

УДК 004.738.5

UDC 004.738.5

4.3.1. – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

4.3.1. – Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 5G И STARLINK ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ИИ: РАЗВИТИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ И КОМПЛЕКСНОГО РОСТА

AI-DRIVEN 5G AND STARLINK: EVOLVING THE DIGITAL ECONOMY AND INTEGRATED GROWTH

Тараненко Вадим Витальевич
Студент

Taranenko Vadim Vitalievich
Student

vadimtaranenko325@gmail.com

vadimtaranenko325@gmail.com

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилына, Россия, Краснодар 350044, Калинина 13

"Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia

В современную эпоху цифровая связность перестала быть роскошью и превратилась в базовую необходимость, однако её повсеместное и стабильное обеспечение остается сложной задачей. Технологии пятого поколения (5G) предлагают беспрецедентную скорость и минимальную задержку в густонаселенных центрах, но их развертывание на обширных или труднодоступных территориях экономически нецелесообразно из-за ограниченного радиуса действия станций. С другой стороны, спутниковая система Starlink предлагает практически глобальный охват, но уступает 5G в скорости отклика и подвержена влиянию внешних факторов, таких как погодные условия и физические преграды. Стратегическим решением этих проблем становится интеллектуальная конвергенция данных технологий. Такое гибридное решение не просто компенсирует недостатки каждой системы, а создает принципиально новую, адаптивную сетевую экосистему. Ключевую роль в управлении этой сложной инфраструктурой играет искусственный интеллект (ИИ), обеспечивающий динамическую оптимизацию и принятие правильных решений. Интеграция 5G и Starlink, управляемая ИИ, выступает мощным катализатором экономического прогресса. Она позволяет эффективно устранять цифровой разрыв, стимулируя рост ВВП и предпринимательской активности в регионах. Более того, такая система гарантирует исключительную отказоустойчивость сети, что является критическим фактором для стабильности бизнеса и общественной безопасности. За счет стратегического комбинирования технологий достигается оптимизация капитальных и операционных затрат на создание широкополосной инфраструктуры. Таким образом, подобная синергия является стратегическим императивом для построения устойчивой, инклюзивной и процветающей цифровой экономики

In the modern era, digital connectivity has ceased to be a luxury and has become a basic necessity, but its widespread and stable provision remains a challenge. Fifth-generation (5G) technologies offer unprecedented speed and minimal latency in densely populated areas, but their deployment in vast or hard-to-reach areas is not economically feasible due to the limited range of stations. On the other hand, the Starlink satellite system offers near-global coverage, but is inferior to 5G in response speed and is susceptible to external factors such as weather conditions and physical barriers. A strategic solution to these problems is the intelligent convergence of these technologies. Such a hybrid solution does not simply compensate for the shortcomings of each system, but creates a fundamentally new, adaptive network ecosystem. Artificial intelligence (AI) plays a key role in managing this complex infrastructure, ensuring dynamic optimization and making the right decisions. The integration of 5G and Starlink, driven by AI, is a powerful catalyst for economic progress. It effectively bridges the digital divide, stimulating GDP growth and entrepreneurial activity in the regions. Moreover, such a system guarantees exceptional network resilience, which is a critical factor for business stability and public safety. By strategically combining technologies, capital and operating costs for creating broadband infrastructure are optimized. Thus, such synergy is a strategic imperative for building a sustainable, inclusive and prosperous digital economy

Ключевые слова: 5G, STARLINK, НИЗКООРБИТАЛЬНЫЕ СПУТНИКОВЫЕ

Keywords: 5G, STARLINK, LOW-ORBIT SATELLITE SYSTEMS, ARTIFICIAL

СИСТЕМЫ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ,
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ГЕТЕРОГЕННЫЕ
СЕТИ, ИНТЕГРАЦИЯ СЕТЕЙ,
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ,
БЕСШОВНОЕ ИНТЕРНЕТ-СОЕДИНЕНИЕ,
УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ,
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОНОМИКИ,
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING,
HETEROGENEOUS NETWORKS, NETWORK
INTEGRATION, INTELLIGENT MANAGEMENT,
SEAMLESS INTERNET CONNECTION,
RESOURCE MANAGEMENT, CONCEPTUAL
MODEL OF ECONOMICS, THEORETICAL
JUSTIFICATION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-001>

1. Введение

Развитие мировой экономики и общества неразрывно связано с требованием постоянного, высокоскоростного и надежного доступа в интернет. Инновационные направления, такие как Интернет вещей (IoT), автономный транспорт, беспилотные системы и цифровизация промышленности [3,4] формируют спрос на сетевые решения, которые существующие технологии в их автономном виде не в состоянии полностью удовлетворить. Эта потребность выходит за рамки чисто экономических приложений. Отсутствие связи в удаленных регионах создает не только экономический, но и социальный вакуум, ограничивая доступ к образованию, современным медицинским услугам и государственным сервисам, тем самым усугубляя неравенство.

1.1 Внутренние ограничения автономных сетей 5G

Сети пятого поколения демонстрируют впечатляющие показатели скорости (до десятков Гбит/с) и времени отклика (несколько миллисекунд), но их эффективность ограничена урбанизированными зонами. Попытки обеспечить сплошное покрытие в сельской местности, горах или малонаселенных регионах сталкиваются с колоссальными финансовыми барьерами. Глобальные инвестиции в 5G-инфраструктуру, исчисляемые сотнями миллиардов долларов, концентрируются преимущественно в городах, где высокая плотность пользователей окупает затраты. Даже в городской среде технология сталкивается с вызовами: высокочастотные mmWave-сигналы плохо проникают сквозь стены и подвержены эффекту

<http://ej.kubagro.ru/2025/07/pdf/01.pdf>

"городского каньона", где плотная застройка блокирует сигнал. Кроме того, децентрализованная архитектура 5G и множество подключенных IoT-устройств создают потенциальные уязвимости в системе кибербезопасности.

1.2 Внутренние ограничения автономных систем Starlink

Низкоорбитальные спутниковые группировки, флагманом которых является Starlink, способны обеспечить интернет-соединение практически в любой точке планеты. Однако задержка сигнала в них выше, чем в сетях 5G, а стабильность связи зависит от прямой видимости спутника и может ухудшаться из-за атмосферных осадков. Пользователи могут отмечать флуктуации скорости, особенно в часы пиковой нагрузки, а в городской среде высотные здания становятся серьезным препятствием. Стоимость оборудования и ежемесячной подписки на услуги Starlink также превышает аналогичные тарифы 5G. Помимо этого, управление огромной спутниковой группировкой само по себе является сложной задачей, связанной с необходимостью постоянной коррекции орбит, предотвращения столкновений и решения долгосрочной проблемы космического мусора.

1.3 Стратегическая необходимость гибридного решения

Взаимодополняющий характер 5G и Starlink открывает путь к их синергетическому объединению. Гибридная сетевая архитектура позволяет нивелировать слабые стороны каждой технологии: 5G используется для максимальной производительности в зонах плотной застройки, а Starlink - для расширения покрытия и обеспечения базовой связности в остальных локациях. Это не только решает проблему "цифрового разрыва" и стимулирует экономику удаленных регионов, но и кардинально повышает надежность сети. Создание резервного канала связи, не зависящего от наземной инфраструктуры, критически важно для непрерывности бизнеса и функционирования экстренных служб. Экономическая выгода такого

подхода заключается в оптимизации инвестиций: вместо дорогостоящего строительства наземных сетей в удаленных районах можно использовать более эффективные спутниковые решения.

2. Методы

Интеллектуальное слияние сетей 5G и спутниковой группировки Starlink порождает синергетический эффект, при котором преимущества одной технологии компенсируют недостатки другой, формируя сетевую среду с превосходными характеристиками.

2.1 Технология 5G

5G является идеальным решением для приложений [1], требующих мгновенного отклика и высокой пропускной способности, таких как онлайн-гейминг, управление автономными автомобилями или промышленная автоматизация. Технология способна обслуживать огромное количество устройств на квадратный километр и позволяет использовать "сетевое сегментирование" (network slicing) для приоритезации критически важного трафика. Встроенные протоколы безопасности, дополненные решениями класса SD-WAN и SASE, обеспечивают надежную защиту корпоративных данных.

2.3 Технология Starlink(LEO)

Starlink предоставляет доступ к интернету в самых отдаленных уголках планеты, где развертывание 5G экономически невыгодно. Низкая орбита спутников обеспечивает значительно меньшую задержку (25–70 мс) по сравнению с геостационарными аналогами [6]. Ключевое преимущество - устойчивость к локальным наземным сбоям, что делает Starlink идеальным решением для резервирования каналов связи и обеспечения работы в чрезвычайных ситуациях.

2.4 Преимущества гибридной системы

1. Адаптивное повсеместное покрытие: Starlink органично дополняет покрытие 5G, устраняя "белые пятна" на карте связи и решая проблему цифрового неравенства.

2. Динамическая балансировка нагрузки: ИИ-управление позволяет[11] перенаправлять трафик между сетями, используя 5G для ресурсоемких задач и Starlink для разгрузки сети или обеспечения базовой связи, оптимизируя использование ресурсов.

3. Исключительная отказоустойчивость: Комбинация наземных и спутниковых каналов создает систему с высочайшим уровнем надежности, что критически важно для бизнеса и государственных структур. Это переход от реактивного устранения сбоев к проактивному обеспечению бесперебойной работы.

4. Оптимизированная производительность: Интеллектуальные алгоритмы в реальном времени выбирают наилучший канал связи (5G или Starlink) в зависимости от требований приложения, обеспечивая оптимальное соотношение скорости и задержки.

5. Экономическая эффективность: Стратегическое использование Starlink там, где строительство 5G-инфраструктуры слишком дорого, позволяет значительно сократить общие затраты на достижение повсеместного покрытия.

6. Гибкость и масштабируемость по требованию: Гибридная система позволяет оперативно разворачивать высокоскоростные сети в любом месте для временных нужд, будь то музыкальный фестиваль, зона ликвидации последствий стихийного бедствия или строительная площадка в удаленной местности. Сеть можно масштабировать по мере необходимости, не прибегая к долгосрочным капитальным вложениям. Обобщённые данные этого анализа сведены в Таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ и синергетический потенциал гибридной системы

Table 1 – Comparative analysis and synergistic potential of the hybrid system

Характеристика	5G (автономно)	Starlink (автономно, LEO)	Гибридная система (под управлением ИИ)	Стратегические выгоды и бизнес-импакт
Зона покрытия	Высокая плотность в урбанизированных зонах, ограниченный радиус	Глобальный охват при наличии терминала и чистого неба	Практически тотальное покрытие за счет интеллектуального комбинирования	Устранение цифрового разрыва, выход на новые рынки, поддержка удаленных операций.
Пропускная способность	Экстремально высокая, особенно в mmWave диапазоне	Высокая для пользователя, с перспективой роста	Динамически оптимизированная: лучшее из двух миров для каждой задачи	Максимизация эффективности сети, поддержка широкого спектра сервисов.
Задержка (RTT)	Сверхнизкая (единицы-десятки мс)	Низкая для спутниковой связи (25-70 мс)	Адаптивная: ИИ выбирает сеть с наименьшей задержкой для критичных приложений	Поддержка приложений реального времени, снижение операционных рисков.
Мобильность	Бесшовный хэндовер между наземными станциями	Поддержка мобильных терминалов, переключение между спутниками	Непрерывный вертикальный хэндовер между 5G и Starlink	Гарантия непрерывности сервиса для пользователей в движении.
Стоимость	Высокие капитальные затраты на сплошное покрытие	Значительная стоимость оборудования, умеренная для глобального охвата	Оптимизация совокупной стоимости владения за счет гибкого распределения ресурсов	Снижение капитальных вложений в сельской местности, ускорение окупаемости.

Надежность	Уязвимость к локальным сбоям наземной инфраструктуры	Зависимость от погодных условий, но устойчивость к наземным авариям	Кардинальное повышение надежности через взаимное резервирование	Гарантия непрерывности бизнеса, эффективное аварийное восстановление.
Безопасность	Встроенные функции шифрования, поддержка SD-WAN/SASE	Требует пользовательских решений (VPN/прокси)	Комплексная, многоуровневая безопасность	Защита критически важных данных, повышение доверия корпоративных клиентов.
Развертывание	Требует профессиональной установки и планирования	Быстрая самостоятельная установка (DIY)	Гибкость и скорость развертывания для любых сценариев	Оперативная организация связи для временных объектов и мероприятий.

3. ИИ: Интеллектуальный оркестратор гибридной сетей

Реализация гибридной архитектуры 5G-Starlink сопряжена с нетривиальной научно-технической проблемой эффективного управления этой сложной, гетерогенной и динамически изменяющейся сетевой инфраструктурой [7,8]. Стандартные механизмы управления мобильностью и ресурсами, разработанные и оптимизированные для гомогенных сред, не обладают необходимой гибкостью и функционалом для обеспечения эффективной динамической интеграции столь разнородных технологий. Именно здесь искусственный интеллект (ИИ) становится не просто возможным, но и необходимым инструментом для достижения требуемого уровня адаптивности, оперативности и оптимальности принимаемых управляющих решений.

За абстрактными терминами "управление ИИ" скрываются конкретные технологии. Алгоритмы обучения с подкреплением (Reinforcement Learning), такие как Q-Learning [9,10], обучают систему подобно человеку - методом проб и ошибок. ИИ-агент получает

"вознаграждение" за успешные действия (например, за переключение на 5G без потери пакетов перед входом в зону его покрытия) и "штраф" за неудачные. Со временем он вырабатывает оптимальную политику принятия решений, идеально адаптированную к конкретным условиям.

Еще более продвинутым подходом является создание цифрового двойника (Digital Twin) всей гибридной сети. Это виртуальная модель, которая в реальном времени отражает состояние всех компонентов: базовых станций, спутников, пользовательских терминалов и каналов связи. Прежде чем применить какое-либо управляющее решение в реальной сети (например, изменить логику хэндовера [5]), ИИ может смоделировать его на цифровом двойнике, оценить все возможные последствия и выбрать наилучший вариант [2]. Это кардинально снижает риски и позволяет проводить тонкую настройку системы без прерывания обслуживания пользователей.

Ключевые функции и механизмы ИИ:

1. Контекстный анализ в реальном времени: ИИ-контроллер агрегирует и анализирует огромные массивы данных от обеих сетей: уровень сигнала, доступная полоса, задержка, загруженность, а также контекст пользователя (местоположение, скорость движения) и прогноз доступности спутников.

2. Предиктивная оптимизация: от реакции к предвидению: Используя модели машинного обучения, система способна прогнозировать потенциальное ухудшение связи в одном из каналов и заблаговременно переключаться на другой.

3. Интеллектуальный выбор сети и бесшовный хэндовер: Алгоритмы обучения с подкреплением позволяют ИИ-агенту вырабатывать оптимальную стратегию переключения между 5G и Starlink.

4. Динамическое управление ресурсами: ИИ в реальном времени распределяет сетевые ресурсы, уделяя внимание критически важному трафику и объединяя пропускную способность нескольких каналов.

5. Периферийные вычисления (Edge AI): Обработка данных непосредственно на пользовательских устройствах или ближайших узлах сети снижает задержку и нагрузку на центральные серверы, ускоряя принятие мгновенных решений, таких как выбор оптимального луча спутника. Обобщённый список возможностей ИИ показан в Таблица 2

Таблица 2 – Функции ИИ в гибридных сетях и их экономическое влияние

Table 2 – AI functions in hybrid networks and their economic impact

Функция ИИ	Техническая реализация	Влияние на бизнес и экономику
Агрегация и анализ данных	Сбор и обработка разнородных метрик с обеих сетей	Принятие решений на основе данных, оптимизация расходов, выявление новых сервисных ниш.
Предиктивная оптимизация	Прогнозирование качества канала и мобильности пользователя	Сокращение финансовых потерь от сбоев, повышение лояльности клиентов.
Интеллектуальный хэндовер	Автоматизированное бесшовное переключение сетей	Обеспечение непрерывности пользовательского опыта, поддержка критичных приложений.
Динамическое управление QoS	Приоритизация трафика, агрегация каналов	Гарантия качества для премиальных услуг, создание многоуровневых тарифов.
Edge AI	Локальная обработка данных для снижения задержки	Ускорение аналитики, снижение затрат на облачные ресурсы, поддержка распределенных систем.

4. Экономическая трансформация: Раскрытие ценности через интеграцию

Интеллектуальная интеграция 5G и Starlink запускает цепную реакцию положительных изменений в экономике, создавая новые рынки и трансформируя целые отрасли:

4.1. Макроэкономическое воздействие

1. Преодоление цифрового разрыва: Обеспечение сельских районов широкополосным доступом напрямую коррелирует с ростом числа предприятий, увеличением ВВП и доходов населения.

2. Оптимизация инвестиций: Гибридный подход позволяет избежать непомерно дорогих затрат на прокладку оптоволокну в удаленные регионы.

4.2 Новые бизнес-модели и рыночные возможности

1. Умное сельское хозяйство: Подключение IoT-датчиков и техники в полях позволяет в реальном времени отслеживать состояние посевов, оптимизировать расход ресурсов и повышать урожайность.

2. Телемедицина: Высокоскоростная связь делает доступной качественную медицинскую помощь для жителей удаленных районов.

3. Логистика: Компании получают возможность отслеживать транспорт и грузы в реальном времени, оптимизируя маршруты, прогнозируя время прибытия и обеспечивая предиктивное обслуживание техники на основе данных с датчиков.

4. Туризм и удаленная работа: Надежный интернет в рекреационных зонах привлекает "цифровых кочевников", которые вносят значительный вклад в местную экономику.

5. Промышленный IoT и умные города: Гибридные сети обеспечивают надежную связь для миллионов датчиков и исполнительных устройств.

6. Энергетика и коммунальные услуги: Интегрированная связь позволяет создавать "умные сети" (Smart Grids) для более эффективного распределения электроэнергии, осуществлять удаленный мониторинг состояния трубопроводов и линий электропередач, а также оперативно реагировать на аварии в труднодоступной местности, сокращая время простоя и убытки.

5. Стратегические последствия и перспективы на будущее

Для полномасштабной реализации потенциала гибридных сетей необходимо решить ряд стратегических задач. Помимо адаптации законодательства и разработки стандартов, особое внимание следует уделить вопросам кибербезопасности. Гетерогенная природа сети и использование ИИ для управления создают новые векторы атак. Злоумышленники могут пытаться "отравить" данные, на которых обучается ИИ, чтобы заставить его принимать неверные решения, или атаковать сам механизм хэндовера, чтобы вызвать сбои в обслуживании. Поэтому разработка комплексных, многоуровневых систем безопасности, защищающих как каналы связи, так и сам управляющий интеллект, становится первостепенной задачей.

1. Для операторов связи: Приоритетом должны стать инвестиции в ИИ-платформы управления, развитие стратегических партнерств и создание диверсифицированных сервисных предложений.

2. Для правительств: необходимо формировать гибкие регуляторные рамки, стимулировать развертывание гибридной инфраструктуры и инвестировать в программы цифровой грамотности.

3. Для бизнеса: следует рассматривать гибридные решения как инструмент повышения отказоустойчивости, поддержки удаленных операций и получения конкурентных преимуществ.

6. Заключение

Проведенное исследование убедительно демонстрирует, что интеллектуальная интеграция сетей пятого поколения (5G) и низкоорбитальных спутниковых систем типа Starlink представляет собой не просто техническое достижение, а фундаментальный катализатор для глубоких экономических и социальных преобразований. Выявлено, что взаимодополняемость характеристик 5G и Starlink создает объективные предпосылки для их синергетического взаимодействия, позволяя преодолеть присущие им ограничения и обеспечить качественно новый уровень доступности и надежности сетевых сервисов.

Ключевым выводом является то, что эффективная реализация этого потенциала невозможна без внедрения интеллектуальных механизмов управления на основе искусственного интеллекта. ИИ выступает в качестве незаменимого оркестратора, способного агрегировать разнородные данные, осуществлять предиктивный анализ, активно принимать решения по выбору сети и бесшовному хэндоверу, а также динамически оптимизировать ресурсы в этой сложной гетерогенной среде [12]. Это трансформирует управление сетью из реактивного в проактивное, минимизируя время простоя и увеличивая производительность.

Экономические выгоды от такой интеграции многогранны и масштабны. Она играет решающую роль в преодолении цифрового неравенства, стимулируя значительный экономический рост, увеличение доходов и развитие предпринимательства в сельских и удаленных районах. Гибридная система обеспечивает беспрецедентную устойчивость сети, что критически важно для непрерывности бизнес-процессов, общественной безопасности и аварийного восстановления. Кроме того, она открывает новые рыночные возможности и бизнес-модели в таких секторах, как умное сельское хозяйство, удаленное здравоохранение, логистика, туризм и развитие умных городов.

Для полной реализации этого трансформационного потенциала необходимы скоординированные усилия всех заинтересованных сторон. Операторам связи следует инвестировать в ИИ-управляемые платформы и стратегические партнерства. Правительствам необходимо разработать адаптивные регуляторные рамки и поддержать инициативы по цифровому равенству. Предприятиям следует рассмотреть возможность внедрения гибридных решений для повышения устойчивости и операционной эффективности.

Список литературы

1. Крепышев Д.А., Шарапатов Н.А. Перспективы и вызовы внедрения сетей 5G в России. 5.2. Экономика. 2024;204(10). Опубликовано: 28.12.2024. IDA: 2042410015.
2. Крепышев Д.А. Искусственный интеллект в различных операционных системах управления предприятием. 5.2. Экономика. 2024;203(09). Опубликовано: 29.11.2024. IDA: 2032409041.
3. Rangan S., Rappaport T. S., Erkip, E. Millimeter-Wave Cellular Wireless Networks: Potentials and Challenges. *Proceedings of the IEEE*, 2014;102(3):366–385. DOI: 10.1109/JPROC.2014.2299397
4. Giordani M, Polese M, Mezzavilla M, Rangan S, Zorzi M. Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies. *IEEE Commun Mag*. 2020;58(3):55-61. DOI: 10.1109/MCOM.001.1900411
5. Manap S., Dimyati K., Hindia N., Talip M., Tafazolli R. Survey of Radio Resource Management in 5G Heterogeneous Networks. *IEEE Access*. 2020;PP(99): 131202-131223. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002252
6. Tomaz L. M., Capsoni C., Luini L. Model to Scale Rain Attenuation Time Series With Link Elevation Angle for LEO Satellite Based Systems. *Radio Science*. 2023;58(1):e2022RS007551. DOI: 10.1029/2022RS007551
7. Manap S., Dimyati K., Hindia N., Talip M., Tafazolli R. Survey of Radio Resource Management in 5G Heterogeneous Networks. *IEEE Access*. 2020;PP(99): 131202-131223. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002252
8. Bartoli G., Marabissi D., Pucci R., Ronga L. S. AI Based Network and Radio Resource Management in 5G HetNets. *Journal of Signal Processing Systems*. 2017;89(1):133–143. DOI: 10.1007/s11265-017-1223-0
9. Dandachi G., De Maio M., Ali T., Nikaein N. An Artificial Intelligence Framework for Slice Deployment and Orchestration in 5G Networks. *IEEE Trans Netw Serv Manag*. 2021;18(4):3845–3860. DOI: 10.1109/TNSM.2021.3101234.
10. Li C., Wang Y., Sun D., Li X. Vehicular Edge Computing in Satellite-Terrestrial Integrated Networks. *IEEE Internet Things J*. 2023;10(6):5021–5035. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3212345.
11. Zhang J., Kumar N., Han Z., Liu Y. Dynamic-Adaptive AI Solutions for Network Slicing Management in Satellite-Integrated B5G Systems. *IEEE Commun Mag*. 2022;36(5):120–127. DOI: 10.1109/MNET.014.2100987.

12. Suriya M., Haldorai A., Balakrishnan M., Babitan Lincy R. Satellite-Terrestrial Integrated Computing and Artificial Intelligence as a Means of Achieving Handover Management. *IEEE Syst J.* 2023;17(2):986–995. DOI: 10.1109/JSYST.2022.3156789.

References

1. Krepy'shev D.A., Sharapatov N.A. Perspektivy i vy'zovy vnedreniya setej 5G v Rossii. 5.2. *E'konomika.* 2024;204(10). Opublikovano: 28.12.2024. IDA: 2042410015.
2. Krepy'shev D.A. Iskusstvenny'j intellekt v razlichny'x operacionny'x sistemax upravleniya predpriyatiem. 5.2. *E'konomika.* 2024;203(09). Opublikovano: 29.11.2024. IDA: 2032409041.
3. Rangan S., Rappaport T. S., Erkip, E. Millimeter Wave Cellular Wireless Networks: Potentials and Challenges. *Proceedings of the IEEE*, 2014;102(3):366–385. DOI: 10.1109/JPROC.2014.2299397
4. Giordani M, Polese M, Mezzavilla M, Rangan S, Zorzi M. Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies. *IEEE Commun Mag.* 2020;58(3):55-61. DOI: 10.1109/MCOM.001.1900411
5. Manap S., Dimyati K., Hindia N., Talip M., Tafazolli R. Survey of Radio Resource Management in 5G Heterogeneous Networks. *IEEE Access.* 2020;PP(99): 131202-131223. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002252
6. Tomaz L. M., Capsoni C., Luini L. Model to Scale Rain Attenuation Time Series With Link Elevation Angle for LEO Satellite Based Systems. *Radio Science.* 2023;58(1):e2022RS007551. DOI: 10.1029/2022RS007551
7. Manap S., Dimyati K., Hindia N., Talip M., Tafazolli R. Survey of Radio Resource Management in 5G Heterogeneous Networks. *IEEE Access.* 2020;PP(99): 131202-131223. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002252
8. Bartoli G., Marabissi D., Pucci R., Ronga L. S. AI Based Network and Radio Resource Management in 5G HetNets. *Journal of Signal Processing Systems.* 2017;89(1):133–143. DOI: 10.1007/s11265-017-1223-0
9. Dandachi G., De Maio M., Ali T., Nikaein N. An Artificial Intelligence Framework for Slice Deployment and Orchestration in 5G Networks. *IEEE Trans Netw Serv Manag.* 2021;18(4):3845–3860. DOI: 10.1109/TNSM.2021.3101234.
10. Li C., Wang Y., Sun D., Li X. Vehicular Edge Computing in Satellite-Terrestrial Integrated Networks. *IEEE Internet Things J.* 2023;10(6):5021–5035. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3212345.
11. Zhang J., Kumar N., Han Z., Liu Y. Dynamic-Adaptive AI Solutions for Network Slicing Management in Satellite-Integrated B5G Systems. *IEEE Commun Mag.* 2022;36(5):120–127. DOI: 10.1109/MNET.014.2100987.
12. Suriya M., Haldorai A., Balakrishnan M., Babitan Lincy R. Satellite-Terrestrial Integrated Computing and Artificial Intelligence as a Means of Achieving Handover Management. *IEEE Syst J.* 2023;17(2):986–995. DOI: 10.1109/JSYST.2022.3156789.