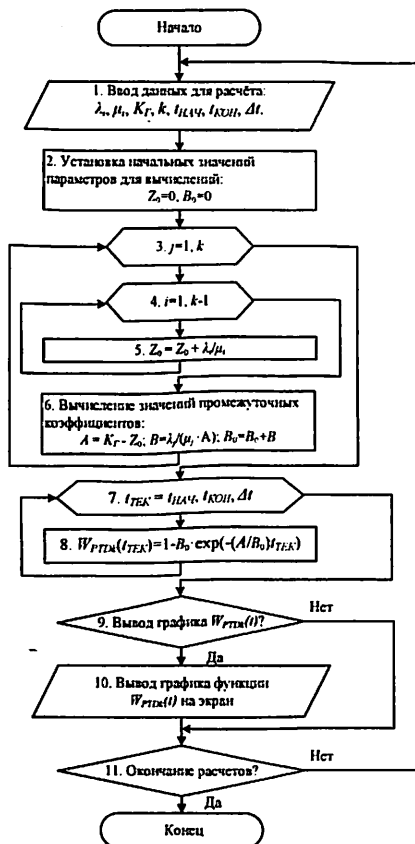


Рис.4. Вычислительный алгоритм функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета

Исследование среднего времени доставки сообщений (пакетов) сети передачи данных с приоритетным обслуживанием показало, что при равном приоритете сообщений (пакетов) чем меньше коэффициент готовности сети, тем меньше вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов); увеличение интенсивности поступлений пакетов приводит к увеличению среднего времени доставки сообщений (пакетов), причем чем ниже приоритет сообщений (пакетов), тем больше среднее времени доставки; с ростом интенсивности обслуживания уменьшается среднее времени доставки сообщений (пакетов).

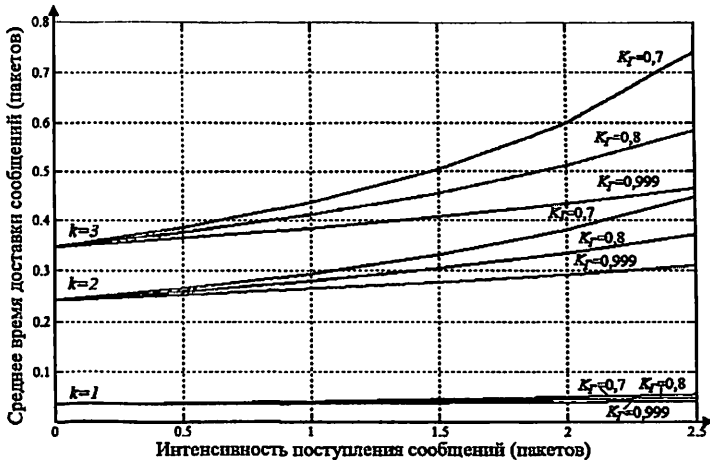


Рис.5. Исследование среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета ($k=1; 2; 3$) в зависимости от интенсивности поступления сообщений (пакетов) при различных коэффициентах готовности ($K_T=0,7; 0,8; 0,999$)

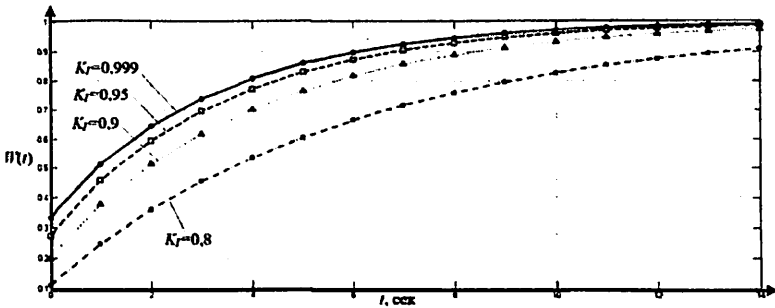


Рис.6. Исследование функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) $k=1$ приоритета при различных значениях коэффициента готовности ($K_T=0,8; K_T=0,9; K_T=0,95; K_T=0,999$)

Исследование функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) показало, что чем выше приоритет сообщений (пакетов), тем больше вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов); при одинаковом приоритете сообщений (пакетов), чем выше коэффициент готовности сети передачи данных, тем больше вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований в диссертации доктора философии (PhD) на тему «Модели и алгоритмы обеспечения надежности высокоскоростных сетей передачи данных» представлены следующие выводы:

1. Установлено, что современные высокоскоростные сети передачи данных строятся с использованием большего числа коммутаторов и маршрутизаторов, других сетевых устройств, состоящих из большого числа взаимосвязанных элементов и компонентов. Показана возможность использования инструментов теории надежности для исследования надежности сетей передачи данных. Контролируемыми параметрами высокоскоростной сети передачи данных выбраны среднее время доставки и вероятность своевременной доставки сообщений (пакетов).

2. Разработан метод, который на основе контроля среднего времени доставки и вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) позволяет определить предотказное состояние высокоскоростной сети передачи данных, обладающее повышенным риском отказа и на основе проводимых мероприятий позволяет обеспечить надежность сети передачи данных. В результате появилась возможность достичь величины коэффициента готовности сети передачи данных не менее 0,99.

3. Разработаны модели функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) сети передачи данных с беспriorитетным и приоритетным обслуживанием, позволяющие обеспечить надежность и эффективность сетевой инфраструктуры в высокоскоростных сетях передачи данных. Разработанные вычислительный алгоритм и программа расчета позволяют определить значение функции при различных значениях параметрах сети. В результате погрешность расчетов составляет не более 5%.

4. Разработаны аналитические модели, вычислительный алгоритм и программа расчета среднего времени доставки сообщений (пакетов) k -го приоритета при абсолютной приоритетной дисциплине обслуживания, с помощью которых можно определить производительность сети передачи данных для различного уровня приоритета. Это позволяет с большой точностью проводить исследования высокоскоростной сети передачи данных.

5. Результаты исследований внедрены в подведомственные предприятия Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан, в частности в ООО «Центр научно-технических и маркетинговых исследований «UNICON.UZ», ГУП «Республиканский центр управления сетями телекоммуникаций Узбекистана», СП ООО «East Telecom». Разработанные модели, вычислительные алгоритмы и программы позволили сократить время расчётов надёжностных показателей сети передачи данных в 1,5-2 раза.

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

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

ARIPOV JAXONGIR ABDUXAKIMOVICH

YUQORI TEZLIKLI MA'LUMOTLARNI UZATISH TARMOQLARINING
ISHONCHLILIGINI TA'MINLASH MODEL VA ALGORITMLARI

05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash

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

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T3691 raqam bilan ro'yxatga olingan.

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

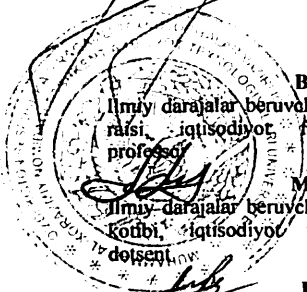
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tuit.uz) va «Ziyonet» axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Davronbekov Dilmurod Abdujalilovich texnika fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Parsiyev Saydixat Solixodjayevich texnika fanlari doktori, dotsent Isayev Rixsi texnika fanlari nomzodi, professor
Yetakchi tashkilot:	“UNICON.UZ” Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi” MChJ

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.02 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil “25” 04 soat 10⁰⁰ da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-15; e-mail: info@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (305 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-64-15).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil “13” 04 da tarqatildi.
(2024 yil “13” 04 da 8 - raqamli reestr bayonnomasi).



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

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

U.B. Amirsaidov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi
o'rinbosari, texnika fanlari doktori,
dotsent

KIRISH (texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda multimedia xizmatlarining faol joriy etilishi va kengayishi ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining jadal rivojlanishini keltirib chiqarmoqda. Yig'indi trafik hajmi va uzatiladigan ma'lumotlar tezligi jadal sur'atlarda o'sib bormoqda. Zamonaviy yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari ko'p sonli qurilmalarga, simli va simsiz texnologiyalar asosidagi aloqa kanallariga, murakkab dasturiy ta'minotga ega murakkab obyektlar hisoblanadi. AQSh, Xitoy, Germaniya, Yaponiya kabi rivojlangan davlatlarda ma'lumotlarni uzatish sifati va tezligini, tarmoqning ishonchligini va funksionalligini oshirish imkonini beradigan yangi avlod ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining qurilmalari, ularning tarkibiga kiradigan dasturiy ta'minot, ma'lumotlarni almashish yangi protokollari va texnologiyalarini rivojlantirishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini oshirish samarali usullari va modellarini, ishonchligini baholash modellari va algoritmlarini ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ko'plab ishlar yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari elementlari, tugunlari, uzatish kanallari va tarmoqning o'zining ishonchligini katta aniqlik bilan hisoblash imkonini beradigan modellar va analitik ifodalarni ishlab chiqishga, algoritmlar va dasturiy komplekslarni yaratishga bag'ishlangan. Shuningdek, ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchlik ko'rsatkichlarini hisoblash matematik apparatini ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqilmoqda. Bu sohadagi muhim masalalardan biri ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini ta'minlash bo'yicha usullar, modellar va algoritmlarni ishlab chiqish masalasi hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini baholash, ta'minlash va oshirish algoritmlari, usullari, modellarini ishlab chiqishning yangi tamoyillarini shakllantirishga bag'ishlangan ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. 2022-2026-yillarda Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasida "...raqamli infratuzilmani yanada rivojlantirish orqali barcha aholi maskanlarini va ijtimoiy obyektlarni hamda magistral avtomobil yo'llarini keng polosali ulanish tarmoqlari bilan qamrab olish..." kabi maqsadlar belgilab berilgan¹. Raqamli infratuzilmani rivojlantirish kabi qo'yilgan maqsadlarga erishishdagi muhim vazifa yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini ta'minlash va oshirish imkonini beradigan usullar, modellar va algoritmlarni ishlab chiqish hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 28-apreldagi "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4699-sonli Qarori, 2020-yil 5-oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-6079-sonli Farmoni, 2018-yil 19-fevraldagi "Axborot

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son Farmoni. (<https://lex.uz/ru/docs/-5841063>)

texnologiyalari va kommunikatsiyalari sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-5349-sonli Farmonida, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 19-noyabrdagi "O'zbekiston Respublikasi telekommunikatsiya infratuzilmasini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 699-sonli Qarori, 2018-yil 7-martdagi "Aloqa, axborotlashtirish va telekommunikatsiya xizmatlari sifatini yanada yaxshilashga doir chora-tadbirlar to'g'risida"gi 185-sonli Qarori hamda bu sohada qabul qilingan boshqa me'yoriy hujjatlar belgilangan vazifalar ijrosiga ma'lum darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishidagi tadqiqotlar O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining IV."Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Hozirgi vaqtda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida yangi avlod telekommunikatsiya qurilmalari, ular asosida ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda, ularning diagnostika, nazorat qilish, ishonchliligini ta'minlash va oshirish bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Xususan, bu yo'nalishda xorijlik tadqiqotchilardan William Stallings (AQSh), Amit Kumar, Mangey Ram (Hindiston), Alessandro Birolini (Shveysariya), Ilya Gertsbakh, Yoseph Shpungin (Isroil), Minoru Fujishima (Yaponiya), G.P.Zaxarov, A.M.Purtov, A.V.Pugovkin (Rossiya) va boshqalar faoliyat oib bormoqda.

Respublika olimlarining ilmiy ishlari ham shu muammolarni o'rganishga bag'ishlangan. Masalan, R.X.Djurayev, Sh.Yu.Jabbarov, J.B.Baltayevlarning ishlari ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari va ularning elementlarini monitoring va diagnostika qilishning samarali usullari, modellari, algoritmlarini ishlab chiqishga bag'ishlangan. R.Isayev, I.R.Berganov, N.X.Gulturayev, A.F.Izbosarov, U.B.Amirsaidov, S.S.Parsiyev, N.B.Usmonova, A.A.Muradovlarning ishlari ma'lumotlar uzatish tarmoqlarini tadqiq qilish, optimallashtirish masalalariga, ishonchliligini ta'minlash va oshirish usullariga bag'ishlangan. Ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining nazorat, diagnostika va ishonchliligi sohasidagi tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, yuqorida sanab o'tilgan olimlarning ishlarida xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish vaqti va ehtimolini nazorat qilish asosidagi prioritetizsli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash usullari, modellari va algoritmlarini ishlab chiqishga bag'ishlangan masalalar yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi. Ushbu dissertatsiya ishi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida olib borilgan 1506/21F-sonli "Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini oshirish model va usullari" (2021-2022) ilmiy-tadqiqot ishi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi prioritetizsli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan

yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash usuli, modellari va algoritmlarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilar hisoblanadi:

yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining tashkil etishning xususiyatlarini, asosiy topologiyalarini va namunaviy qurish tuzilmalarini tahlil va tadqiq qilish, ishonchliligini ta'minlaydigan nazorat qilish parametrlarini tanlash;

prioritetsizli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida rad etishdan oldingi holatni aniqlash imkonini beradigan usulni ishlab chiqish;

prioritetsizli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasi modellari, hisoblash algoritmlari va dasturlarini ishlab chiqish;

ideal va real ishonchlilik holatlari uchun ma'lumotlar uzatish tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'rtacha yetkazib berish vaqti analitik modellarini, hisoblash algoritmini va dasturini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari va ularning ishonchlilik ko'rsatkichlari olingan.

Tadqiqotning predmetini yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash usuli, modellar va algoritmlari tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Belgilangan maqsadga erishish uchun dissertatsiya ishida ommaviy xizmat ko'rsatish nazariyasi, ehtimollar nazariyasi, ishonchlilik nazariyasi, imitatsion modellashtirish va qo'shimcha hodisani kiritish usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

xabarlarning (paketlarning) o'rtacha yetkazib berish vaqti va o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolligini nazorat qilish asosida prioritetisizli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida rad etishdan oldingi holatni aniqlovchi usul ishlab chiqilgan;

Laplas-Stiltes o'zgartirishlari ehtimollik talqiniga asosida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida tarmoq infratuzilmasi ishonchliligi va samaradorligini ta'minlovchi xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimollik taqsimoti funksiyasining modellari ishlab chiqilgan;

turli prioritet darajalari uchun tarmoqning ishlash samaradorligini aniqlovchi mutlaq prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'i uchun xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqtining analitik modellari ishlab chiqilgan;

ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining samarali ishlashini ta'minlashga imkon beruvchi k -chi prioritetdagi xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimollik taqsimoti funksiyasining, o'rtacha yetkazib berish vaqtining hisoblash algoritmlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ideal va real ishonchlilik holatlari uchun ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) yetkazib berishning o'rtacha vaqtini hisoblash

dasturlari ishlab chiqilgan;

ideal va real ishonchlilik holatlari uchun *k*-chi prioritetdagi xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini hisoblash dasturlari ishlab chiqilgan;

ma'lumotlar uzatish tarmog'ining xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida etkazib berish ehtimolining eskirishga bog'liqligini hisoblash dasturi ishlab chiqilgan;

yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida diagnostikali nazorat qilish imitatsion modellashtirish dasturi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi muammoning to'g'ri qo'yilishi va amaliy tadqiqotlarning tasdiqlanishi, tekshirilgan usullar va tahlil qilish algoritmlarini qo'llash, umumiy qabul qilingan mezonlar asosida tadqiqot va uning natijalarini sifat va miqdoriy baholash bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining turli parametrlari bo'yicha rad etishdan oldingi holatini aniqlashga imkon beradigan usulni, xabarlarga (paketlarga) prioritetlesizli va mutlaq prioritetli xizmat ko'rsatadigan nazorat tizimining modelini, xabarlarini o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini, ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining *k*-chi prioritetdagi xabarlarini yetkazib berish o'rta vaqti hisoblash algoritmlarini ishlab chiqishdan iborat.

Dissertatsiya ishi natijalarining amaliy ahamiyati ideal va real ishonchlilikda ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining *k*-chi prioritetdagi xabarlarini (paketlarini) yetkazib berishning o'rta vaqtini, *k*-chi prioritetdagi xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini, ma'lumotlar uzatish tarmog'ining xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida etkazib berish ehtimolining eskirishga bog'liqligini hisoblash, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida diagnostikali nazorat qilish imitatsion modellashtirish dasturlari kompleksini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Ishlab chiqilgan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash usuli, modellari va algoritmlari asosida:

ishlab chiqilgan prioritetlesizli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida rad etishdan oldingi holatni aniqlovchi usul O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tasarrufidagi korxonalarda, xususan, "UNICON.UZ" Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi" MChJda, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish respublika markazi" DUKda, "East Telecom" QK MChJda talablarni ishlab chiqish, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash va oshirish bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish jarayonlariga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 6-noyabrda 33-8/7744-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, rad etish xavfi yuqori bo'lgan vaziyatlarni aniqlash va bartaraf etish imkoniyati paydo bo'ldi, bu esa ma'lumotlar uzatish tarmog'ining kamida 0,99 tayyorlik koeffitsiyentiga erishish imkonini beradi;

ishlab chiqilgan prioritetli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida o'z vaqtida yetkazib berish ehtimollik taqsimoti funksiyasining modellari, hisoblash algoritmlari O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tasarrufidagi korxonalarda, xususan, "UNICON.UZ" Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi" MChJda, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish respublika markazi" DUKda, "East Telecom" QK MChJda ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini tadqiq qilish, loyihalash va ishlatish jarayonlariga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 6-noyabrdagi 33-8/7744-sonli ma'lumotnomasi). Ilmiy tadqiqotlar natijasida xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini 5 foizgacha xatolik bilan aniqlash imkoniyati yaratildi, bu muhandislik hisoblarini o'tkazishda yetarli hisoblanadi;

ishlab chiqilgan ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida k-chi prioritetli xabarilarni (paketlarni) yetkazib berish o'rtacha vaqtining analitik modellari, hisoblash algoritmi O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tasarrufidagi korxonalarda, xususan, "UNICON.UZ" Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi" MChJda, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish respublika markazi" DUKda, "East Telecom" QK MChJda ma'lumotlar uzatish tarmoqlarini ilmiy-tadqiqot ishlari, loyihalash va ulardan foydalanish jarayonlariga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 6-noyabrdagi 33-8/7744-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ideal va real ishonchlilikda yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ini katta aniqlikda tadqiq qilishni o'tkazish imkoniyati yaratildi;

ishlab chiqilgan dasturlar O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tasarrufidagi korxonalarda, xususan, "UNICON.UZ" Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi" MChJda, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish respublika markazi" DUKda, "East Telecom" QK MChJda joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 6-noyabrdagi 33-8/7744-sonli ma'lumotnomasi). Ilmiy tadqiqotlar natijasida ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash vaqti 1,5-2 barabarga qisqardi.

Tadqiqot natijalarining aprotasiyasi. Tadqiqotning natijalari 7 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy konferensiyalari, ilmiy seminarlarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 25 ta ilmiy ishlar, shu jumladan 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan jurnallarda 8 ta maqolalar, jumladan, 3 tasi xorijiy, 5 tasi respublika jurnallarida, 10 ta tezislar xalqaro, respublika ilmiy-texnik va ilmiy-amaliy konferensiyalarida chop etilgan, EHM uchun dasturiy mahsulotlarni ro'yxatdan o'tkazish to'g'risida 6 ta guvoynomalar olingan.

Dissertatsiyaning tuzilmasi va hajmi. Dissertatsiya ishi 118 betdan iborat bo'lib, kirish, uchta boblar, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan tashkil topgan.

DISSERTATSIYA ISHINING ASOSIY MAZMUNI

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

Dissertatsiyaning **“Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining tashkil etilish, modellar va ishonchlilik ko'rsatkichlari sharhi va tahlili”** birinchi bobida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini tashkil etishning o'ziga xos xususiyatlari, asosiy topologiyalari va standart tuzilmalari, ta'rifi, ishonchliligini hisoblash ko'rsatkichlari va usullari ko'rib chiqilgan, ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini oshirish uchun nazorat qilish parametrlarini tanlash va tadqiqot muammosini shakllantirish amalga oshirilgan.

Uzatiladigan ma'lumotlarning hajmi va tezligiga ortib borayotgan ehtiyojlar ma'lumotlar trafigining hajmi tez sur'atlarda o'sib borayotgan ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining jadal rivojlantirishni taqozo etishi o'rnatilgan. Ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari ma'lumotlarni yetkazib berishni ta'minlaydigan raqamli tarmoqlar va ma'lumotlarni uzatishni ta'minlash maqsadida ma'lum nuqtalar o'rtasida telekommunikatsiyalarni tashkil etish uchun maxsus yaratilgan tugunlar va telekommunikatsiya kanallar to'plami hisoblanadi. Ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari yanada ko'proq ham qurilmalar o'rtasida, ham oxirgi foydalanuvchilar o'rtasida ma'lumotlarni uzatishni ta'minlaydigan universal vosita vazifalarini bajara boshlaydi.

Ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida tugunlarni ulanishining ko'plab usullarida ular shina, halqa va yulduz uchta topologiyalar asosida qurilishi aniqlangan. Amalda, katta o'lchamli tarmoqlarni qurishda aloqa liniyalari tashkil etish texnik imkoniyatlari va tarmoq tugunlarining tashkil etish joylariga bog'liq bo'lgan kombinatsiyalangan tarmoq topologiyalaridan foydalaniladi.

Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini tavsiflaydigan muhim xususiyatlardan biri ishonchlilik ekanligi o'rnatilgan. Ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining (tizimining) ishonchliligi tarmoqning (tizimning) ma'lum bir qo'llanilish va texnik xizmat ko'rsatish sharoitlarida talab qilinadigan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflaydigan ma'lum parametrlarning qiymatlarini o'rnatilgan chegaralarda vaqt o'tishi bilan saqlash xususiyati hisoblanadi.

Ishonchlilik ko'rsatkichlarining tahlili shuni ko'rsatdiki, paketlar kommutatsiyalanadigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlar ishonchliligining muhim kompleks ko'rsatkichlaridan biri tayyorlik koeffitsiyenti (K_7) hisoblanadi. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining tayyorlik koeffitsiyenti tarmoqning ixtiyoriy vaqt momentida ish qobiliyatiga bo'lish ehtimolini aniqlaydi:

$$K_T = \frac{T_{O'IV}}{T_{O'IV} + T_{QTV}}, \quad (1)$$

bu yerda $T_{O'IV}$ - rad etishlar orasidagi o'rtacha ish vaqti (rad etishlar orasidagi o'rtacha vaqt); T_{QTV} - o'rtacha qayta tiklanish vaqti.

Ma'lumotlarni uzatish tarmog'ini samarali boshqarish uchun tarmoqning tarkibiga kiradigan elementlar, tugunlar, aloqa kanallari va boshqa ma'lumotlarni uzatish vositalarining texnik holatlari to'g'risida ma'lumotlarga ega bo'lish zarur. Bu ma'lumotlarni uzatish vositalarining to'plami nazorat obyekti hisoblanadi. Tahlil asosida kompleks yondashuv taklif etiladi, ya'ni yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining nazorat qilinadigan parametrlari sifatida ko'plab omillarga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lgan o'rtacha yetkazib berish vaqti (T_{YEB}) va xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli (Q_{YEB}) tanlangan. Bunday omillar sirasiga yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining kanal parametrlari, dasturiy ta'minoti, qurilmalari, oqimlari, tizimning yuklanishi, boshqaruv tamoyillari, ekspluatatsion ishonchliligi, ishlash algoritmlari va boshqa ko'plab omillar kiradi. Shuning uchun, yetkazib berish vaqti va xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida etkazib berish ehtimoli quyidagi funktsionallik bilan berilishi mumkin:

$$T_{YEB}, Q_{YEB} = f[K_T(d, C), \rho(\lambda, V, C_E, \mu, \nu, Y)], \quad (2)$$

bu yerda T_{YEB} - xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti; Q_{YEB} - xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli; K_T - ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining tayyorlik koeffitsiyenti; d - tarmoqning qayta tiklanishi intensivligi; C - tarmoqning yaroqli ishlashi intensivligi; ρ - tarmoqning yuklanishi; λ - xabarning (paketning) tushish intensivligi; V - xabarning hajmi; C_E - tarmoqning ekspluatatsion o'tkazish qobiliyati; μ - xabarga (paketga) xizmat ko'rsatish intensivligi; ν - xabarning (paketning) eskirish intensivligi; Y - tarmoqni boshqarish usuli (algoritmi).

Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlariga nisbatan va (2) ifodaga asosan rad etish sifatida xabarlarni (paketlarni) ruxsat etiladigan yetkazib berish vaqti ortish davomida o'tadigan yoki o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli ruxsat etilgan qiymatdan past bo'ladigan istalgan hodisa qabul qilinadi:

$$T_{YEB} > T_{RE} \text{ va } Q_{YEB} < Q_{RE}. \quad (3)$$

Shunday qilib, tadqiqot vazifasi quyidagilarga keltiriladi: qabul qilinadigan yetkazib berish vaqti va xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli kiritiladi, bu esa yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining rad etishdan oldingi holatini ularning ruxsat etilgan qiymatlarini nazorat qilish yo'li bilan aniqlash imkonini beradi.

Dissertatsiyaning "Prioritetsizli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining nazorat qilish tizimi va ishonchliligini ta'minlash modelini ishlab chiqish" deb nomlangan ikkinchi bobida zaxiralash yo'li bilan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchliligini ta'minlash

masalalari ko'rib chiqilgan, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining rad etishdan oldingi holatini aniqlash usuli, xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasi modeli va hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan, prioritetisizli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'ini nazorat tizimining samaradorligini baholashi o'tkazilgan, diagnostikali nazorat qilishni imitatsion modellastirish bajarilgan.

Zamonaviy yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari o'z tarkibida texnik vositalar va dasturiy ta'minotga ega bo'lgan murakkab obyektligi o'rnatilgan. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida ishonchlilikni ta'minlash va oshirishning quyidagi ikkita asosiy usullari: asosiy turlari tuzilmaviy, axborot, vaqt bo'yicha xaxiralash, dasturiy ortiqchalik bo'lgan xaxiralash va nazorat tizimini kiritish eng ko'p qo'llaniladi.

Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining rad etishdan oldingi holatini aniqlash usuli ishlab chiqilgan (1-rasm), bu yerda nazorat qilinadigan parametrlar sifatida xabarlarini (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti va o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli aniqlangan. Usulni amalga oshirish quyidagi to'rt bosqichlarni o'z ichiga oladi.

I bosqich. Nazorat qilinadigan parametrlarni aniqlash. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining quyidagi nazorat qilinadigan parametrlari aniqlangan: T_{yEB} - xabarlarini (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti; Q_{yEB} - xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli.

II bosqich. Ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining turini aniqlash. Tarmoqqa xizmat ko'rsatish intizomi aniqlanadi: prioritetisizli yoki mutlaq prioritetli.

III bosqich. Rad etishdan oldingi holatni aniqlash (nazorat qilish tizimi).

Prioritetisizli xizmat ko'rsatiladigan tarmoq uchun:

1) Xabarlarini (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti $T_{yEB}=f(\lambda_j, \mu_{ej}, K_{Tj}, d_j, n)$ aniqlanadi va ruxsat etilgan T_{RE} qiymat bilan solishtiriladi.

Bu yerda: λ_j - j -chi xabarning (paketning) tushish intensivligi; μ_{ej} - j -chi xabarga (paketga) xizmat ko'rsatish ekspluatatsion intensivligi; K_{Tj} - j -chi tugunning tayyorlik koeffitsiyenti; d_j - j -chi xabar (paket) uchun tarmoqni qayta tiklanishi intensivligi; n - tarmoq tugunlari soni.

2) Xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolining qiymati aniqlanadi va xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolining Q_{RE} ruxsat etilgan qiymati bilan solishtiriladi.

Agar parametrlardan kamida bittasi berilgan ruxsat etiladigan talablarga javob bermasa, u holda ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida rad etish yuzaga kelgan deb hisoblanadi.

Agar har ikkala parametrlar berilgan chegaraviy shartlarda bo'lsa, ma'lumotlarni uzatish tarmog'i yaroqli holatda hisoblanadi.

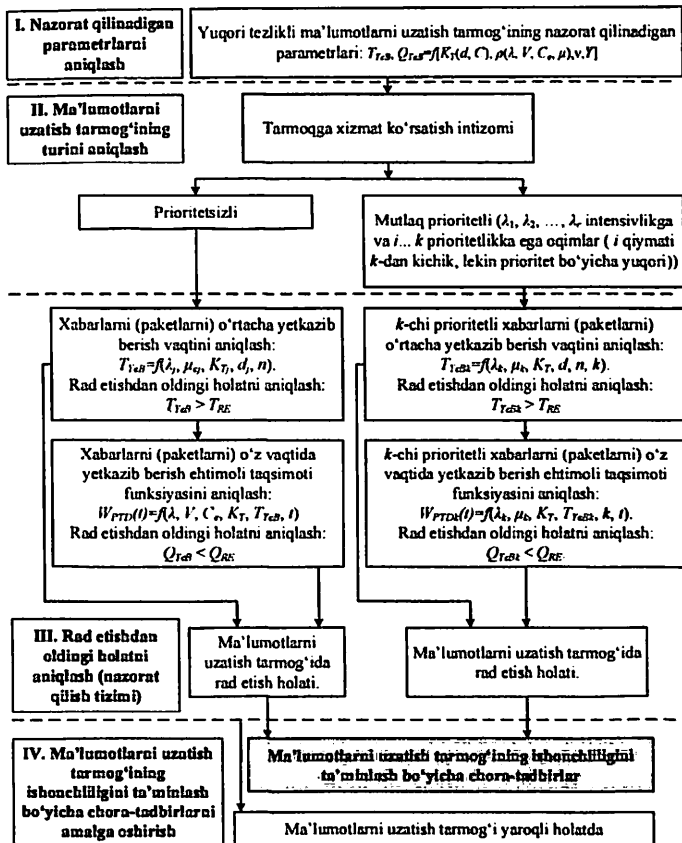
Mutlaq prioritetli xizmat ko'rsatiladigan tarmoq uchun:

1) k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'rtacha yetkazib berish vaqti $T_{yEB}=f(\lambda_k, \mu_k, K_T, d, n, k)$ aniqlanadi va ruxsat etilgan T_{RE} qiymat bilan solishtiriladi.

2) k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli qiymati aniqlanadi va xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolining Q_{RE} ruxsat etilgan qiymati bilan solishtiriladi.

Agar parametrlardan kamida bittasi berilgan ruxsat etiladigan talablarga javob bermasa, u holda ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida rad etish yuzuga kelgan hisoblanadi.

Agar har ikkala parametrlar berilgan chegaraviy shartlarda bo'lsa, ma'lumotlarni uzatish tarmog' i yaroqli holatda hisoblanadi.



1-rasm. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining rad etishdan oldingi holatini aniqlash usulini amalga oshirish blok-sxemasi

IV bosqich. Ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining ishonchligini ta'minlash bo'yicha chora-tadbirlarni amalga oshirish. Prioritetlessizli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini ta'minlash va yaxshilash bo'yicha kompleks chora-tadbirlar amalga oshiriladi. Tushgan xizmat

xabarlari asosida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining yangi tuzilmasi shakllantiriladi. Shakllantirilgan tuzilma ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining mavjud tuzilmasi bilan taqqoslanadi, ishdan chiqqan yoki qayta tiklangan kommutatsiyalash markazlari va aloqa kanallari aniqlanadi.

Prioritetsizli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini nazorat qilish tizimining modelini aniqlash maqsadida Laplas-Stiltes o'zgartirishlari ehtimollik talqiniga asosidagi matematik apparatidan foydalanilgan. Ketma-ket ulangan ikki qutbli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari uchun xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

$$Q(v) = \prod_{j=1}^n \frac{e^{-v_j/\mu_{ej}} (1 - \lambda_j / \mu_{ej})}{1 - \frac{\lambda_j}{v_{ej}} (1 - e^{-v_j/\mu_{ej}})}, \quad v_j > 0, \mu_{ej} \geq \lambda_j, \mu_{ej} \geq \mu_j K_{Tj}, \quad (4)$$

bu yerda v_j - j -chi tugundagi xabarlarining (paketlarning) eskirishi intensivligi;

$$v_{ej} = v_j \left[1 + \frac{\mu_j K_{Tj} (1 - K_{Tj})}{v_j K_{Tj} + d_j} \right] - j\text{-chi tugundagi xabarlar (paketlar) ekspluatatsion}$$

eskirishining intensivligi;

μ_j - j -chi xabarga (paketga) xizmat ko'rsatish intensivligi.

(4) ifoda asosida xabarlarni (paketlarni) $Q(v)$ ning birinchi boshlang'ich momenti o'rtacha yetkazib berish vaqti sifatida olinadi:

$$\begin{aligned} T_{eB} &= -\frac{d}{dv} [Q(v)]_{v=0} = -\frac{d}{dv} \left[\prod_{j=1}^n \frac{e^{-v_j/\mu_{ej}} (1 - \lambda_j / \mu_{ej})}{1 - \frac{\lambda_j}{v_{ej}} (1 - e^{-v_j/\mu_{ej}})} \right]_{v=0} = . \quad (5) \\ &= \sum_{j=1}^n \frac{2\mu_{ej} - \lambda_j}{2\mu_{ej}(\mu_{ej} - \lambda_j)} \left(1 + \frac{\mu_{ej}(1 - K_{Tj})}{d_j} \right) \end{aligned}$$

Xabarlarni (paketlarni) $W_{PTD}(t)$ o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini aniqlash uchun $Q(v)$ funksiyadan teskari o'zgartirishni topish kerak. Taqribiy usulni qo'llash yo'li bilan quyidagi munosabat olindi:

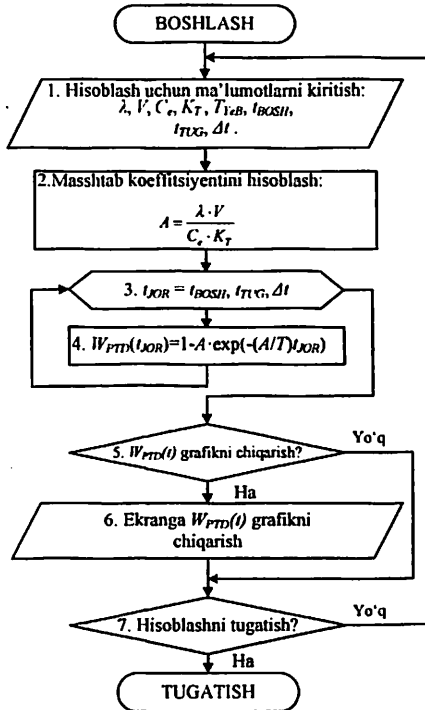
$$W_{PTD}(t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu_e} e^{-\left(\frac{\lambda}{\mu_e T_{eB}}\right)t}. \quad (6)$$

$\mu_e = \frac{C_e \cdot K_T}{V}$ olish bilan o'zgartirishdan so'ng, prioritetsizli xizmat

ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'ini nazorat tizimining modeli olindi:

$$W_{PTD}(t) = 1 - \frac{\lambda \cdot V}{C_c \cdot K_T} e^{-\left(\frac{\lambda \cdot V}{C_c \cdot T_{12B} \cdot K_T}\right) t} \quad (7)$$

(7) ifodaga asosan xabarlarini (paketlarni) o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan (2-rasm).



2-rasm. Xabarlarini (paketlarni) o‘z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini hisoblash algoritmi

Dissertatsiyaning “Prioritetli xizmat ko‘rsatiladigan ma’lumotlarni uzatish tarmog‘ining nazorat qilish tizimi va ishonchligini ta’minlash modelini ishlab chiqish” deb nomlangan uchinchi bobda k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarni) o‘rtacha yetkazib berish vaqtining analitik modellari va hisoblash algoritmi, xabarlariga (paketlarga) mutlaq prioritetli xizmat ko‘rsatish intizomiga ega ma’lumotlarni uzatish tarmog‘ining ishonchligini ta’minlash modeli va hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan, prioritetli xizmat ko‘rsatiladigan ma’lumotlarni uzatish tarmog‘ining parametrlarini sonli tadqiqotlari o‘tkazilgan.

Ma’lumotlarni uzatish tarmoqlarida uzatiladigan xabarlarining turiligidini boshqaruv tizimidan bir xil talablar qo‘yiladigan ma’lum kichik to‘plamlar - toifalarga bo‘lish mumkinligi aniqlandi. Tegishli toifalar bo‘yicha boshqaruv

tizimining talablari bajarilishini ta'minlash uchun xabarlarini toifalar bo'yicha tartibga solish ishlatiladi va toifalardan har bir bo'yicha ma'lum bir ustunlik darajasi (prioritet) beriladi. Xabarlar oqimlarining prioritetlari tasniflanishi keltirilgan.

k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolini aniqlash uchun real ishonchlilikli prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'i uchun xabarlarini (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolini aniqlash zarurligi o'ratildi.

Quyidagi cheklavlar kiritiladi:

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda_k t}, B(t) = 1 - e^{-\mu_k t}, E(t) = 1 - e^{-\delta_k t}, F(t) = \pi_{k-1}(t), \quad (8)$$

bu yerda $\pi_{k-1}(t)$ - $k-1$ va undan yuqori prioritetli xabarlarini uzatish bilan tarmog'ining bandligi davri uchun taqsimot funksiyasi; $A(t)$ - ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida k -chi prioritetli xabarlar (paketlar) oqimining tushishi vaqti taqsimoti funksiyasi; $B(t)$ - ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlar (paketlar) oqimiga xizmat ko'rsatish vaqti taqsimoti funksiyasi; $E(t)$ - prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'i uchun yaroqli ishlash vaqti taqsimoti funksiyasi; $F(t)$ - prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'i uchun qayta tiklanish vaqti taqsimoti funksiyasi; λ_k - k -chi prioritetli xabarlarining tushish intensivligi; μ_k - k -chi prioritetli xabarlarga xizmat ko'rsatish intensivligi.

Kiritilgan ta'riflar va cheklavlar asosida ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'rtacha yetkazib berish vaqti uchun quyidagi analitik modellari ishlab chiqilgan:

- ideal ishonchlilik holatida:

$$T_{YeBk} = \frac{2\mu_k - \lambda_k}{2\mu_k \left[\mu_k \left(1 - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right) - \lambda_k \right]} \cdot n, \quad (9)$$

- real ishonchlilik holatida:

$$T_{YeBk} = \frac{2\mu_k K_T - \lambda_k}{2\mu_k K_T \left[K_T - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\lambda_i}{\mu_i} \right] - \lambda_k} \cdot \left[1 + \frac{\mu_k K_T (1 - K_T)}{d} \right] \cdot n, \quad (10)$$

bu yerda λ_i - i -chi prioritetli xabarning (paketning) tushish intensivligi; μ_i - i -chi prioritetli xabarga xizmat ko'rsatish intensivligi.

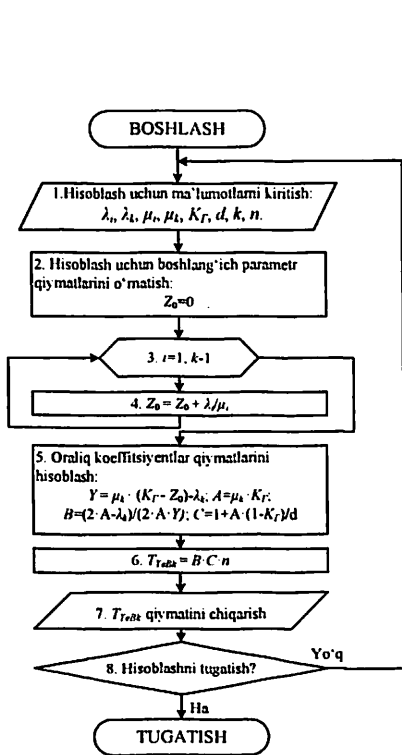
(9) va (10) ifodarga asosan ma'lumotlar tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'rtacha yetkazib berish vaqtining hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan (3-rasm).

Laplas-Stiltes o'zgartirishlari ehtimollik talqini qo'llanishi bilan ma'lumotlar tarmog'ining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolini teskari o'zgartirish va taqribiy usuldan foydalanish bilan mutlaq

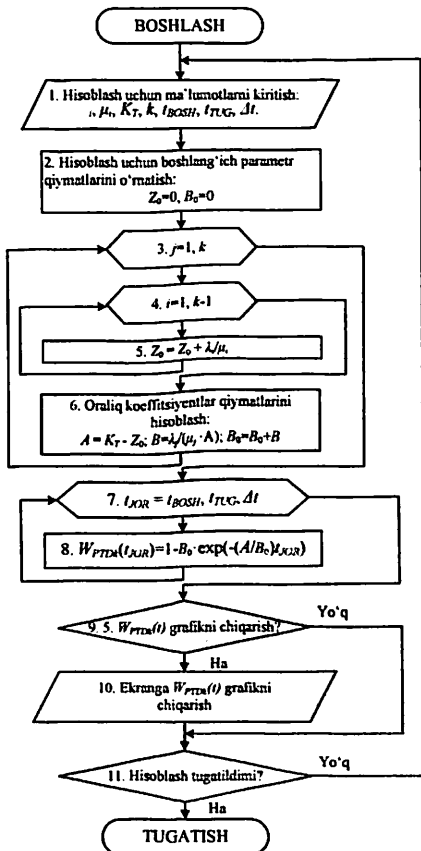
prioritetli xizmat ko'rsatiladigan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ini nazorat qilish tizimining modeli - k -chi prioritetli xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasi ishlab chiqilgan:

$$W_{PTDk}(t) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\mu_i \left(K_T - \sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i \right)} \exp \left(- \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{T_k} t \right) \quad (11)$$

k -chi prioritetli xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan (4-rasm).

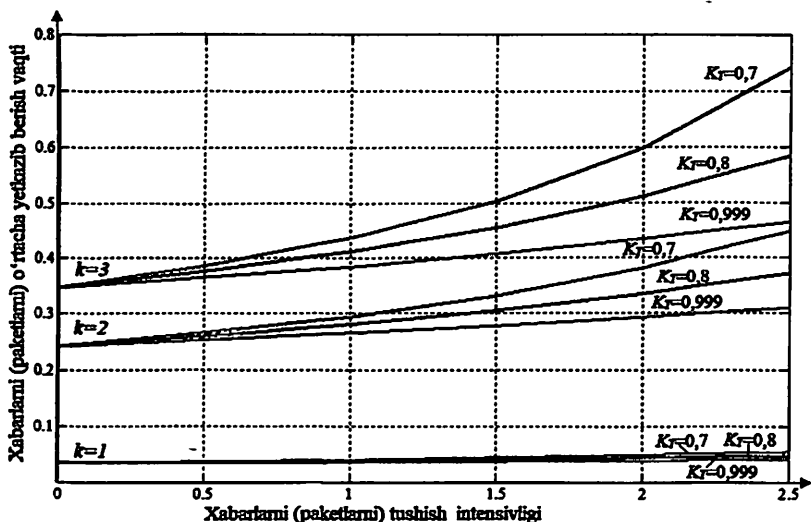


3-rasm. k -chi prioritetli xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqtini hisoblash algoritmi

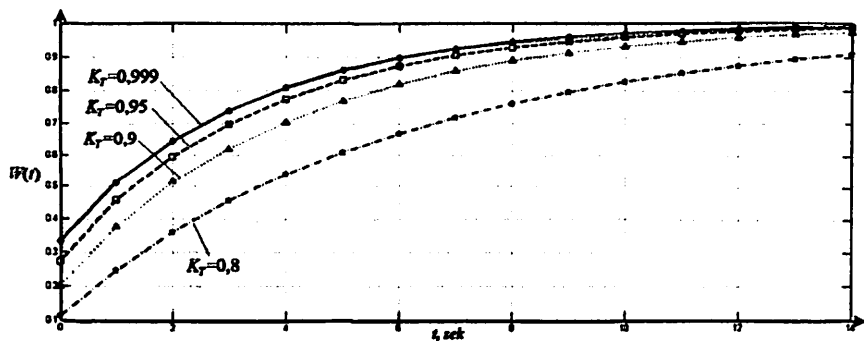


4-rasm. k -chi prioritetli xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini hisoblash algoritmi

(9)-(11) ifodalar, hisoblash algoritmlari va MATLAB dasturlar paketidan foydalanish asosida ma'lumotlar uzatish tarmog'ining turli parametrlarida k -chi prioritetli xabarlarni (pakatlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti va o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasining hisoblash dasturlari ishlab chiqilgan va sonli tadqiqotlari o'tkazilgan. 5- va 6-raslarda sonli tadqiqotlarning ba'zi natijalari keltirilgan.



5-rasm. Turli ($K_T=0,7; 0,8; 0,999$) tayyorik koeffitsiyentlarida xabarlarni (pakatlarni) tushish intensivligiga bog'liq ravishda k -chi ($k=1; 2; 3$) prioritetli xabarlarni (pakatlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqtining tadqiqi



6-rasm. Turli ($K_T=0,8; 0,9; 0,95; 0,999$) tayyorik koeffitsiyentlari qiymatlarida $k=1$ prioritetli xabarlarni (pakatlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasining tadqiqi

Prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmoqdagi o'rtacha yetkazib berish vaqtining tadqiqoti shuni ko'rsatdiki, xabarlar (paketlar) prioriteti teng bo'lganda tarmoqning tayyorlik koeffitsiyenti qanchalik past bo'lsa, xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli shunchalik past bo'ladi; paketlarning tushishi intensivligining oshishi xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqtining oshishiga olib keladi, binobarin, xabarlarning (paketlarning) prioriteti qanchalik past bo'lsa, o'rtacha yetkazib berish vaqti shunchalik katta bo'ladi; xizmat ko'rsatish intensivligi oshishi bilan xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti kamayadi.

Xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasini tadqiq qilish shuni ko'rsatdiki, xabarlarni (paketlarni) prioriteti qanchalik yuqori bo'lsa, xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli shunchalik yuqori bo'ladi; xabarlarning (paketlarning) bir xil prioritetida ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining tayyorlik koeffitsiyenti qanchalik yuqori bo'lsa, xabarlarni (paketlarni) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli shunchalik yuqori bo'ladi.

XULOSA

“Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini ta'minlash model va algoritmlari” mavzusidagi falsafa fanlari doktori (PhD) dissertatsiyasining tadqiqot natijalari bo'yicha quyidagi xulosalar keltirilgan:

1. Zamonaviy yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari ko'p sonli o'zaro bog'langan elementlar va komponentlardan tashkil topgan ko'p sonli kommutatorlar va marshrutizatorlar hamda boshqa tarmoq qurilmalaridan foydalanish bilan qurilishi o'rnatilgan. Ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarining ishonchligini tadqiq qilishda ishonchlilik nazariyasi vositalaridan foydalanish imkoniyati ko'rsatilgan. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining nazorat qilinadigan parametrlari sifatida xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqti va o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoligi tanlangan.

2. Xabarlarni (paketlarni) o'rtacha yetkazib berish vaqtini va o'z vaqtida yetkazib berish ehtimolini nazorat qilish asosida ishlab chiqilgan usul oshirilgan rad etish xavfiga ega yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining rad etishdan oldingi holatini aniqlash imkonini beradi va o'tkazilgan choralarda asosida ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining ishonchligini ta'minlash imkonini beradi. Natijada ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining tayyorlik koeffitsiyenti qiymati 0,99dan kam emaslikka erishish mumkinligi aniqlandi.

3. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarida tarmoq infratuzilmasining ishonchligi va samaradorligini ta'minlashga imkon beradigan prioritetli va prioritetli xizmat ko'rsatiladigan ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining xabarlarini (paketlarini) o'z vaqtida yetkazib berish ehtimoli taqsimoti funksiyasining modellari ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan hisoblash algoritmi va hisoblash dasturi tarmoq parametrlarining turli qiymatlari uchun funksiyalarning qiymatini aniqlash imkonini berdi. Natijada hisoblash xatoligi 5 foizdan ortmaydi.

4. Xabarlarga (paketlarga) xizmat ko'rsatish mutlaq prioritetli intizomiga ega bo'lgan ma'lumotlar uzatish tarmoqlarining k -chi prioritetli xabarlarini (paketlarini) o'rtacha yetkazib berish vaqtining analitik modellari, hisoblash algoritmi va dasturi ishlab chiqilgan bo'lib, ular yordamida turli prioritet darajalari uchun ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining unumdorligini aniqlash mumkin. Bu yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tarmog'ida katta aniqlikda tadqiqot olib borish imkonini yaratadi.

5. Tadqiqot natijalari O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi tasarrufidagi korxonalariga, xususan, "UNICON.UZ" Fan-texnika va marketing tadqiqotlari markazi" MChJda, "O'zbekiston telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish Respublika markazi" DUKda, "East Telecom" QK MChJda joriy etilgan. Ishlab chiqilgan modellar, hisoblash algoritmlari va dasturlari ma'lumotlarni uzatish tarmog'ining ishonchlilik ko'rsatkichlarining hisoblash vaqtini 1,5-2 barobarga qisqartirish imkonini berdi.

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

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

ARIPOV JAKHONGIR ABDUKHAKIMOVICH

**MODELS AND ALGORITHMS FOR ENSURING THE RELIABILITY
OF HIGH-SPEED DATA TRANSMISSION NETWORKS**

05.04.01 – Telecommunication and computer systems, networks and telecommunications
devices. Information distribution

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

Tashkent - 2024

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme attestation commission at the Ministry of higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2023.4.PhD/T3691.

The dissertation has been prepared at the 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» Informaton and Educational portal www.ziyo.net.

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

Official opponents: Parsiyev Saydiakhat Solikhodjayevich
Doctor of Technical Sciences, Docent

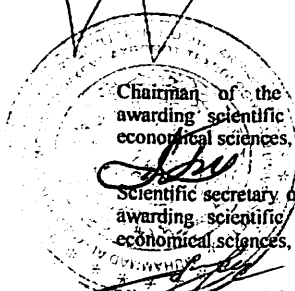
Isaev Rikhsi
Candidate of Technical Sciences, Professor

Leading organization: "UNICON.UZ" Science-Technical and Marketing
Research Center LLC

The defence will take place on "25" of "04" 2024 at 10⁰⁰ the meeting of Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent university of information technologies. (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (99871) 238-64-15; e-mail: info@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed in the Information Resource Centre of Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. (registration number No. 305). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-15).

The abstract of dissertation is distributed on "13" "04" 2024.
(protocol at the register № 8 "13" "04" 2024)



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

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

U.B. Amirsaidov
Vice chairman of the academic Seminar
under the Scientific Council awarding
scientific degrees, doctor of technical
sciences, docent

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop a method, models and algorithms for ensuring the reliability of high-speed data networks with non-priority and priority service.

The object of the research is high-speed data transmission networks and their reliability indicators.

The scientific novelty of the research work:

a method has been developed that, based on monitoring the average delivery time and the probability of timely delivery of messages (packets), makes it possible to determine the pre-failure state in high-speed data networks with non-priority and priority service;

based on the probabilistic interpretation of the Laplace-Stieltjes transformations, models of the probability distribution function for timely delivery of messages (packets) have been developed to ensure the reliability and efficiency of the network infrastructure in high-speed data networks;

analytical models of the average delivery time of messages (packets) of a data transmission network with absolute priority service have been developed, allowing one to determine network performance for different priority levels;

computational algorithms have been developed for the distribution function of the probability of timely delivery, the average delivery time of messages (packets) of k -th priority, allowing for the efficient functioning of the data transmission network.

Implementation of research results. Based on the developed method, models and algorithms for ensuring the reliability of high-speed data transmission networks:

a developed method that allows determining the pre-failure state in high-speed data networks with non-priority and priority service has been implemented in subordinate enterprises of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan, in particular, in “UNICON.UZ” Science-Technical and Marketing Research Center LLC, “Republican telecommunication network control center of Uzbekistan” SUE, “East Telecom” JV LLC in the processes of developing requirements, conducting research work to ensure and improve the reliability of high-speed data networks (Reference of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan №33-8/7744 dated November 6, 2023). As a result, it became possible to identify and eliminate situations with an increased risk of failure, which will make it possible to achieve a data transmission network availability factor of at least 0,99;

developed models, computational algorithms for the probability distribution function of timely delivery of messages (packets) in high-speed data networks with non-priority and priority service were implemented in the subordinate enterprises of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan, in particular, in the “UNICON.UZ” Science-Technical and Marketing Research Center LLC, “Republican telecommunication network control center of Uzbekistan” SUE, “East Telecom” JV LLC in the processes of research, design and operation of data transmission networks (Reference of the Ministry of Digital Technologies of the

Republic of Uzbekistan №33-8/7744 dated November 6, 2023. As a result of scientific research, it became possible to determine the probability distribution function for timely delivery of messages (packets) with an error of up to 5%, which is sufficient for engineering calculations;

developed analytical models, a computational algorithm for the average delivery time of messages (packets) of the k -th priority data transmission network were implemented in the subordinate enterprises of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan, in particular, in the “UNICON.UZ” Science-Technical and Marketing Research Center LLC, “Republican telecommunication network control center of Uzbekistan” SUE, “East Telecom” JV LLC in the processes of carrying out research work, design and operation of data transmission networks (Reference of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan №33-8/7744 dated November 6, 2023). As a result, it became possible to conduct studies of a high-speed data transmission network with great accuracy with ideal and real reliability;

the developed programs were implemented in the subordinate enterprises of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan in particular, in the “UNICON.UZ” Science-Technical and Marketing Research Center LLC, “Republican telecommunication network control center of Uzbekistan” SUE, “East Telecom” JV LLC (Reference of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan №33-8/7744 dated November 6, 2023). As a result of scientific research, the time for calculating reliability indicators of a data transmission network was reduced by 1,5-2 times.

The structure of the dissertation. The dissertation contains 118 pages and consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI

LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I part; I часть)

1. Д.Давронбеков, З.Хакимов, Ж.Арипов. Разработка методов и устройств повышения эффективности волоконно-оптических систем передачи информации: монография. - Издательство ООО «KALEON PRESS». – Ташкент. – 2023. – 201 с.

2. D.A.Davronbekov, J.A.Aripov. Analytical Models of the Average Delivery Time of Messages (Packets) in High-Speed Data Networks with Absolute Priority Service // International scientific journal "Science and Innovation". – Series A, Volume 3, Issue 2, 2024. – p.187-192, (OAK (23) Scientific Journal Impact Factor 6,735).

3. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А. Метод определения предотказного состояния высокоскоростной сети передачи данных // "Muhammad al-Xorazmiy avlodlari" jurnali.-2023.- №3(25) – с.163-166. (05.00.00, №10).

4. J.Aripov. Algorithms for Investigation of Average Delivery Time and Probability Distribution Functions for Timely Delivery of Messages (Packets) of the k-th Priority in Data Transmission Networks // Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education And Training.-2023.-№7.-с.48-56 (05.00.00, №26).

5. D.A.Davronbekov, J.A.Aripov. Simulation Modeling of the Data Network Diagnosis System Using GPSS // Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent.- 2023. - №2(30).-p.16-20 (05.00.00, №25) (OAK Rayosatining 30.07.2020 yildagi qarori bilan "Uzbekistan Research Online" raqamli platformasidagi jurnallarda e'lon qilingan ingliz tilidagi maqolalar dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini e'lon qilishga tavsiya etilgan xorijiy ilmiy nashrlarda chop etilgan ilmiy maqolalarga tenglashtirilgan).

6. D.Davronbekov, Yu.Kamalov, J.Aripov. Mathematical Model of the Control System of the Priority Data Transmission Network // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). - Volume 6. -Issue 2. - 2022. – p.993-997, (OAK (23) Scientific Journal Impact Factor 7,251).

7. D.A.Davronbekov, J.A.Aripov. Analysis of Qualitative and Performance Indicators of Data Transmission Networks // International Scientific Journal «Science and Innovation», Special Issue "Digital technologies: problems and solutions of practical implementation in the spheres". -Tashkent. – 2023.-p.513-515, (OAK (23) Scientific Journal Impact Factor 5,608).

8. N.Akhmedov, Kh.Khujamatov, M.Kudratxonova, J.Aripov. Wireless Network Protocols as a Solution for WBAN // European Multidisciplinary Journal of Modern Science. – 2022. - №5. -p. 91-106, (OAK (23) Scientific Journal Impact Factor 5,731).

9. Давронбеков Д., Камалов Ю., Арипов Ж. Математическая модель повышения надежности сети передачи данных // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” jurnali.-2021.- №2(16) – с.88-90. (05.00.00, №10).

II bo‘lim (II part; II часть)

10. J.A.Aripov. Calculation of the reliability of data transmission networks with serial and parallel topology // Scientific Collection «InterConf», №44. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference “Scientific horizon in the context of social crises”. - Tokyo, Japan.-2023. - P.475-477.

11. D.Davronbekov, J.Aripov. Features of Ensuring the Functional Stability of Data Transmission Networks // “Zamonaviy ilm-fanning dolzarb muammolari, yutuqlari va innovatsiyalari” Respublika ilmiy va ilmiy-texnik anjuman. Maqolalar to‘plami. – Toshkent, 2023. – P.45-47.

12. Арипов Ж.А. Надежность сети передачи данных с коммутацией пакетов в режиме дейтаграмм // “Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” Respublika ilmiy-texnik anjumani. Ma’ruzalar to‘plami. 2-qism. - Toshkent, 2022. – С.20-22.

13. Джураев Р.Х., Арипов Ж.А. Особенности расчета надежности сети передачи данных с коммутацией пакетов в виртуальном режиме // “Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” Respublika ilmiy-texnik anjumani. Ma’ruzalar to‘plami. 2-qism. - Toshkent, 2022. – С.22-24.

14. Д.Давронбеков, Ж.Арипов. Один из способов выбора типовой структуры волоконно-оптической сети связи // ITN&T-2022 Proceedings of the International Scientific Conference “Information Technologies, Networks And Telecommunications”. Urgench, 2022. – С.132-135.

15. D.A.Davronbekov, Z.T.Khakimov, J.A.Aripov. Device for Diagnostics of FOCL Elements Used in Mobile Communication Systems // «Цифровые технологии: проблемы и решения практической реализации в отрасли». Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Ташкент – 2022. – P.232-234.

16. J.A.Aripov. Numerical Modeling of the Probability of Timely Delivery of Messages of the k-priority of the Data Communication Network // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022.- p.1-4.
DOI: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146866. (3) SCOPUS

17. D.Davronbekov, J.Aripov, Sh.Jabbarov, R.Djuraev, D.Matkurbonov. Influence Of Packet Switching And Routing Methods On The Reliability Of The Data Transmission Network And The Application Of Artificial Neural Networks // 14th International Conference “Intelligent Human Computer Interaction (IHCI 2022)”. - Tashkent, Uzbekistan. - 2022.- p.284–296. (3) SCOPUS

18. D.A.Davronbekov, J.A.Aripov. Features of Simulation Diagnostics System of the Data Transmission System Using GPSS // International conference “Actual

issues of intelligent information and communication technologies”, Tashkent. – 2022. – p.390-392.

19. Davronbekov D.A., Matyokubov U.K., Aripov J.A. Analysis of Reliability Issues in Telecommunications Networks and Power Grids // Scientific Collection “InterConf”, №91. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference “Recent scientific investigation”.- Norway. - 2021. –p.434-438.

20. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А. Расчет среднего времени доставки сообщений (пакетов) k-го приоритета сети передачи данных при идеальной надежности // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 18414, 06.09.2022.

21. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А., Джаббаров Ш.Ю. Расчет среднего времени доставки сообщений (пакетов) k-го приоритета сети передачи данных при реальной надежности // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 18415, 06.09.2022.

22. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А., Джураев Р.Х. Расчет функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k-го приоритета при идеальной надежности // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 18416, 06.09.2022.

23. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А., Хужаматов Х.Э., Маткурбонов Д.М. Расчет функции распределения вероятности своевременной доставки сообщений (пакетов) k-го приоритета при реальной надежности // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 18417, 06.09.2022.

24. Davronbekov D.A., Aripov J.A. Ma’lumotlar uzatish tarmog‘ining xabarlarini (paketlarini) o‘z vaqtida etkazib berish ehtimoligining eskirishga bog‘liqligini hisoblash // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 26914, 23.08.2023.

25. Давронбеков Д.А., Арипов Ж.А. Программа имитационного моделирования диагностического контроля в высокоскоростных сетях передачи данных // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligining Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma. №DGU 27558, 20.09.2023.

Avtoreferat “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilda hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi (04.03.2024).

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

**Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 25/24.**

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