УДК 621.396:623.746.4-519(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-4-38-46

ИННОВАЦИИ В РАДИОМОНИТОРИНГЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Ж.Б. Мамадалиева, М.А. Малахов, В.Е. Канюк

Аннотация. Рассматриваются инновационные подходы к радиомониторингу в Кыргызстане с акцентом на применение искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов. Представлена структурно-функциональная схема системы радиомониторинга, включающая распределенные наземные, мобильные станции и беспилотные летательные аппараты для мониторинга удаленных территорий. Рассматриваются основные этапы работы системы, а также предложены технические требования и рекомендации для эффективного функционирования. Особое внимание уделено безопасности передачи данных, долгосрочному хранению и анализу информации, а также обучению специалистов. Приводятся примеры успешного использования подобных технологий в других странах, таких как Южная Корея и Германия, и обсуждаются перспективы их адаптации для Кыргызстана. Подчеркивается важность использования искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов для управления радиочастотным спектром и устойчивого развития телекоммуникационной инфраструктуры страны.

Ключевые слова: радиомониторинг; искусственный интеллект; беспилотные летательные аппараты; радиочастотный спектр; телекоммуникации; распределенная система.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН РАДИОМОНИТОРИНГИНДЕГИ ИННОВАЦИЯЛАР: ТУРУКТУУ ӨНҮГҮҮ ҮЧҮН ЖАСАЛМА ИНТЕЛЛЕКТТИ ЖАНА УЧКУЧСУЗ УЧУУЧУ АППАРАТТАРДЫ КОЛДОНУУ

Ж.Б. Мамадалиева, М.А. Малахов, В.Е. Канюк

Аннотация. Макалада Кыргызстанда жасалма интеллектти жана учкучсуз учуучу аппараттарды колдонууга басым жасоо менен радиомониторингге карата инновациялык ыкмалар каралууда. Радиомониторинг тутумунун структуралык-функционалдык схемасы келтирилген, анын ичинде бөлүштүрүлгөн жер үстүндөгү, мобилдик станциялар жана алыскы аймактарды көзөмөлдөө үчүн учкучсуз учуучу аппараттар бар. Системанын негизги этаптары каралат, ошондой эле натыйжалуу иштеши үчүн техникалык талаптар жана сунуштар сунушталат. Маалыматтарды берүү коопсуздугуна, маалыматты узак мөөнөттүү сактоого жана анализдөөгө жана адистерди даярдоого басым жасалат. Мындай технологияларды Түштүк Корея жана Германия сыяктуу башка өлкөлөрдө ийгиликтүү колдонуунун мисалдары келтирилип, аларды Кыргызстан үчүн адаптациялоонун келечеги талкууланууда. Радиожыштык спектрин башкаруу жана өлкөнүн телекоммуникация инфраструктурасын туруктуу өнүктүрүү үчүн жасалма интеллектти жана дрондорду колдонуунун маанилүүлүгү баса белгиленди.

Түйүндүү сөздөр: радиомониторинг; жасалма интеллект; учкучсуз учуучу аппараттар; радиожыштык спектри; телекоммуникация; бөлүштүрүлгөн система.

INNOVATIONS IN RADIO MONITORING IN THE KYRGYZ REPUBLIC: APPLICATION OF AI AND UAVS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Zh.B. Mamadalieva, M.A. Malakhov, V.E. Kaniuk

Abstract. The article discusses innovative approaches to radio monitoring in Kyrgyzstan, focusing on the use of artificial intelligence (AI) and unmanned aerial vehicles (UAVs). It presents a structural-functional diagram of the radio monitoring system, which includes distributed ground stations and mobile UAVs for monitoring remote areas. The article outlines the main operational stages of the system and provides technical requirements and recommendations for effective functioning. Special attention is given to data transmission security, long-term storage, data analysis, and staff training. Examples of successful implementations of similar technologies in countries like South Korea and Germany are provided, with discussion on their adaptation for Kyrgyzstan. The conclusion emphasizes the importance of AI and UAVs in spectrum management and the sustainable development of the country's telecommunications infrastructure.

Keywords: radio monitoring; artificial intelligence; unmanned aerial vehicles; radio frequency spectrum; telecommunications; distributed system.

Введение. Современная система радиомониторинга – основа для эффективного управления радиочастотным спектром, который является важнейшим, но ограниченным ресурсом телекоммуникаций, обороны, национальной безопасности и устойчивого экономического развития страны. В условиях роста числа пользователей радиочастот и усиления конкуренции за частотные ресурсы, радиомониторинг приобретает все большее значение, особенно для таких стран, как Кыргызстан, где преобладают сложные горные рельефы, а ограниченные возможности государственного бюджета требуют гибких и инновационных подходов.

В последние годы внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стало основным направлением модернизации радиомониторинга в ряде стран, таких как Южная Корея, Германия и США [1–3]. Эти технологии позволяют повысить точность, оперативность и эффективность радиомониторинга за счет автоматизации процессов и применения передовых алгоритмов для анализа и обработки данных в режиме реального времени. Использование ИИ и БПЛА особенно актуально для Кыргызстана, где горный рельеф и труднодоступные территории создают дополнительные сложности для развертывания традиционной системы радиомониторинга.

Цель данной статьи – проанализировать возможности и перспективы внедрения ИИ и БПЛА в радиомониторинг Кыргызстана, рассмотреть текущие вызовы, стоящие перед системой радиомониторинга, и предложить структурно-функциональную схему распределенной системы с централизованной обработкой информации. Переход на такую систему позволит значительно повысить надежность контроля за радиочастотным спектром, улучшить качество связи и обеспечить устойчивое развитие телекоммуникационной инфраструктуры страны.

1. Структурно-функциональная схема локальной (региональной) системы радиомониторинга. Эффективная система радиомониторинга в Кыргызстане требует гибкой и распределенной структуры, способной охватывать все регионы страны, включая удаленные и труднодоступные районы. Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА), позволяют расширить возможности мониторинга радиочастотного спектра, обеспечивая постоянный контроль и анализ данных в реальном времени. Однако реализация данного проекта требуют достаточно большого количества финансовых вложений и огромного усилия технических специалистов, это особенно важно для таких стран, как Кыргызстан, где преобладают сложные горные рельефы, ограниченные возможности государственного бюджета и нехватка квалифицированных технических специалистов, способных работать с ИИ и БПЛА. Поэтому предлагается поэтапная реализация проекта модернизации системы радиомониторинга страны путем создания локальных (региональных) систем радиомониторинга и последующим объединением их в единую распределенную систему с главным координирующим центром, что требует гибких и инновационных подходов.

Данный раздел описывает структурно-функциональную схему локальной системы радиомониторинга с применением ИИ и БПЛА, ориентированную на определенный стратегически важный регион Кыргызстана.

Пункт сбора данных (Data Collection). Этап сбора данных представляет собой ключевую часть системы, включающую наземные и мобильные радиомониторинговые станции и использование БПЛА. Эти компоненты обеспечивают сбор информации о радиочастотном спектре в режиме реального времени. Данный этап направлен на выявление и регистрацию сигналов различного типа и мощности, а также обнаружение потенциальных аномалий в радиочастотном спектре. Система включает в себя следующие компоненты:

- наземные радиомониторинговые станции (HPMC): эти станции расположены в стратегических точках страны, где выполняется постоянный мониторинг радиочастот. Они фиксируют параметры сигнала, такие как мощность и частотные характеристики и передают данные в Пункт сбора данных (ПСД) [1];
- мобильные радиомониторинговые станции (MPMC): эти мобильные станции передвигаются на автотранспорте и выполняют мониторинг радиочастот в определенной местности. Они фиксируют параметры сигнала, такие как мощность и частотные характеристики, и передают шифрованные данные через сети мобильных сотовых компаний в ПСД;
- БПЛА с сенсорами: беспилотные летательные аппараты оснащены сенсорами, которые позволяют им собирать данные в труднодоступных районах (например, горной местности) и передавать их в ПСД. Такие технологии уже используются в Германии и Южной Корее для мониторинга отдаленных территорий [2].

ПСД передает собранные данные в Центр обработки данных для дальнейшей их обработки с помощью алгоритмов ИИ.

Центр обработки данных (Data Processing). На этапе обработки данных происходит централизованный анализ всей информации, поступающей от наземных и мобильных станций, и БПЛА с помощью алгоритмов ИИ. Основная цель – использование алгоритмов ИИ. Это выявление аномалий, несанкционированных сигналов и других отклонений. Основное его предназначение – это обеспечение эффективной обработки и анализ данных с помощью алгоритмов машинного обучения и ИИ для автоматического выявления угроз. В состав Центра обработки данных входят следующие компоненты:

- центр обработки данных с ИИ: вся информация поступает в центр обработки данных, где проходит обработка с помощью ИИ. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать данные в реальном времени, выявлять отклонения, такие как несанкционированные передатчики или помехи. Использование подобных технологий реализовано в США, где ИИ анализирует миллионы сигналов, что существенно снижает нагрузку на сотрудников центра [3];
- хранение данных: обработанные данные сохраняются в хранилище, что позволяет проводить дальнейший анализ и использовать их для создания отчетов и прогнозов. Долгосрочное хранение данных также помогает выявлять повторяющиеся проблемы и разрабатывать стратегии по их решению [4].

Центр обработки данных с ИИ обрабатывет поступившие данные от ПСД и выявляет отклонения в радиокарте, такие как несанкционированные источники информации и помехи, и передает информацию об этой ситуации в Центр принятия решений и управления.

Центр принятия решений и управление (Decision-Making & Control). На этапе принятия решений обрабатываются данные и инициируются действия для устранения выявленных нарушений и оптимального управления радиочастотным спектром. Центр принятия решений обеспечивает оперативное реагирование на угрозы и нарушения, а также поддержку стабильной работы телекоммуникационных систем республики и состоит из следующих компонентов:

- центр управления: на основании данных, обработанных системой ИИ, ответственные работники центра принимают решения для управления спектром. Это может включать перераспределение

частот, устранение помех или принятие мер по отключению источников несанкционированных сигналов [5];

- корректирующие действия: система генерирует команды для БПЛА, МРМС или НРМС, позволяя оперативно реагировать на изменения в радиочастотной среде. Например, в случае выявления аномалии, БПЛА или МРМС могут быть направлены для дополнительного мониторинга зоны [6];
- отчетность и рекомендации: на основе собранных и обработанных данных система формирует отчеты о состоянии радиочастотного спектра и вырабатывает рекомендации по его управлению. Это позволяет оценивать эффективность системы и определять области для дальнейшего улучшения [7].

Таким образом, локальная система радиомониторинга, использующая ИИ и БПЛА, обеспечивает постоянный мониторинг радиочастотного спектра определенной территории Кыргызстана с особым фокусом на труднодоступные места. Такая система повышает точность и скорость обнаружения нарушений, позволяет эффективно управлять частотным ресурсом и минимизировать воздействие человеческого фактора.

2. Структурно-функциональная схема распределенной системы радиомониторинга Кыргызстана с централизованной обработкой информации на основе ИИ и БПЛА. Эффективное управление радиочастотным спектром требует распределенной системы радиомониторинга, где данные собираются из НРМС, МРМС БПЛА и обрабатываются с использованием искусственного интеллекта. Система должна охватывать как центральные регионы, так и удаленные труднодоступные места, обеспечивая полный контроль над радиоспектром на всей территории республики. В этом разделе описаны основные элементы распределенной системы радиомониторинга и их функции:

- *Главный координирующий центр* является основным органом обработки данных, анализа и принятия решений в реальном масштабе времени по всей территории страны, где ИИ проводит анализ данных, выявляя их закономерности, отклонения и потенциальные угрозы. На основе анализа данных система может автоматически предлагать решения по управлению частотами, устранению помех и предотвращению несанкционированного использования спектра. Главный координирующий центр оснащен системой долговременного хранения данных, что позволяет отслеживать закономерности, формировать отчеты и улучшать прогнозирование;
- *распределенные наземные стационарные станции радиомониторинга* – это региональные стационарные станции радиомониторинга, расположенные в стратегических точках страны, которые реализуют непрерывный мониторинг радиочастот, где происходит локальная фиксация сигналов и предварительный анализ данных перед их отправкой в Главный координирующий центр. Каждая наземная стационарная станция оснащена локальными ИИ-модулями для предварительной фильтрации данных, что снижает объем информации, передаваемой в центр, что определенным образом ускоряет анализ данных;
- *мобильные радиомониторинговые станции* – это передвижные станции радиомониторинга, жестко привязанные к определенным наземным радиомониторинговым станциям, которые производят непрерывный мониторинг радиочастот на заранее предписанной местности и данные о радиосигналах передаются в ПСД, либо в Главный координирующий центр для дальнейшего анализа и принятия решений;
- *беспилотные летательные аппараты (БПЛА)* предназначены для сбора данных в труднодоступных зонах, особенно в горных районах и других удаленных областях. С помощью БПЛА производится оперативный мониторинг, быстрая передача данных на ПСД для дальнейшей обработки и анализа. БПЛА обеспечивают гибкость системы, позволяя собирать данные в горных и труднодоступных зонах;
- *каналы связи* предназначены для обеспечения обмена данными между наземными, мобильными станциями, БПЛА и Главным координирующим центром системы радиомониторинга путем организации защищенного, стабильного и имеющего резервы канала для передачи данных в режиме

реального времени. Для обеспечения безопасности, передаваемые через каналы связи данные шифруются для предотвращения несанкционированного доступа.

Таким образом, создание распределенной системы радиомониторинга позволяет охватить радиочастотный спектр всей территории Кыргызстана с акцентом на контроль удаленных и труднодоступных регионов. Использование ИИ и БПЛА обеспечивает оперативное обнаружение угроз и нарушение спектра, поддерживая высокую надежность и стабильность телекоммуникаций.

3. Основные этапы работы системы радиомониторинга. Эффективная работа системы радиомониторинга предполагает последовательное выполнение ряда этапов, начиная со сбора данных, их обработки и заканчивая принятием решений и отчетностью. Каждый этап играет ключевую роль в обеспечении полноты и точности мониторинга радиочастотного спектра, особенно с учетом географических особенностей Кыргызстана. Рассмотрим основные этапы работы системы с учетом применения ИИ и БПЛА.

Пункты сбора данных. На первом этапе распределенные наземные станции и БПЛА фиксируют параметры радиочастотного спектра, включая частоту и мощность сигналов, а также выявляют возможные отклонения или аномалии:

- *наземные станции* расположены в стратегически важных точках, обеспечивая мониторинг в радиусе своей зоны охвата. Они ведут непрерывный сбор данных и передают их для дальнейшего анализа в ЦОД Главного координирующего центра [8];
- *БПЛА* используются в труднодоступных зонах, таких как горные районы, проводят сканирование спектра и передают данные на наземные станции для последующей отправки в центр обработки [9].

Предварительный анализ данных. На этом этапе предварительный анализ данных осуществляется непосредственно на уровне наземных станций и БПЛА с помощью встроенных модулей ИИ, что позволяет снижать объем информации, передаваемой в Главный координирующий центр с помощью следующих функций:

- фильтрация данных: ИИ-модули на наземных и мобильных станциях и БПЛА фильтруют данные, оставляя только те, которые требуют более детального анализа;

- выявление приоритетных сигналов: алгоритмы машинного обучения помогают определить сигналы, которые требуют особого внимания (например, несанкционированные передатчики), и передают их в центральный центр для дальнейшего анализа [10].

Передача данных в главный координирующий центр. После предварительного анализа отфильтрованные данные передаются в Главный координирующий центр по защищенным каналам связи, что позволяет системе своевременно реагировать на выявленные угрозы. Для обеспечения надежности и безопасности все каналы связи защищены шифрованием для предотвращения утечек информации. В случае сбоя системы связи используются резервные каналы для непрерывной передачи данных [11].

Обработка и анализ данных в Главном координирующем центре. В Главном координирующем центре данные проходят глубокий анализ с использованием более сложных алгоритмов ИИ. Это позволяет выявлять закономерности, определять тенденции и прогнозировать потенциальные угрозы. При этом производится следующие операции:

- анализ аномалий: алгоритмы ИИ анализируют данные, выявляя отклонения от нормального уровня сигнала, что помогает своевременно обнаруживать несанкционированные передачи или перегрузки спектра [12];
- оптимизация распределения частот: на основе анализа данных система может рекомендовать перераспределение частот для предотвращения перегрузок в отдельных зонах.

Центр принятия решений. На основании обработанных данных Главный координирующий центр принимает решения по реагированию на угрозы или нарушению спектра. Это включает как автоматические действия, так и ручное вмешательство ответственного работника для выполнения следующих функций:

- решения по устранению помех: система может автоматически или с участием работника инициировать корректирующие меры для устранения выявленных помех [13];
- отправка команд на МРМС или БПЛА: при необходимости система направляет МРМС или БПЛА для дополнительного мониторинга в определенной зоне, где были выявлены аномальные сигналы.

Отчетность и хранение данных. Окончательный этап работы включает архивирование обработанных данных и формирование отчетов для анализа эффективности системы и улучшения алгоритмов ИИ. Все данные архивируются и сохраняются в хранилище для долгосрочного использования и анализа, что позволяет выявлять повторяющиеся тенденции и улучшать прогнозирование аномалий [14]. На основе собранных данных формируются отчеты о работе системы, которые позволяют оценить ее эффективность и предложить рекомендации по дальнейшему развитию.

Такая последовательность этапов обеспечивает полный цикл мониторинга радиочастотного спектра с использованием ИИ и БПЛА, охватывая как наземные зоны, так и труднодоступные районы республики. Это обеспечивает высокий уровень стабильности и безопасности радиочастотного спектра, а также минимизирует влияние человеческого фактора.

4. Основные технические требования и рекомендации. Для эффективного функционирования распределенных систем радиомониторинга на базе ИИ, МРМС и БПЛА в Кыргызстане необходимо соблюдать ряд технических требований и использовать рекомендации, которые позволят обеспечить стабильность, безопасность и долгосрочную надежность системы. Эти требования касаются как инфраструктуры, так и организационных аспектов, включая обеспечение безопасности данных, поддержание актуальности моделей ИИ и подготовку квалифицированных кадров.

Безопасность связи. В условиях распределенной структуры радиомониторинга, где данные передаются от наземных мобильных станций и БПЛА к главному координационному центру, безопасность каналов связи имеет первостепенное значение. Для обеспечения безопасности передачи данных необходимо:

- шифрование каналов передачи данных: все данные, передаваемые от наземных, мобильных станций и БПЛА, должны шифроваться с использованием современных криптографических методов для защиты от несанкционированного доступа и предотвращения утечек информации [15];
- использование резервных каналов: для обеспечения непрерывности передачи данных рекомендуется предусмотреть резервные каналы связи, которые могут быть автоматически задействованы в случае основного сбоя. Такая мера минимизирует риски потери данных и улучшает устойчивость системы [16].

Инфраструктура для хранения данных. Для долгосрочного анализа и выявления закономерностей в использовании радиочастотного спектра необходимо обеспечить надежное хранение данных с возможностью доступа к архивной информации.

Для долгосрочного архивирования данных Главный координационный центр должен быть оснащен системой для долговременного хранения данных, позволяющей хранить архивные данные и использовать их для анализа закономерностей и прогнозирования [17]. Также, во избежание потерь данных в случае аварийных ситуаций, необходима система резервного хранения данных, которая будет автоматически сохранять все данные и отчеты в отдельном хранилище.

Периодическое обновление ИИ-моделей. Модели искусственного интеллекта требуют регулярного обновления и переобучения для обеспечения их актуальности и эффективности в условиях изменяющихся данных и паттернов. Для этого необходимо:

- регулярное обновление и обучение ИИ: алгоритмы ИИ должны проходить периодическое обучение на новых данных, что позволит улучшить их способность к выявлению аномалий и улучшить точность прогнозов [18];
- использование обратной связи: обратная связь от операторов может использоваться для улучшения работы ИИ, обучая модели на примерах ранее выявленных аномалий или помех.

Обучение и квалификация операторов. Эффективное использование системы радиомониторинга с ИИ и БПЛА требует наличия квалифицированного персонала, способного управлять оборудованием, интерпретировать данные и принимать решения на основе рекомендаций ИИ. Для решения этого вопроса необходимы:

- программы профессиональной подготовки специалистов: рекомендуется разработать программы подготовки и переподготовки специалистов для работы с современными системами мониторинга, включающие курсы по работе с ИИ, обработке больших данных и управлению БПЛА [19];
- международное сотрудничество: организация учебных программ с участием специалистов из стран с успешными программами радиомониторинга (например, Южная Корея или Германия) позволит ускорить процесс адаптации системы и повысить квалификацию местных специалистов [20].

5. Преимущества предлагаемой системы. Реализация системы радиомониторинга с учетом данных рекомендаций обеспечит следующие преимущества для страны:

- повышенную эффективность: автоматизация обработки данных и применение ИИ ускоряют выявление нарушений и позволяют оперативно реагировать на угрозы;
- широкий охват и гибкость: благодаря распределенным стационарным и передвижным станциям и мобильности БПЛА обеспечивается полный контроль над радиочастотным спектром, включая удаленные и труднодоступные территории;
- устойчивость и надежность: обеспечение защищенных каналов связи и систем резервного копирования позволяет минимизировать потери данных и повысить общую стабильность системы;
- снижение нагрузки на главный координирующий центр: предварительная обработка данных на местах уменьшает объемы информации, передаваемой в главный координирующий центр, что улучшает эффективность анализа и снижает нагрузку на инфраструктуру.

Эти технические рекомендации направлены на создание устойчивой и надежной системы радиомониторинга в Кыргызстане, способной адаптироваться к будущим вызовам и требованиям.

Заключение. Внедрение современных технологий радиомониторинга, таких как искусственный интеллект (ИИ) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА), является необходимым шагом для обеспечения устойчивого и эффективного управления радиочастотным спектром в Кыргызстане. С учетом географических особенностей и увеличивающегося спроса на радиочастоты для мобильной связи, телевещания и критически важных служб, такая система позволяет обеспечивать стабильность, безопасность и оптимальное использование частотных ресурсов.

Анализ показывает, что создание распределенной системы радиомониторинга, включающей наземные станции и мобильные БПЛА с централизованной обработкой данных на основе ИИ, позволяет оперативно реагировать на изменения в радиочастотной среде. Примеры успешного внедрения подобных технологий в странах, таких как Южная Корея и Германия, подчеркивают значимость этой системы для предотвращения помех и обеспечения стабильной связи.

Рекомендации для дальнейшего развития. Для создания полноценной и устойчивой системы радиомониторинга в Кыргызстане необходимы следующие действия:

- модернизация инфраструктуры: переход к использованию ИИ и БПЛА требует модернизации существующих наземных и мобильных станций, а также внедрения инновационных технологий радиомониторинга и приобретения специализированного оборудования. Это позволит повысить точность и оперативность мониторинга;
- подготовка квалифицированных кадров: для внедрения инновационных технологий требуются квалифицированные специалисты, которые могут управлять системой, анализировать данные и принимать решения на основе рекомендаций ИИ. Создание специализированных образовательных программ и курсов для подготовки кадров в этой области является важным шагом для обеспечения стабильности и эффективности системы;

- международное сотрудничество и обмен опытом: опыт стран, успешно внедривших ИИ и БПЛА для радиомониторинга, будет полезен для Кыргызстана. Сотрудничество с международными организациями и участие в международных проектах позволит ускорить процесс адаптации и развития системы;
- регулярное обновление и улучшение моделей ИИ: система ИИ должна проходить периодическое обновление и обучение на новых данных для повышения точности и актуальности анализа. Это позволит своевременно выявлять новые угрозы и обеспечивать оптимальное использование частотного спектра;
- обновление законодательной базы: создание правовой основы для использования ИИ и БПЛА в радиомониторинге необходимо для легитимности системы и защиты данных. Обновление законодательства также облегчит процесс внедрения и эксплуатации новых технологий.

Перспективы для Кыргызстана. Создание комплексной системы радиомониторинга с использованием ИИ и БПЛА станет значительным шагом на пути к устойчивому развитию телекоммуникационной инфраструктуры Кыргызстана. Такая система позволит не только обеспечить стабильную и безопасную работу радиочастотного спектра, но и поддержать стратегические инициативы в области цифровизации и устойчивого развития страны.

Интеграция передовых технологий в радиомониторинг будет способствовать улучшению качества связи, особенно в удаленных районах, что положительно отразится на социально-экономическом развитии Кыргызстана. Внедрение такой системы также создаст основу для дальнейшего развития цифровой экономики и подготовки высококвалифицированных специалистов, необходимых для управления этой инфраструктурой.

Эти рекомендации подчеркивают важность инноваций в системе радиомониторинга Кыргызстана, что позволит обеспечить эффективное управление радиочастотным спектром в долгосрочной перспективе.

Поступила: 03.02.2025; рецензирована: 17.02.2025; принята: 19.02.2025.

Литература

1. McKinsey & Company. «AI Applications in Telecommunications», 2022. URL: https://www.mckinsey.com/ai-in-telecom (дата обращения: 02.01.2025).
2. ITU (International Telecommunication Union). «Global 5G Deployment Report», 2022. URL: https://www.itu.int/5g-report (дата обращения: 02.01.2025).
3. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). «Impact of Telecommunications Technology on Economy», 2021. URL: https://www.oecd.org/telecom (дата обращения: 03.01.2025).
4. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). «Drone Technology for Radio Monitoring», 2021. URL: https://www.ieee.org/drone-monitoring (дата обращения: 05.01.2025).
5. ETSI (European Telecommunications Standards Institute). «Expanding Radio Monitoring Networks», 2021. URL:https://www.etsi.org/monitoring-networks (дата обращения: 11.01.2025).
6. CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). «Global Radio Monitoring Systems», 2022. URL: https://www.cept.org/global-monitoring (дата обращения: 10.01.2025).
7. ITU. «AI in Radio Monitoring», 2022. URL: https://www.itu.int/ai-monitoring (дата обращения: 12.01.2025).
8. IEEE. «6G Technology Development Trends», 2023. URL: https://www.ieee.org/6g-trends (дата обращения: 12.01.2025).
9. European Commission. «5G Deployment and Future Roadmap», 2021. URL: https://ec.europa.eu/5g-roadmap (дата обращения: 12.01.2025).
10. South Korea Ministry of Science and ICT. «AI Integration in Spectrum Monitoring», 2022. URL: https://english.msit.go.kr/ai-spectrum (дата обращения: 13.01.2025).
11. FCC (Federal Communications Commission). «Report on Spectrum Monitoring with Drones», 2021. URL: https://www.fcc.gov/drone-spectrum (дата обращения: 13.01.2025).
12. Germany Federal Network Agency. «AI for Spectrum Management», 2022. URL: https://www.bundesnetzagentur.de/ai-management (дата обращения: 13.01.2025).

13. Japan Ministry of Internal Affairs and Communications. «Radio Spectrum Optimization with AI», 2022. URL: https://www.soumu.go.jp/spectrum-ai (дата обращения: 13.01.2025).
14. ITU. «Drone Technology for Remote Spectrum Monitoring», 2022. URL: https://www.itu.int/drone-tech (дата обращения: 13.01.2025).
15. IEEE. «Future of 6G and Spectrum Utilization», 2023. URL: https://www.ieee.org/6g-spectrum (дата обращения: 13.01.2025).
16. National Institute of Standards and Technology (NIST). «Modernization of Spectrum Monitoring Infrastructure», 2021. URL: https://www.nist.gov/spectrum-modernization (дата обращения: 13.01.2025).
17. Kyrgyz Republic National ICT Development Program. «Training and Capacity Building in Spectrum Monitoring», 2022. URL: https://ict.kg/spectrum-training (дата обращения: 15.01.2025).
18. Ministry of Digital Development of the Kyrgyz Republic. «Legislative Framework for AI and Drones in Telecommunications», 2023. URL: https://digital.gov.kg/ai-regulation (дата обращения: 15.01.2025).
19. World Bank. «Financing Spectrum Monitoring Programs», 2021. URL: https://worldbank.org/spectrum-financing (дата обращения: 15.01.2025).
20. Asian Development Bank. «Strategic Planning for Telecommunications in Central Asia», 2022. URL: https://adb.org/telecom-strategy (дата обращения: 16.01.2025).