S6221A AI RAN Simulation Toolset

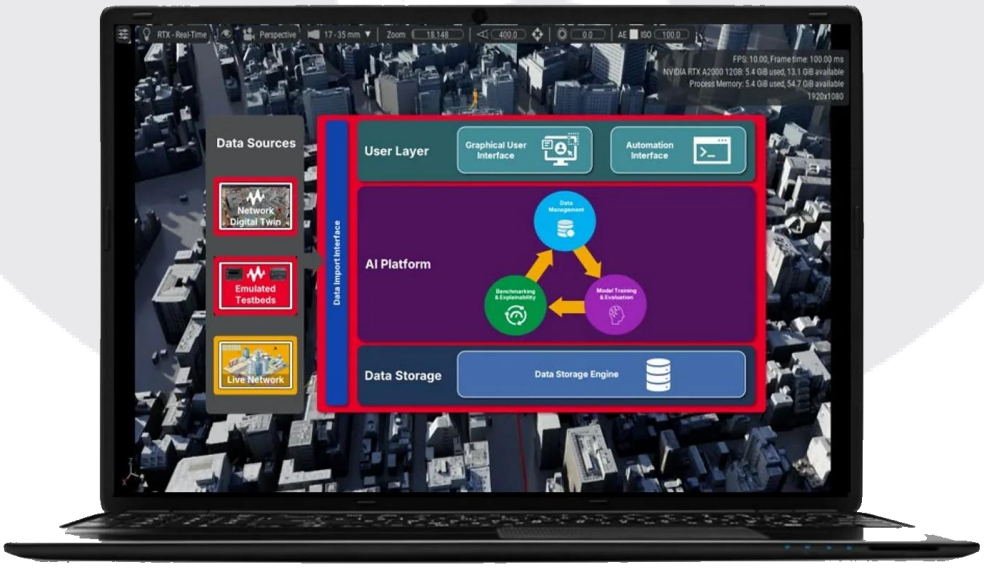
Решения для тестирования RAN с поддержкой ИИ

Введение

Беспроводные сети быстро эволюционируют от статических архитектур, определяемых аппаратными средствами, к интеллектуальным программно-определяемым системам, способным к самооптимизации. По мере того как современные сети обеспечивают массовую связность, разнообразные требования к услугам и работу в сложных радиосредах, традиционное управление на основе правил становится недостаточным. Это привело к переходу к AI-native архитектурам сетей, в которых интеллектуальная обработка данных встроена во весь сетевой стек, открывая путь к AI RAN (Artificial Intelligence-driven Radio Access Network) — следующему поколению сетей радиодоступа, использующему ИИ для повышения эффективности, адаптивности и производительности.

Keysight AI RAN Simulation Toolset предоставляет унифицированные решения для разработчиков телекоммуникационных систем, позволяющие:

- **Создавать реалистичные, крупномасштабные и высокодетализированные модели сети** для моделирования сложных сценариев RAN.
- **Формировать структурированные наборы данных с большими объёмами высококачественных и достоверных данных** для обучения, тестирования и бенчмаркинга моделей ИИ.
- **Оценивать производительность моделей ИИ**, чтобы обеспечивать достижение целевых показателей и их непрерывное улучшение.
- **Предоставлять практически применимые метрики производительности и KPI** для оптимизации и валидации производительности моделей ИИ.



Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Что такое AI RAN?

AI RAN означает интеграцию методов искусственного интеллекта и машинного обучения в RAN (Radio Access Network) для оптимизации производительности беспроводной сети, управления ресурсами и энергоэффективности. В RAN с поддержкой ИИ модели анализируют сетевые данные в реальном времени, чтобы обеспечивать автономное принятие решений, например динамическое формирование луча, управление помехами и прогнозирование трафика, улучшая пропускную способность, задержку и общий пользовательский опыт. Такой подход представляет собой ключевой этап эволюции к более адаптивным, самооптимизирующимся сетям 5G и 6G.

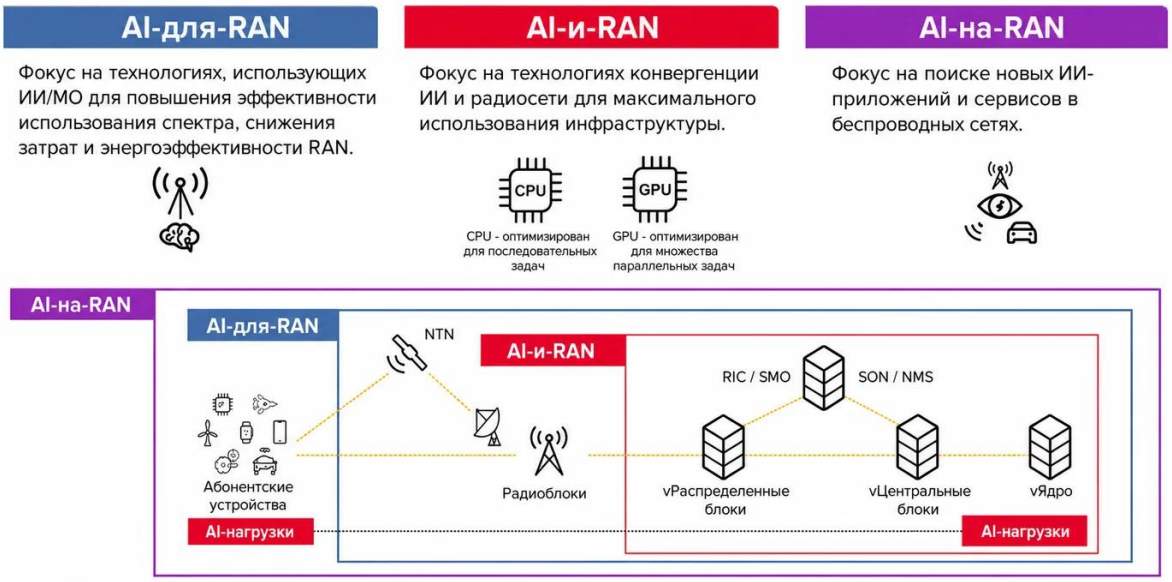


Рисунок 1. Три ключевые категории сценариев применения, определённые AI-RAN Alliance.

Рабочий процесс AI RAN и задачи тестирования

Рабочий процесс AI RAN, показанный на рисунке 2, представляет собой непрерывный цикл, связывающий **управление данными**, **обучение и оценку моделей**, а также **бенчмаркинг и объяснимость**. Он начинается с управления данными, в рамках которого разнообразные сетевые источники данных собираются, курируются и подготавливаются для анализа. Эти данные поступают на этап обучения и оценки модели, где модели ИИ проектируются, обучаются и тестируются для решения конкретных задач оптимизации RAN, таких как планирование, формирование луча или обнаружение аномалий.

Затем полученные модели проходят бенчмаркинг и оценку объяснимости, в ходе которых их производительность, надёжность и интерпретируемость проверяются посредством развёртывания в лабораторной среде, цифровом двойнике или действующей сети. Результаты этого этапа возвращаются в контур управления данными, обеспечивая непрерывное совершенствование моделей ИИ и динамическую адаптацию системы AI RAN к реальным условиям сети.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.



Рисунок 2. Непрерывный цикл рабочего процесса AI RAN.

Ключевые задачи разработки и валидации решений AI RAN связаны с качеством данных, масштабируемостью и проверкой производительности, как показано на рисунке 3.

- Во-первых, **формирование высококачественных и курированных наборов данных** критически важно для надёжного обучения и валидации моделей ИИ в разнообразных высокодетализированных сценариях RAN.
- Во-вторых, использование сред **Network Digital Twin** решает задачи моделирования крупномасштабных реалистичных сетевых условий для бенчмаркинга и инференса без воздействия на действующие сети.
- Наконец, **валидация улучшений производительности алгоритмов ИИ** требует надёжных тестовых сред, способных измерять влияние в реальных условиях, обеспечивать объяснимость и подтверждать обобщаемость для различных сетевых условий, чтобы улучшения на основе ИИ действительно приводили к повышению эффективности RAN и качества пользовательского опыта.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.



Рисунок 3. Ключевые задачи разработки и тестирования AI RAN.

Keysight AI RAN Simulation Toolset

Keysight AI RAN Simulation Toolset состоит из следующих ключевых компонентов:

- **Источники данных:** Network Digital Twins, эмулируемые испытательные стенды и действующая сеть.
- **AI Platform:** управление наборами данных, управление моделями ИИ, бенчмаркинг моделей ИИ и KPI RAN, а также хранение данных.



Рисунок 4. Компоненты Keysight AI RAN Simulation Toolset.

Формирование высококачественных, достоверных синтетических наборов данных

С помощью Keysight S6221A AI RAN Simulation Toolset пользователи могут использовать синтетические данные, создаваемые Keysight, в дополнение к данным действующей сети.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Следующие конкретные шаги позволяют формировать реалистичные синтетические данные, необходимые для обучения модели ИИ.

- Формировать синтетические данные для набора данных с использованием Network Digital Twin. Network Digital Twin обеспечивает быструю конфигурацию UE и базовых станций в моделируемой среде.

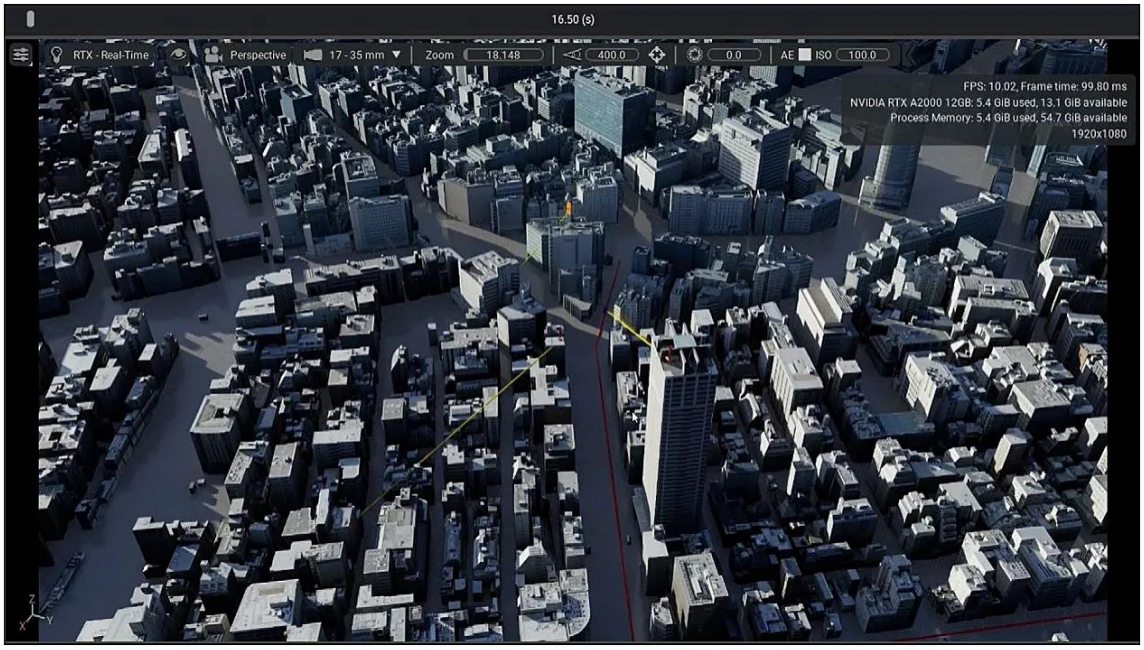


Рисунок 5. Network Digital Twin с высокодетализированным 3D-картографированием.

- Управлять тегированными наборами данных в AI Development Platform. Загружать базовые уровни сетевых KPI и обучающие наборы данных.

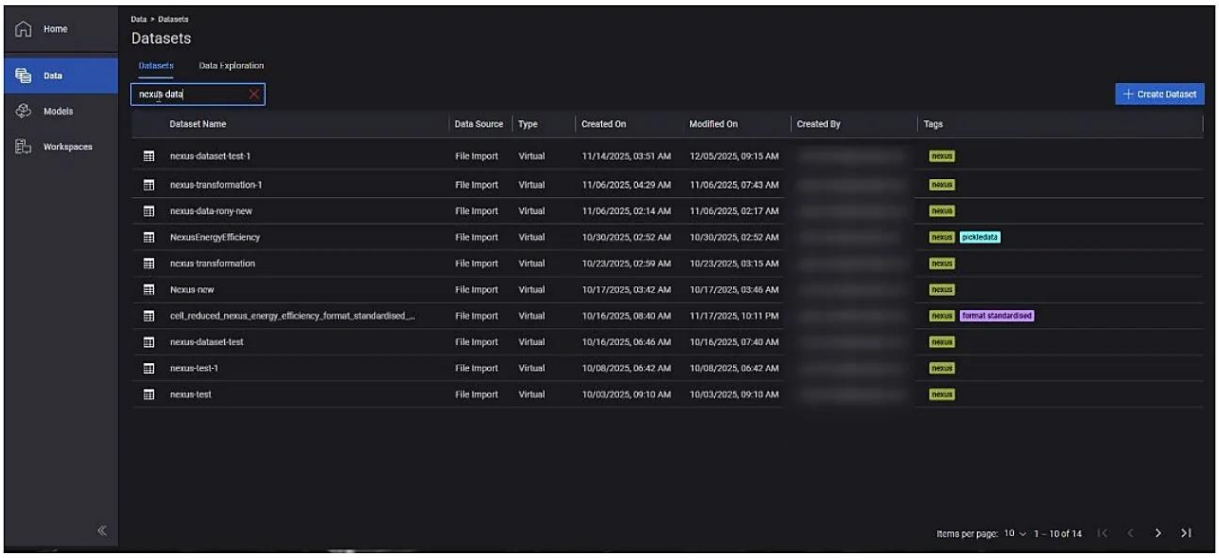


Рисунок 6. Создание нового проекта в AI Development Platform.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- Использовать стратегии расширения данных (data augmentation) для создания новых наборов из исходных данных и увеличения объёма обучающих наборов.

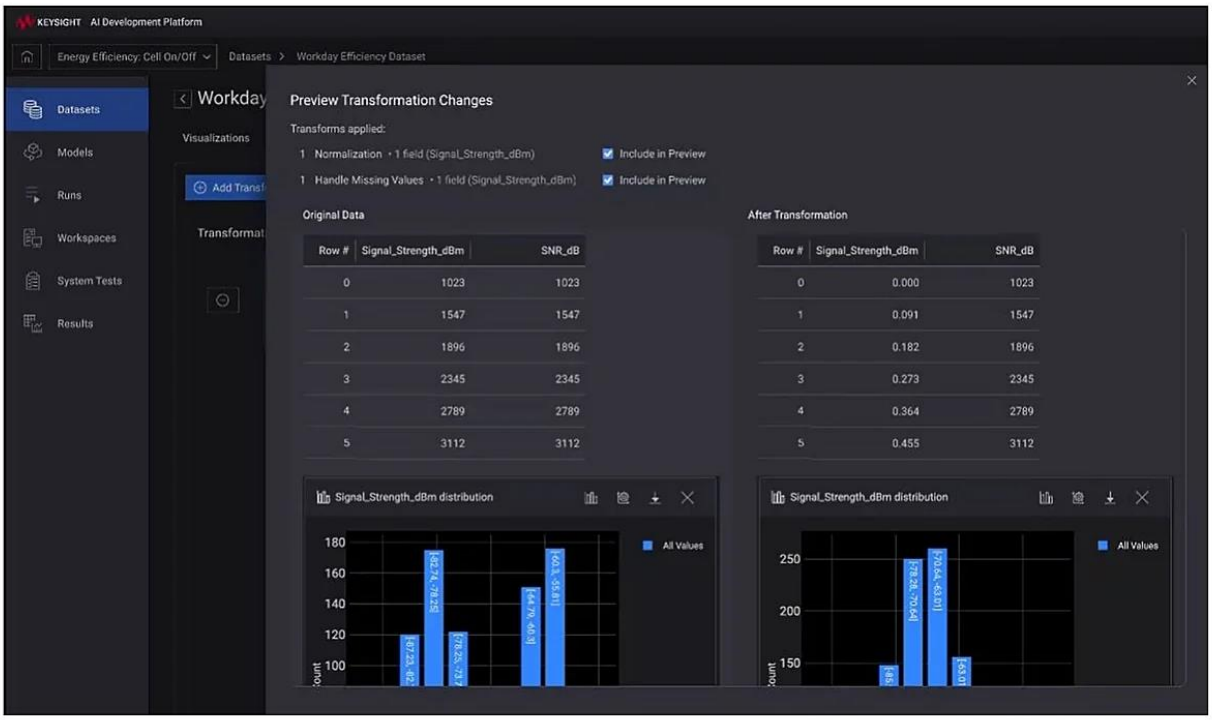


Рисунок 7. Расширение и валидация набора данных.

- Исследовать и анализировать данные с помощью визуализаций «больших данных», которые помогают выявлять тенденции, корреляции и аномалии в крупных наборах данных, трудно обнаружимые по необработанным числам. При визуализации становятся очевидными выбросы, отсутствующие значения и асимметричные распределения, что помогает обеспечить более высокое качество обучающих данных.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

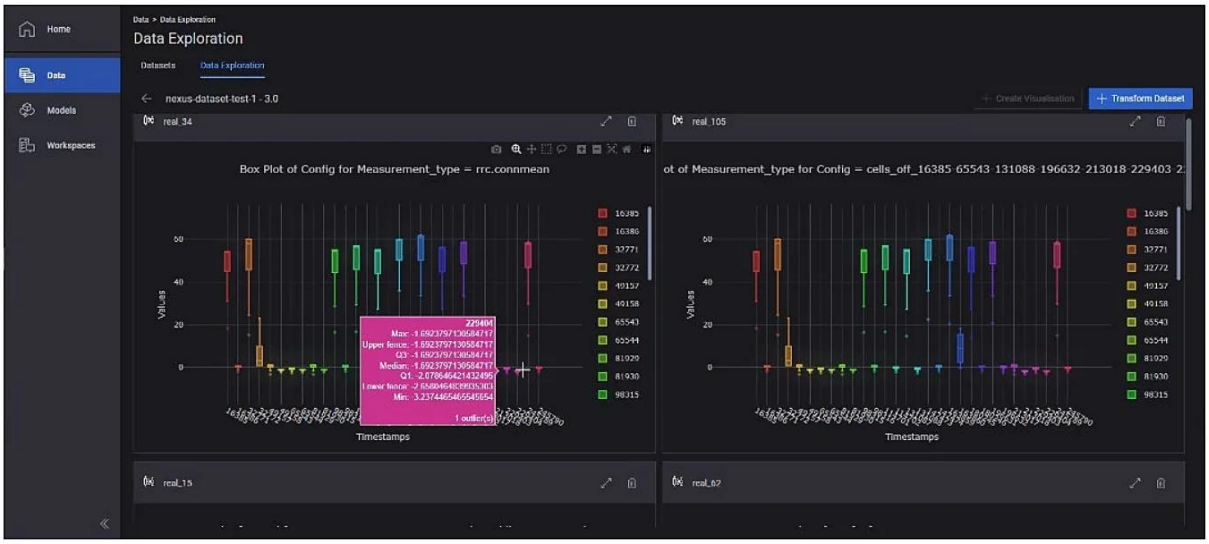
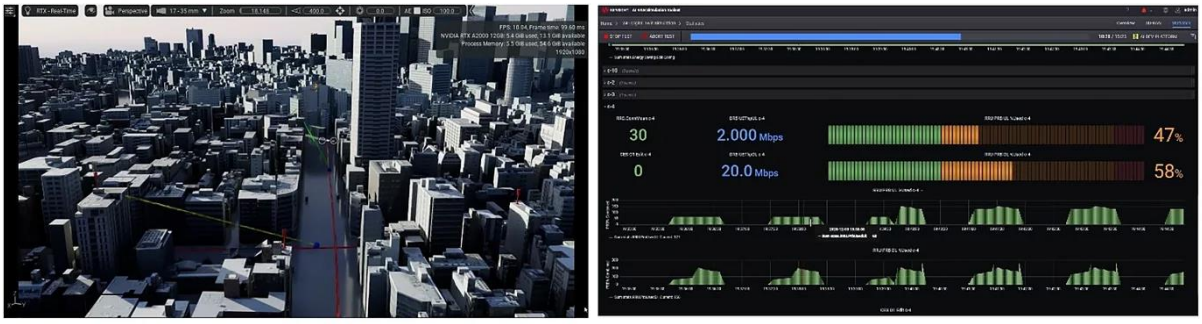


Рисунок 8. Визуализация данных для выявления закономерностей в обучающих наборах.

- Валидировать производительность модели в лабораторной среде с использованием Network Digital Twin.



Рисунки 9 и 10. Мониторинг KPI в реальном времени при мобильности UE в ходе лабораторной валидации.

- Выполнять бенчмаркинг результатов сценария применения и проверять улучшения KPI кандидатных моделей ИИ относительно базового уровня. Любой поддерживаемый KPI можно добавить в набор данных для сравнения «на лету» с построением графиков KPI, выбираемых пользователем.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

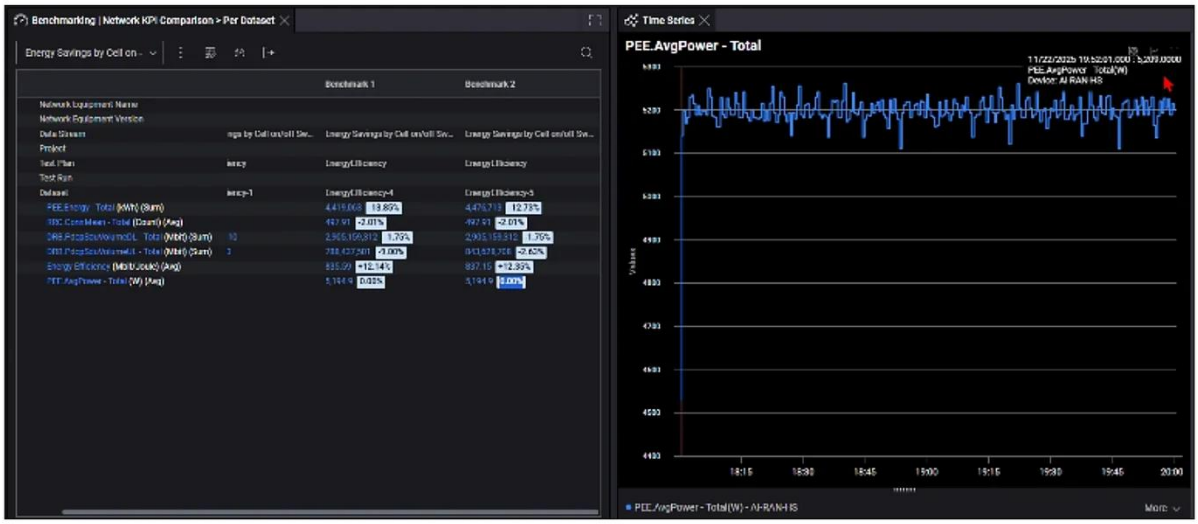


Рисунок 11. Проверка энергоэффективности кандидатных моделей ИИ относительно базового уровня.

Кому подходит это решение?

- Производителям сетевого оборудования (NEM).
- Операторам мобильных сетей.
- Производителям чипсетов и устройств.

Компоненты решения



Рисунок 12. Компоненты решения S6221A AI RAN Simulation Toolset.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Источники данных

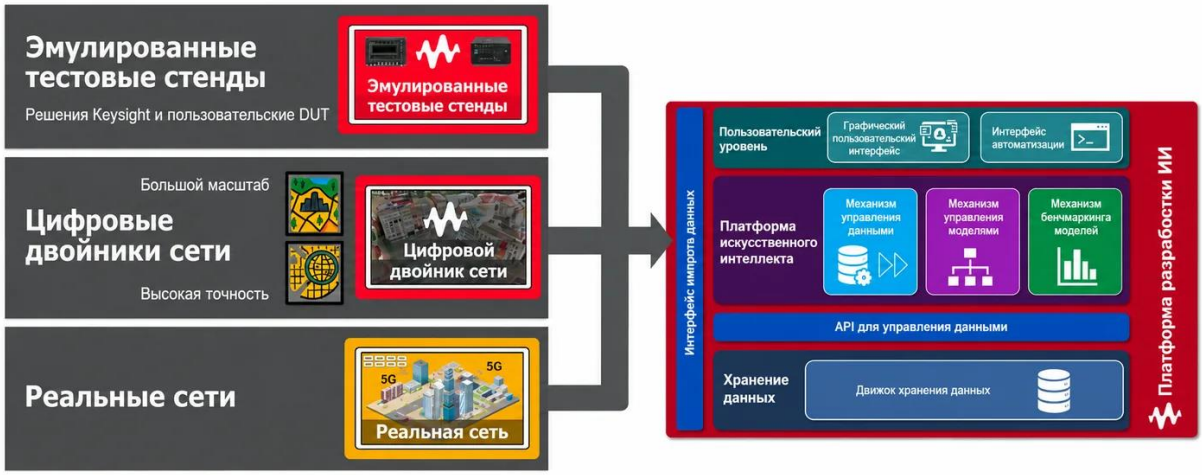


Рисунок 14. Источники для генерации наборов данных.

Источник данных — сетевой цифровой двойник

Network Digital Twin обеспечивает моделирование и аналитику в реальном времени на всех уровнях сети — от PHY и MAC до приложений и планирования, ускоряя оптимизацию, развёртывание и устранение неисправностей беспроводных систем следующего поколения с использованием ИИ.



Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

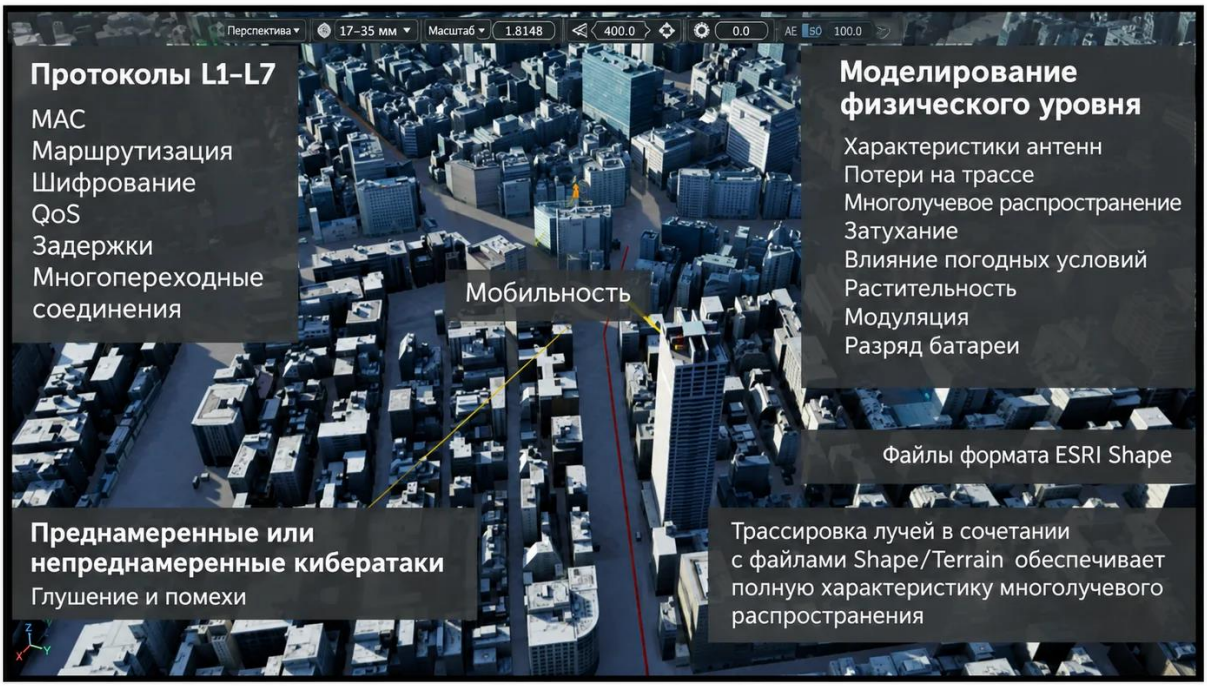


Рисунок 15. Network Digital Twin как источник данных.

Keysight Network Digital Twin обеспечивает:

- Сценарии **High-Scale** и **High-Fidelity**.
- Охват протоколов L1–L7.
- Моделирование RF-сценариев на уровне линии связи, системы и сети.
- Детерминированное 3D-моделирование каналов для конкретной площадки с помощью Channel Studio RaySim.
  - Реалистичное распространение RF-сигнала с учётом рельефа и растительности.
  - Точная геометрия зданий и автоматическая параметризация RF-материалов.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

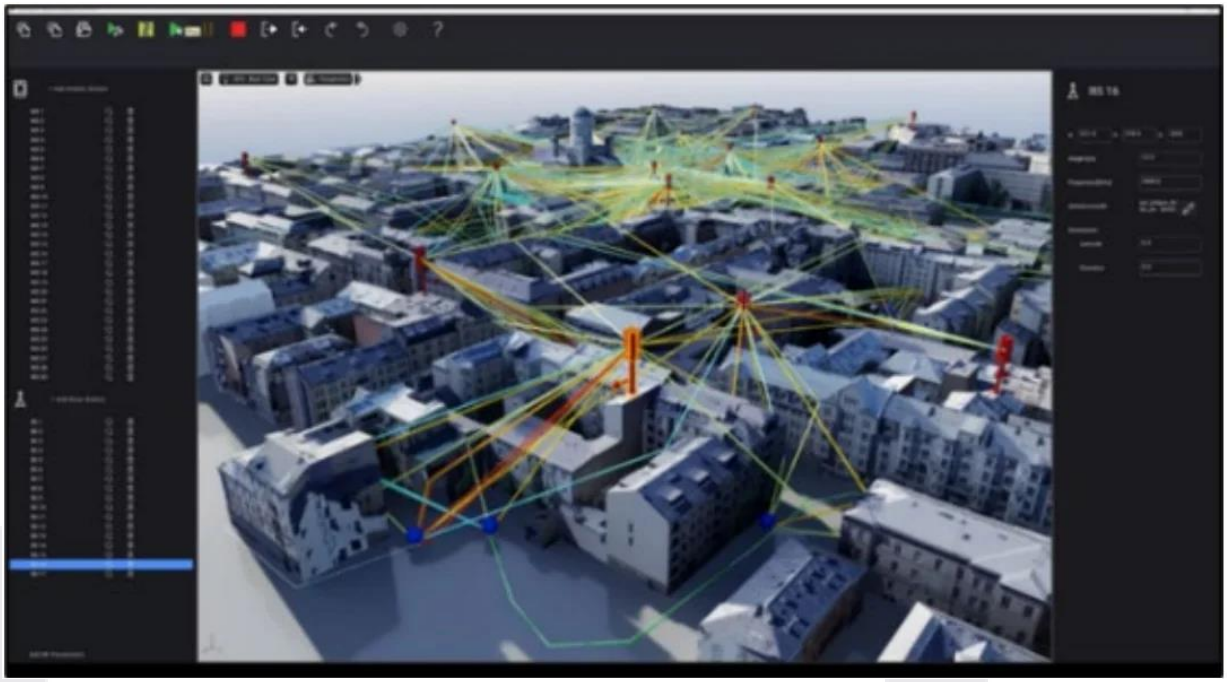


Рисунок 16. Реалистичное моделирование RF-канала с Channel Studio RaySim.

Источник данных — эмулируемые испытательные стенды



Рисунок 17. Эмулируемые испытательные стенды как источник данных.

Продукты, показанные на рисунке 17:

- UE Emulator — P8800S UeSIM RAN Testing Toolset
- Network Emulator — S8705A 5G RF and RRM DVT Toolset with Network Emulation

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- Channel Emulator — PROPSIM Channel Emulator Platforms
- O-RU Emulator — P8822S RuSIM – UE / O-RU Emulation Over the O-RAN Fronthaul
- O-DU Emulator — P8826S DuSIM – O-CU Midhaul Solutions
- O-CU Emulator — P8827S CuSIM – O-DU Midhaul Solutions
- RIC tester — P8828S RICtest – RAN Intelligent Controller Test Solutions
- Traffic Generation — P8900S LoadCore – Core Network Solutions
- Core Emulator — P8850S CoreSIM – Core Simulation RAN Solutions

Keysight предоставляет широкий набор платформ-эмуляторов и испытательных стендов:

- Обеспечивают формирование реалистичных синтетических исходных данных.
- Конфигурируются для формирования данных для широкого диапазона сценариев применения и условий.
- Поддерживают новейшие функции 3GPP, O-RAN Alliance и др.

Источник данных — действующая сеть

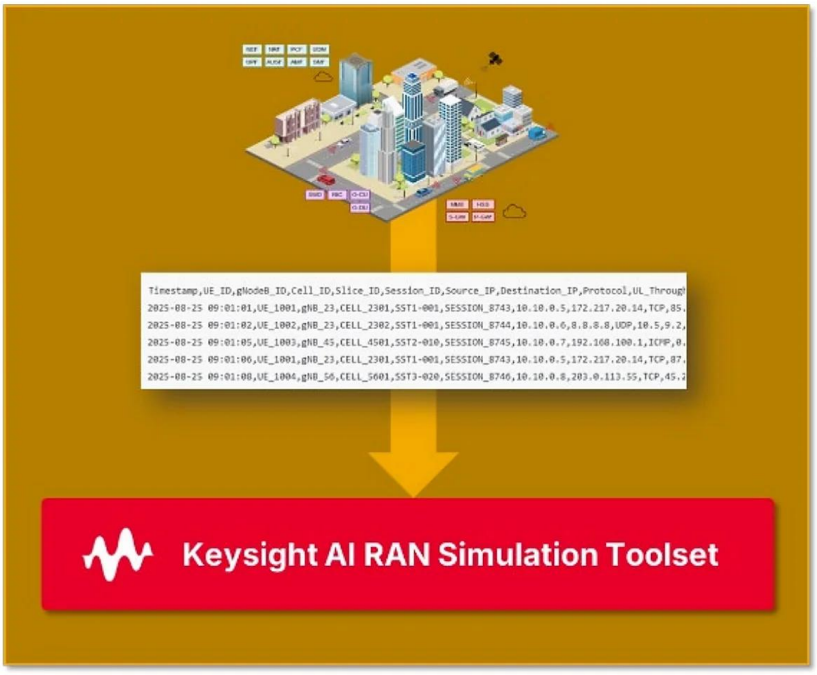


Рисунок 18. Действующая сеть как источник данных.

Keysight AI RAN Simulation Toolset поддерживает загрузку конфигураций действующей сети (cell, node, band и т. д.) и траекторий геолокации абонентов совместно с Network Digital Twin.

Источники данных действующей сети включают:

- Многоформатные данные конфигурации производственного уровня или записи эксплуатационных измерений.
- Любую информацию, записанную с реального устройства в производственной или лабораторной среде.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Для использования действующей сети как источника данных требуется обработка необработанных данных для формирования обучающих данных.

AI Development Platform

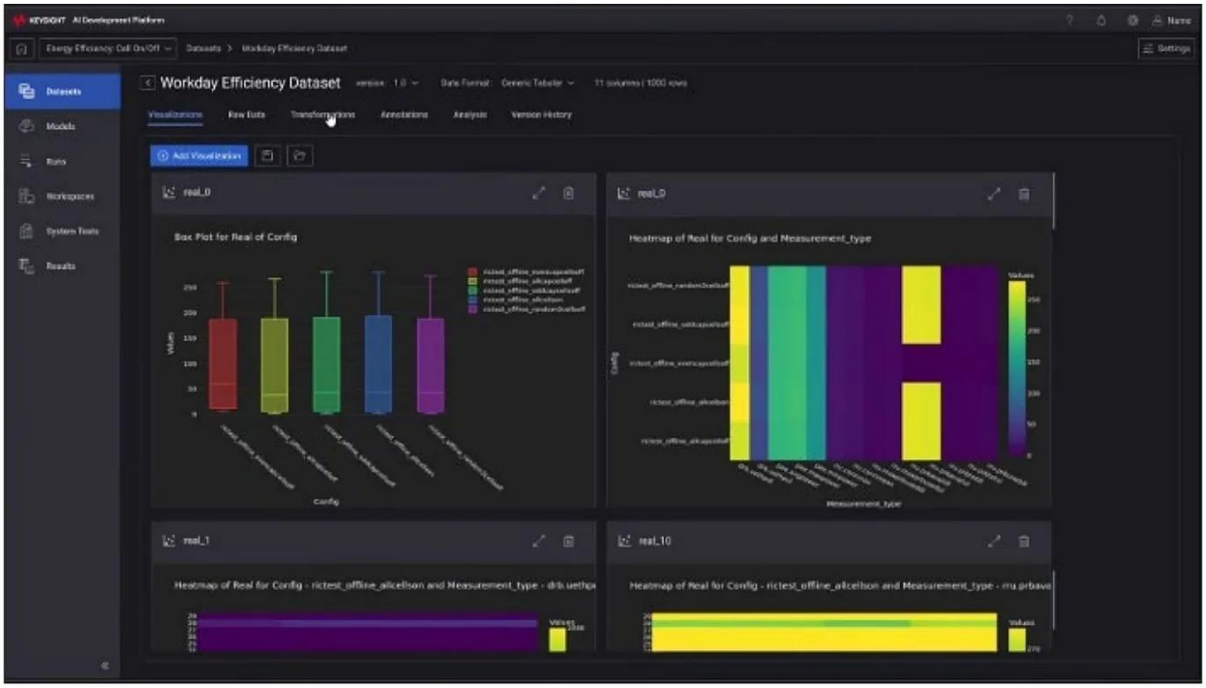


Рисунок 19. AI Development Platform.

AI Development Platform предоставляет удобный пользовательский интерфейс и механизм для управления данными ИИ, управления моделями и бенчмаркинга моделей с целью оценки и совершенствования пользовательской сети с поддержкой ИИ. Ниже приведены некоторые ключевые функции AI Development Platform.

- Преобразование исходных данных для формирования высококачественных выходных наборов данных с помощью Data Management.
- Локальное хранение моделей и наборов данных внутри сети с управлением моделями и версионированием.
- Оценка ИИ и RAN для подтверждения улучшения производительности с помощью Benchmarking Engine.
- Хранение в Data Storage Engine необработанных данных, данных конфигурации, курированных наборов данных, моделей ИИ с метаданными, результатов бенчмаркинга (рисунки x и x) и сценариев автоматизации.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

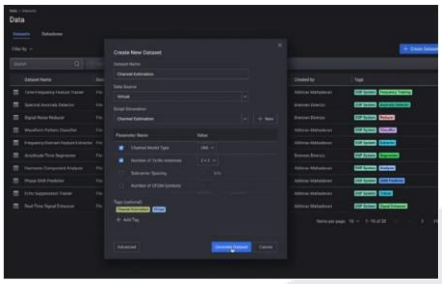


Рисунок 20. Управление моделями.



Рисунок 21. Бенчмаркинг модели ИИ.

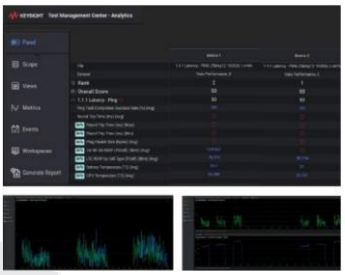


Рисунок 22. Бенчмаркинг производительности RAN.

Ключевые сценарии применения AI RAN

Категории сценариев применения

На рисунке ниже показаны три критически важных подхода к валидации моделей и систем ИИ в сетевых средах: High Scale, High Fidelity и Module Validation.

- **High Scale validation** подтверждает, что система (или модель ИИ) работает корректно, эффективно и предсказуемо в экстремальных условиях, например при развёртывании в масштабе страны, что требует огромных объёмов данных, трафика и сетевых элементов.
- **High Fidelity** ориентирован на тестирование сложных алгоритмов в условиях, близких к реальным, например в плотной городской среде со сложными условиями канала, и требует высокодетализированных данных, отражающих реальное поведение сети на уровне битов или символов.
- **Module Validation** предназначен для проверки отдельных компонентов алгоритма до их интеграции в полную систему с использованием данных в реальном времени от эмуляторов и пользовательских устройств, например для проверки одного канала связи на аппаратном испытательном стенде.

Вместе эти уровни валидации формируют комплексную основу для обеспечения надёжного, масштабируемого и точного внедрения ИИ в сетевых системах.

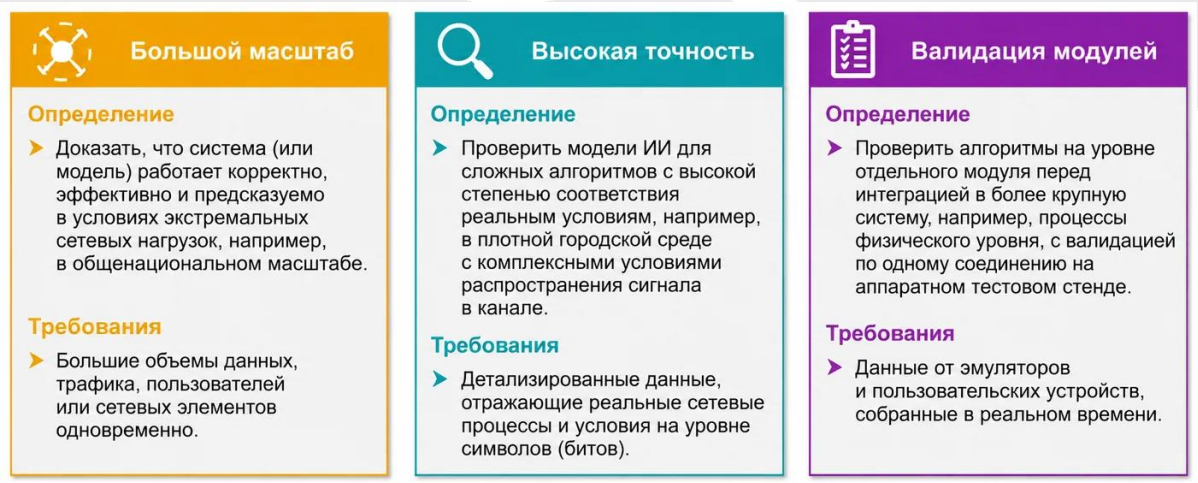


Рисунок 23. Категории сценариев применения AI RAN.

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Пример сценария — энергоэффективность: rApp переключения ячеек On/Off

Этот сценарий ориентирован на обучение и оптимизацию модели ИИ ES-rApp для снижения энергопотребления в сетях радиодоступа нескольких городов. Рабочий процесс включает:

- **Источник данных:** сбор крупномасштабных сетевых данных, включая QoS, энергетические метрики и шаблоны трафика в различных географических регионах.
- **Управление данными:** улучшение наборов данных посредством очистки, нормализации и расширения данных, а также внесение вариаций поведения данных для новых наборов.
- **Разработка модели и бенчмаркинг:** оценка производительности ИИ после обучения по точности и задержке, затем оценка по улучшению энергоэффективности при сохранении покрытия и QoS.
- **Конфигурация системы:** использование курированных и синтетических данных на AI Development Platform для обучения модели ES-rApp, интегрированной через архитектуру O-RAN.



Рисунок 24. Пример сценария повышения энергоэффективности.

Заключение

Keysight AI RAN Simulation Toolset упрощает процесс разработки и тестирования RAN с поддержкой ИИ.

- **Комплексный охват** всего рабочего процесса AI RAN.
- Уникальная возможность **формировать и курировать реалистичные наборы данных** для обучения моделей ИИ из нескольких входных источников данных.
- **Тесная интеграция с решением Keysight Digital Twin** для формирования синтетических данных и валидации моделей ИИ.
- **Бенчмаркинг производительности** моделей ИИ изолированно и валидация/оценка их производительности в контексте полной системы.
- Поддержка **широкого диапазона сценариев применения** High Scale, High Fidelity и Module Validation.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Связанные решения

- P8800S UeSIM RAN Testing Toolset
- P8822S RuSIM – UE / O-RU Emulation Over the O-RAN Fronthaul
- P8827S CuSIM – O-DU Midhaul Solutions
- P8826S DuSIM – O-CU Midhaul Solutions
- P8828S RICtest – RAN Intelligent Controller Test Solutions
- P8850S CoreSIM – Core Simulation RAN Solutions
- P8900S LoadCore – Core Network Solutions
- F9860000A Channel Studio GCM Tool
- PROPSIM Channel Emulator Platforms
- E7515B UXM 5G Wireless Test Platform

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.