

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Степанова Михаила Сергеевича на диссертационную работу

Феноменова Михаила Александровича

«Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы диссертации

Современный рынок телекоммуникаций характеризуется стремительным развитием. То, что вчера считалось безусловным стандартом, сегодня может стать лишь одним из возможных вариантов построения сети связи. Вместе с технологическим прогрессом средств телекоммуникаций необходимо развивать и совершенствовать инструменты управления разнообразным оборудованием и услугами сетей последних поколений. Безусловно, надо учитывать конкуренцию за сетевые ресурсы между приложениями и сервисами, в том числе критичными, количество которых продолжает возрастать. При этом и рынок оборудования, и рынок квалифицированных специалистов, и физические ресурсы операторов связи испытывают дефицит. В этих условиях предъявляются повышенные требования к современным решениям в области управления эксплуатационными ресурсами.

На основе данных исследовательской и консалтинговой компании Gartner, специализирующейся на рынке информационных технологий, порядка 80% крупных компаний в мире в 2025 году автоматизируют процессы планирование ресурсов. А к 2026 году объем рынка решений для управления эксплуатационными ресурсами достигнет 10,2 млрд долларов, т.е. увеличившись почти вдвое относительно 2024 года.

Основными преимуществами от внедрения систем планирования персонала (Workforce Management, WFM) являются, с одной стороны,

закрытие бизнес-потребностей компании, а с другой стороны - удовлетворение требований к гибкости организации процессов эксплуатации сети. При этом системы WFM должны позволять оптимизировать расходы, т.е. рационально распределять имеющиеся эксплуатационные ресурсы на те задачи, которые являются насущными на текущий момент и/или приносят наибольшую прибыль.

Основываясь на изложенных выше фактах, можно сделать вывод, что тема диссертационной работы «Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G» является актуальной.

Содержание работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список используемых источников и два приложения. Полный объем диссертации составляет 160 страниц. Работа содержит 28 рисунков, 5 таблиц, список источников из 144 наименований.

Во введении показана степень проработанности выбранной темы исследования и обосновывается ее актуальность, определена цель исследования и сформулированы задачи, описаны научная новизна и практическая значимость работы.

В главе 1 выполнен анализ проблематики управления эксплуатационными ресурсами на сетях связи. В рамках темы исследования рассмотрены различные аспекты архитектур ODA, NGOSS и Frameworx, на основании чего сделаны выводы по интеграции WFM в инфраструктуру информационных систем телекоммуникационной компании. Также в работе проведен подробный анализ эволюции подходов управления эксплуатационными ресурсами и подчеркнуты характерные для отрасли телекоммуникаций особенности задач управления заявками на работы и их распределения, поскольку они требуют принципиально иных математических моделей WFM.

В главе 2 предложена трехфазная математическая модель процессов WFM и детально исследованы вероятностно-временные характеристики для совершенно разноплановых задач эксплуатационных систем операторов связи. В первой фазе, разработанной математической модели, осуществляется подготовка и планирование задач в системе WFM, затем, во второй фазе выполняются сами работы (например, замена неисправного оборудования, настройка конфигурации на оборудовании и т.п.) по задаче с определенными вероятностно-временными характеристиками. Далее, в третьей фазе подводятся итоги выполнения задач и производится анализ результатов проведенных работ. На основе полученных вероятностно-временных характеристик модели выведены аналитические выражения и выполнены расчеты характеристик для различных распределений времени выполнения задач. Приведено решение оптимизационной задачи, позволяющее вычислить эффективную стратегию WFM по заданным критериям и с учетом имеющихся ограничений. Для автоматизации обработки и анализа результатов проведенных работ разработана модель нейронной сети и проведено ее обучение.

Глава 3 направлена на решение задач по планированию и оптимизации расписания рабочих участков эксплуатационного персонала с учетом выходных дней и цикличности рабочих смен. Был выполнен анализ граничных условий, которые должны быть учтены оператором связи при организации работ. И с их учетом, а также на основе количества прогнозируемых задач, разработана математическая модель для составления расписания эксплуатационного персонала.

В главе 4 проведено исследование практических аспектов реализации систем WFM, как для автоматизации процессов распределения эксплуатационных ресурсов, так и для планирования рабочих смен и графика выполнения работ. На практике проверены основные допущения, заложенные в основу разработанных в данной работе математических

моделей WFM, что подтверждается соответствующими актами внедрения, приведенными в приложении.

В заключении изложены ключевые результаты диссертационной работы.

Научная новизна результатов диссертационной работы

Научная новизна диссертации Феноменова Михаила Александровича заключается в исследовании и разработке моделей и методов на основе вероятностно-временных характеристик, как на этапе формулирования самих задач, так и на этапе планирования выполнения эксплуатационных задач на сети.

Научной новизной обладают следующие результаты:

- разработана новая трехфазная математическая модель системы WFM, которая дает возможность распределять эксплуатационные ресурсы посредством вероятностно-временных характеристик;
- в результате применения метода множителей Лагранжа, при решении оптимизационной задачи по расчету эффективной стратегии WFM, на 21% увеличилась производительность использования эксплуатационных ресурсов;
- при использовании метода линейного программирования, дающего возможность выбирать стратегии распределения эксплуатационных ресурсов, на основе рассматриваемых ограничений и с учётом заданных метрик эффективности, на 17% повысилась эффективность распределения ресурсов.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором в диссертации

Теоретическая значимость данного исследования состоит в разработке новых вероятностно-временных математических моделей для систем WFM, оптимизации выбора стратегий распределения эксплуатационных ресурсов и детальном анализе граничных условий, влияющих на организацию и выполнение производственных задач.

Еще одним важным результатом является предложенная автором методика расчета рабочих смен, позволяющая учитывать прогнозируемый объем задач и выбранную стратегию распределения эксплуатационных ресурсов.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработанных методиках планирования персонала с помощью систем WFM, примененных в телекоммуникационных компаниях. В ООО «СИГУРД-АЙТИ» - при создании практических расписаний и графика смен, а также недельных и месячных планов работ для сотрудников call-центров. В СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича - при проведении лекционных, лабораторных и практических занятий со студентами. В ООО "Комфортел" - при оптимизации производственных затрат на эксплуатационную поддержку сетевой и ИТ-инфраструктуры. Таким образом, разработанные модели и методы могут быть применены для планирования, проектирования и последующего использования систем распределения эксплуатационных ресурсов операторов сетей связи пятого и последующих поколений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и результатов данной исследовательской работы подкрепляется грамотным использованием математического аппарата, результатами натурного эксперимента, а также вынесением на общее рассмотрение результатов диссертационной работы на конференциях и семинарах и публикацией основных результатов в российских изданиях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях 27-ой международной конференции «International conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications DCCN» (Москва, 23-27 сентября 2024); Международной научно-технической

и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» АПИНО 2023, 2024, 2025 (Санкт-Петербург); на семинарах кафедры инфокоммуникационных систем СПбГУТ.

Всего по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них 11 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего, образования и науки Российской Федерации, 3 статьи в других изданиях и материалах конференций.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В главе 2 для решения оптимизационной задачи был выбран метод множителей Лагранжа, при этом не дается пояснения на основании чего было принято такое решение.
2. При анализе эффективности использования полученных результатов на практике было бы полезно дать рекомендации, для каких компаний и/или задач стоит применять предложенные модели и методы и почему.
3. В главе 3 рассматривается задача планирования рабочих смен с учетом времени в пути. Однако, в практике работы провайдеров встречается большое количество процессов, выполняемых сотрудниками на местах (например, настройка оборудования, мониторинг, активация сервисов и т.п.). Автору следовало бы проанализировать, как предложенные им методы могут повысить эффективность в этом случае.
4. В главе 1 было бы полезно привести динамику применения систем WFM в Российской Федерации, а также указать, в каких областях наблюдается наибольший спрос.

5. В разделе 4.3., где представлены типовые возможности системы Workforce Management, следовало бы показать, какие из существующих систем обладают данными возможностями, а также привести основные различия между ними.
6. В ряде разделов работы присутствуют опечатки, стилистические неточности пропущенные знаки препинания.

Выводы

Считаю, что отмеченные недостатки не снижают значимости теоретических и практических результатов данного исследования. Диссертационная работа Феноменова Михаила Александровича «Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 2, 16, 18, 19.

В диссертации решена научная задача по исследованию и разработке моделей, методов и стратегий для повышения эффективности распределения эксплуатационных ресурсов операторов связи, являющаяся важной для развития отрасли связи в современных, динамично изменяющихся условиях. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в редакции от 18.03.2023. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Таким образом диссертационная работа «Модели и методы распределения эксплуатационных ресурсов оператора связи в условиях перехода к сетям 5G/6G» заслуживает положительной оценки, а ее автор – Феноменов Михаил Александрович – присвоения ученой степени кандидата

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

20 ноября 2025 года

Официальный оппонент,

доцент кафедры «Сети связи и системы коммутации», МТУСИ

кандидат технических наук, доцент

 М.С. Степанов

Подпись руки Степанова М.С. заверяю

Проректор по науке МТУСИ

доктор технических наук, профессор

 Ю.Л. Леохин

Степанов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук по специальности 2.2.15 – системы, сети и устройства телекоммуникаций, доцент кафедры «Сети связи и системы коммутации», Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики». Адрес: 111024, г. Москва, Авиамоторная ул., 8а

Тел.: (495) 957-77-31

E-mail: mtuci@mtuci.ru