

Мухтаров Амир Амангельдыевич

Разработка моделей и методов оптимизации
проектирования коммуникационных сетей нефтяных
месторождений

Специальность 05.13.06 —
«Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами»

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва — 2021

[текст] / В. М. Вишневский, А. А. Ларионов, А. А. Мухтаров // Материалы 13-й конференции с международным участием "Новые информационные технологии в исследовании сложных структур" (ICAM 2020, Томск). — 2020. — с. 82.

A0. *Мухтаров, А.* Математические модели задач оптимального размещения базовых станций беспроводной сети связи [текст] / А. Мухтаров, П. О. Ю. // Материалы 3-й Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию А.И. Скобло и 105-летию Г.К. Шрейбера «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России» (Москва, 2019). — 2019. — с. 223.

A0. *Мухтаров, А.* Задача оптимального размещения базовых станций широкополосной беспроводной сети. [текст] / А. Мухтаров, П. О. Ю. // Материалы Региональной научно-технической конференции «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России» (Москва, 2018). — 2019. — с. 177.

Список литературы

0. *Вишневский, В. М.* Теоретические основы проектирования компьютерных сетей [текст] / В. М. Вишневский. — Москва : Техносфера, 2003. — 512 с.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время тенденция бурного развития информационных технологий во всех сферах деятельности человека оказывает весомое влияние на развитие нефтегазового сектора страны. Современные компании, представляющие собой сложную многоуровневую производственно-технологическую систему в силу своего устойчивого развития требуют постоянного движения в направлении развития технологий. Нефтегазовая отрасль России является ключевым сектором топливно-энергетического комплекса страны, особенностью которой является масштабы объектов управления, наличие больших объемов информации, высокие требования к безопасности и надежности. Сегодня наблюдается этап бурного развития «цифровизации». Лидеры крупнейших международных нефтегазовых компаний имеют подразделения, задачами которых является разработка и реализация в дальнейшем принципов интеллектуального месторождения: «Умные месторождения» («Smart Fields») в компании Shell, «Месторождение будущего» («Field of the Future») в компании BP и «iFields» в компании Chevron и др. Данное развитие нефтегазового комплекса предусматривает переход к малолучным системам управления добычи, транспортировки и переработки сырья. Основными информационными технологиями являются: большие данные (англ. Big Data), искусственные нейронные сети (англ. Artificial Neural Network – ANN), системы распределенного реестра (англ. Blockchain), промышленные интернет вещей (англ. Industrial internet of things – IIoT), технологии виртуальной и дополненной реальности (англ. Virtual Reality – VR), мониторинг распределенных объектов беспилотными летательными аппаратами БПЛА (англ. Unmanned Aerial Vehicle – UAV). Современные месторождения сегодня, помимо данных первичного сбора и обработки информации технологических параметров основных производственных объектов содержат также колоссальный объем информации мультимедийного трафика. Сюда входят данные БПЛА по обнаружению утечек и разрушения трубопроводов; камер видеонаблюдений; а также большой поток данных цифровых двойников, аналитики и т.д. Большой объем передачи информации привел к еще одной из наиболее интересных тенденций цифрового развития – внедрения беспроводных технологий. Активное использование беспроводных сетей основывается на ряде их преимуществ по сравнению с кабельными сетями:

- возможность получения информации с любой точки контролируемой территории;
- быстрый ввод в эксплуатацию по системе подключения типа Plug-&-Play;
- сокращение капитальных затрат на создание сети;
- уменьшение затрат на эксплуатацию;

- высокая гибкость, масштабируемость;
- упрощенные требования к обслуживанию оборудования.

В совокупности со всеми вышеизложенными перспективными направлениями беспроводные технологии являются неотъемлемой частью «цифровизации» месторождений. Отсюда возникает научно - техническая проблема организации распределенной беспроводной сети связи, соответствующая реальным требованиям современного производства.

Процесс проектирования современной ВС состоит из решения взаимосвязанных задач [0]:

- выбор типов технических средств и протоколов;
- выбор топологической структуры сети;
- анализ и оптимизация пропускной способности каналов связи;
- маршрутизация информационных потоков и др.

Основной проблемой исследования затронутой в этой работе является синтез топологии беспроводной сети как одна из задач комплексного проектирования беспроводных сетей связи.

Степень разработанности темы. Создание современной инфраструктуры передачи данных является одной из главных задач современного производства. Бурное развитие беспроводных сетей во всех областях деятельности человека обуславливает целесообразность их использования на нефтегазовых месторождениях. В настоящее время в России исследованию беспроводных сетей связи посвящено ряд работ, подавляющее большинство которых рассматривают сети для контроля гражданских объектов. Примерами таких объектов является жилые районы города, протяженные автомагистрали, железные дороги и др. В частности, при исследовании проблемы синтеза топологии сети автор опирается на труды таких отечественных ученых как: В.М. Вишневецкий, А.К. Самуйлов, Ю.В. Гайдамака, О.Ю. Першин, О.В. Семенова, А.А. Ларионов, Д.В. Козырев и другие. Наряду с отечественными работами диссертант обращался к трудам зарубежных авторов: Е.С. Кавальканте, Х. Лиу, А.В. Рейз, Д.Ли, Д.П. Хейман, С. Шен, Д. Бендель, У. М. Амин, Б. Брахим, Х.Э. Кызыльёз и другие.

В работах этих ученых рассматриваются задачи оптимального размещения технических средств беспроводных сетей связи, оценки характеристик сетей с помощью стохастических моделей сетей массового обслуживания. Таким образом актуальность задачи синтеза топологии

A0. *Вишневецкий, В. М.* Задача оптимального размещения базовых станций широкополосной сети для контроля линейной территории при ограничении на величину межкомандной задержки [текст] / В. М. Вишневецкий, А. А. Мухтаров, О. Першин // Материалы 23-й Международной научной конференции "Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь" (DCCSN-2020, Москва). — 2020. — с. 148—155.

A0. *Пазарева, В. Е.* Расчёт межкомандных задержек и длин очередей в многошаговой tandemной сети с применением методов машинного обучения [текст] / В. Е. Пазарева, А. А. Ларионов, А. А. Мухтаров // Материалы Всероссийской конференции с международным участием "Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем" (Москва, 2020). — 2020. — с. 43—48.

A0. *Мухтаров, А. А.* Математические модели задачи размещения базовых станций для контроля линейной территории [текст] / А. А. Мухтаров, Р. Е. Иванов, О. Ю. Першин // Proceedings of the 22nd International Scientific Conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications (DCCSN-2019, Moscow). — 2019. — с. 205—212.

A0. *Мухтаров, А. А.* Задача размещения базовых станций широкополосной связи для обслуживания заданного множества распределенных объектов [текст] / А. А. Мухтаров, О. Ю. Першин // Труды 13-го Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ XIII, Москва, 2019). — 2019. — с. 2992—2994.

A0. *Мухтаров, А. А.* Оптимальное размещение базовых станций широкополосной беспроводной сети связи для обслуживания заданного множества распределенных объектов [текст] / А. А. Мухтаров, О. Ю. Першин // Материалы 12-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2019, Москва). — 2019. — с. 610—612.

A0. *Мухтаров, А. А.* Оптимальное размещение базовых станций широкополосной беспроводной сети связи для обслуживания заданного множества распределенных объектов [текст] / А. А. Мухтаров, О. Ю. Першин // Труды 12-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2019, Москва). — 2019. — с. 531—537.

A0. *Вишневецкий, В. М.* Расчёт характеристик tandemной сети с фиксированными длинами входящих пакетов методом машинного обучения

Можно сослаться на свои работы в автореферате. Для этого в файле `Synopsis/setup.tex` необходимо присвоить положительное значение счётчику `\setcounter{usefootcite}{1}`. В таком случае ссылки на работы других авторов будут подстрочными. Изложенные в третьей главе результаты опубликованы в [vakbib1; vakbib2]. Использование подстрочных ссылок внутри таблиц может вызывать проблемы.

В четвертой главе приведено описание

В заключении приведены основные результаты работы, которые заключаются в следующем:

1. На основе анализа ...
2. Численные исследования показали, что ...
3. Математическое моделирование показало ...
4. Для выполнения поставленных задач был создан ...

При использовании пакета `biblatex` список публикаций автора по теме диссертации формируется в разделе «Публикации.» файла `common/characteristic.tex` при помощи команды `\nocite`

Публикации автора по теме диссертации

В изданиях из списка ВАК РФ

- A0. *Иванов, Р. Е.* Задача оптимального размещения заданного множества базовых станций беспроводной сети связи с линейной топологией [текст] / Р. Е. Иванов, А. А. Мухтаров, О. Першин // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. — 2019. — т. 549, № 4. — с. 39–45. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37244070>.

В изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus

- A0. *Ivanov, R. A* Problem of Optimal Location of Given Set of Base Stations in Wireless Networks with Linear Topology [текст] / R. Ivanov, A. Mukhtarov, O. Pershin // Communications in Computer and Information Science. — 2019. — Vol. 1141 CCIS. — P. 53–64. — (Scopus, WoS).
- A0. On Optimal Placement of Base Stations in Wireless Broadband Networks to Control a Linear Section with End-to-End Delay Limited [текст] / A. Mukhtarov [et al.] // Communications in Computer and Information Science. — 2020. — Vol. 1337. — P. 30–42.

В сборниках трудов конференций

сети в составе комплексного проектирования беспроводных сетей предопределили и положили начало целям и задачам данного диссертационного исследования.

Объектом исследования в данной работе являются беспроводные широкополосные сети.

Предметом исследования является синтез топологической структуры беспроводной широкополосной сети.

Цель диссертационного исследования состоит в разработке методов и методов задачи оптимального размещения базовых станций беспроводной сети связи.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. анализ характеристик беспроводных сетей необходимых для построения моделей размещения;
2. разработка математических моделей задачи размещения базовых станций в рамках комплексного проектирования сетей телекоммуникаций для мониторинга объектов нефтегазовых месторождений;
3. разработка моделей оценки характеристик производительности беспроводных сетей связи;

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

1. разработаны модели задачи размещения базовых станций на плоскости и для частного случая с линейной топологией;
2. разработаны модели имитационного моделирования для оценки характеристик производительности сети;
3. разработаны модели прогнозирования оценок характеристик производительности с помощью методов машинного обучения.

Практическая значимость Предложенные алгоритмы могут быть использованы при проектировании беспроводных сетей для контроля распределенных объектов на плоскости, а также покрытия протяженного линейного участка.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. **Необходимо топологию беспроводной сети для обеспечения сбора информации с множества рассредоточенных объектов на плоскости;**
2. **С целью покрытия протяженного линейного участка разработана модель оптимального размещения базовых станций**
3. **Для использования характеристик производительности сети в качестве ограничений задач синтеза топологии разработана комбинаторная модель оптимизации;**
4. **Разработана имитационная модель массового обслуживания**

В папке Documents можно ознакомиться с решением совета из Томского ГУ (в файле Def_positions.pdf), где обоснованно даются рекомендации по формулировке защищаемых положений.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследования представлены и обсуждены на научных конференциях «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России» (Москва, 17-21 сентября 2018); «13-е Всероссийское совещание по проблемам управления» (Москва, 17-20 июня 2019); «International Conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications» (Москва, 22-27 сентября 2019), «Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России» (Москва, 24-26 сентября 2019); «Управление развитием крупномасштабных систем» (Москва, 1-3 октября 2019); «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems» (Москва, 13-17 апреля 2020); «Computer-aided technologies in applied mathematics» (Томск, сентябрь 2020); «International Conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications» (Москва, 14-18 сентября 2020); «Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems» (Москва, 19-23 апреля 2021);

Личный вклад. Все основные научные положения диссертационного исследования разработаны автором совместно с научным руководителем.

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в 12 печатных изданиях, 1 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 — в периодических научных журналах, индексированных Web of Science и Scopus, 9 — в сборниках трудов конференций.

При использовании пакета biblatex будут подсчитаны все работы, добавленные в файл biblio/author.vrb. Для правильного подсчёта работ в различных системах цитирования требуется использовать поля:

- authorvak если публикация индексирована ВАК,
- authorscopus если публикация индексирована Scopus,
- authorwos если публикация индексирована Web of Science,
- authorconf для докладов конференций,
- authorpatent для патентов,
- authorprogram для зарегистрированных программ для ЭВМ,
- authorother для других публикаций.

Для подсчёта используются счётчики:

- citeauthorvak для работ, индексированных ВАК,
- citeauthorscopus для работ, индексированных Scopus,
- citeauthorwos для работ, индексированных Web of Science,
- citeauthorprogram для работ, индексированных одной из трёх баз,

- citeauthorscopuswos для работ, индексированных Scopus или Web of Science,
 - citeauthorconf для докладов на конференциях,
 - citeauthorother для остальных работ,
 - citeauthorpatent для патентов,
 - citeauthorprogram для зарегистрированных программ для ЭВМ,
 - citeauthor для суммарного количества работ.
- Для добавления в список публикаций автора работ, которые не были процитированы в автореферате, требуется их перечислить с использованием команды \nocite в Synopsis/content.tex.

Содержание работы

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, излагается научная новизна и практическая значимость представляемой работы. В последующих главах сначала описывается общий принцип, позволяющий ..., а потом идёт апробация на частных примерах: ... и

Первая глава посвящена ...

картинку можно добавить так:

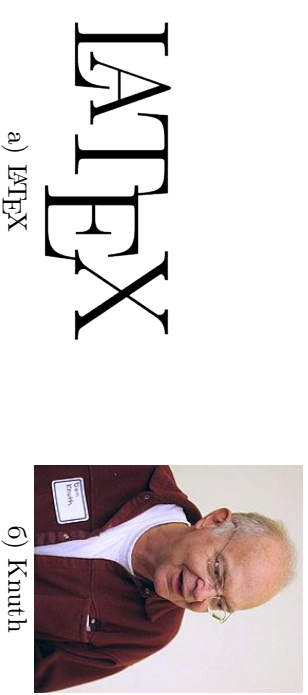


Рис. 1 — Подпись к картинке.

Формулы в строку без номера добавляются так:

$$\lambda_{Ts} = K_x \frac{dx}{dT_s}, \quad \lambda_{qs} = K_x \frac{dx}{dq_s},$$

Вторая глава посвящена исследованию
Третья глава посвящена исследованию