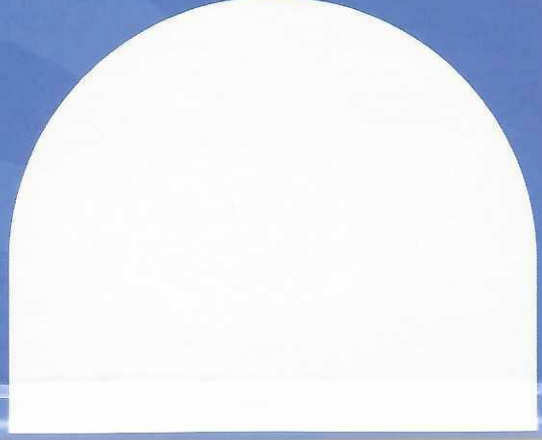

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ СЕТЕЙ 5G/6G И SMART CITY
В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАПЛОТНОЙ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

МОНОГРАФИЯ



УДК 358.236
ББК 32.94-5
А45

Рекомендовано к изданию Ученым советом
ТОО «Astana IT University»
(Протокол № 11 от 26.03.2026 г.)

Рецензенты:

Калиева С.А. – PhD, старший преподаватель кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Института физико-технических наук Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева;

Бегимбаева Е.Е. – PhD, заведующий кафедрой «Кибербезопасность» Алматынского университета энергетики и связи имени Гумарбека Дукеева;

Абитова Г.А. – PhD, ассоциированный профессор Школы интеллектуальных систем, «Astana IT University».

Аллашева Л.С., Амирова А.С., Тусупов А.Д., Нуржаубаева Г.С., Әбдіраман Ә.С.

А45 Интеллектуальные телекоммуникационные решения для сетей 5G/6G и Smart City в условиях ультраплотной городской среды: монография / Л.С.Аллашева, А.С.Амирова, А.Д.Тусупов, Г.С.Нуржаубаева, Ә.С.Әбдіраман. – Алматы: Дарын, 2026. – 310 стр.

ISBN 978-601-382-387-4

В монографии рассматриваются методы повышения пропускной способности и надежности сетей 5G и 6G в условиях плотной городской застройки с акцентом на задачи Smart City и масштабируемых IoT-систем. Особое внимание уделено интеграции телекоммуникационных технологий, применению моделей искусственного интеллекта и аналитики больших данных для мониторинга, оптимизации распределения нагрузки и поддержки принятия решений на основе реальных драйв-тестов. В работе подробно исследуются механизмы управления мобильностью, включая разработку и оптимизацию нечетких моделей хэндовера для различных городских сценариев. Отдельный раздел посвящен анализу и улучшению характеристик многослойных текстильных антенн, перспективных для использования в интеллектуальной городской инфраструктуре.

Данная монография выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МНВО РК в рамках программно-целевого финансирования BR24992852 «Разработка интеллектуальных моделей и методов цифровой экосистемы Smart City для устойчивого развития города и повышения качества уровня жизни горожан».

УДК 358.236
ББК 32.94-5

© Коллектив авторов, 2026
© Издательство Дарын, 2026

ISBN 978-601-382-387-4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ИНТЕГРАЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И СВЯЗИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	10
1.1. Применение 5G/6G сетей для высокоскоростной передачи данных с датчиков и дронов	10
1.2. Применение 5G-технологий для поддержки масштабируемых IoT-сетей в условиях Smart City	29
2. ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	40
2.1. Методология оценки производительности сетей мобильного широкополосного доступа 5G в городских условиях: пример применения в Астане, Казахстан	40
2.2. Внедрение моделей искусственного интеллекта и аналитики больших данных для оптимизации распределения нагрузки в сетях 5G на основе результатов драйв-тестов	68
3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ХЭНДОВЕРОМ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЕВ, ОТЗЫВОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ХОДЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРВИЧНЫХ РАЗРАБОТОК	82
3.1. Исследование сценариев и параметров, влияющих на процесс передачи соединения между базовыми станциями	82
3.2. Разработка и реализация нечеткой модели управления процессом передачи соединения	89
3.3. Оптимизация параметров управления передачей соединения с применением нечеткой логики	97
3.4. Методы оптимизации хэндовера на основе искусственного интеллекта	105
3.5. Механизм запуска и управления режимами работы в сверхплотных сетях 5G с усиленной аутентификацией при хэндовере	109
4. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В SMART CITY ..	120
4.1. Обзор литературы по текстильным микрополосковым антеннам	129

4.2. Теоретические основы текстильных микрополосковых патч-антенн	140
4.3. Методы и подходы к улучшению характеристик текстильных антенн	148
4.4. Методы и подходы к улучшению характеристик текстильных Яги-Уда антенн	172
5. КОМПЛЕКСНЫЕ МЕХАНИЗМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В 5G-ОРИЕНТИРОВАННЫХ IOT-СЕТЯХ	199
5.1. Безопасность 5G-ориентированных IoT-систем: атаки и контрмеры	199
5.2. Криптографические методы обеспечения безопасности в сетях 5G	208
6. ПЕРСПЕКТИВЫ ЭВОЛЮЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНЦЕПЦИИ OPEN RAN В АРХИТЕКТУРЕ СЕТЕЙ 5G И 6G	217
6.1. Open RAN: концептуальные положения	217
6.2. Интеграционный потенциал Open RAN в сочетании с технологиями искусственного интеллекта	263
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	279
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	283

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие цифровых технологий, экспоненциальный рост объёмов генерируемой и передаваемой информации, а также повсеместная цифровизация социально-экономических процессов обусловили глубокую трансформацию телекоммуникационных систем и переход к принципиально новым архитектурам их построения и функционирования. Современные коммуникационные сети перестали быть исключительно средством передачи данных и превратились в стратегическую инфраструктурную основу цифровой экономики. В этом контексте сети пятого (5G) и шестого (6G) поколений рассматриваются как ключевой технологический фундамент для реализации концепции Smart City, ориентированной на интеллектуальное управление городской инфраструктурой, устойчивое развитие территорий, повышение энергоэффективности и качества жизни населения. Формирование цифровой экосистемы города предполагает интеграцию транспортных систем, энергетики, систем общественной безопасности, здравоохранения и коммунального хозяйства в единое информационное пространство с высокой степенью автоматизации и адаптивности.

В условиях плотной городской застройки, высокой концентрации абонентов, значительной пространственной и временной вариативности трафика, а также гетерогенности источников данных перед операторами связи и исследователям сообществом возникают комплексные задачи обеспечения высокой пропускной способности, сверхмалых задержек, гарантированной надёжности и непрерывности соединения при одновременном снижении капитальных и эксплуатационных затрат. Дополнительную сложность вносит необходимость соблюдения требований по энергоэффективности, электромагнитной совместимости и информационной безопасности. Таким образом, развитие сетей нового поколения требует системного подхода, сочетающего радиотехнические, алгоритмические и архитектурные решения.

Л.С.Алдашева, А.С.Амирова,
А.Д.Тусупов, Г.С.Нуржаубаева,
Ә.С.Әбдіраман

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ
СЕТЕЙ 5G/6G И SMART CITY В УСЛОВИЯХ
УЛЬТРАПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Монография

Объем монографии составляет 20 п.л.;
Алдашева Л.С. – 3,5 п.л., Амирова А.С. – 3,5 п.л., Тусупов А.Д. – 6 п.л.,
Нуржаубаева Г.С. – 3,5 п.л., Әбдіраман Ә.С. – 3,5 п.л.

*Компьютерная верстка: Әбдіжасар Ш.
Дизайн обложки: Әбдіжасар Ш.
Технический редактор: Сейітбек Р.*

В печать подписано 03.04.2026.
Формат 60x84 1/16. Объем печатных листов 20 п.л.
Тираж 500 экземпляров.

Издательство ТОО «Дарын баспасы»
г. Алматы, ул. Жамбыла, 114/85
e-mail: darynbaspa2022@mail.ru
тел.: +7 747 150 11 77

Отпечатано в типографии ТОО «Издательство Дарын»