

# Алгоритмы ML для построения цифровых двойников в 5G

**И.Г. АФОНИН, технический директор ООО “ЮБИТЕЛ”, Е.А. КУЧЕРЯВЫЙ, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ доктор технических наук, Д.В. ОСИПОВ, генеральный директор ООО “ЮБИТЕЛ”**

## Введение

К 2025 году доля общемирового покрытия сетями мобильной связи с поддержкой технологии 5G приблизится к 50 процентам, такие данные приводит аналитический портал GSM Association.

Однако с точки зрения практического внедрения технология все еще находится на стадии становления. Для всех операторов актуальными являются задачи разработки оптимальных сценариев внедрения новой технологии, формирование наборов инновационных клиентских сервисов с высокой доходностью и оптимизация процессов эксплуатации, включая механизмы управляемости, надежности и метрологической прозрачности сложных мультисервисных и мультивендорных сетей.

Очевидные преимущества применения методов и алгоритмов машинного обучения для анализа больших и разнородных данных при моделировании сложных объектов придали мощный импульс развитию технологии цифровых двойников в большинстве высокотехнологичных отраслей, таких как машиностроение, энергетика, химия и биоинжиниринг.

Тем не менее применение цифровых двойников для разработки и эксплуатации сетей и сетевого телекоммуникационного оборудования до сих пор является относительно новым методом, несмотря на его очевидный потенциал для развертывания сложной среды сетей 5G.

В № 8 журнала “Вестник связи” за этот год был размещен обзор “Цифровой полигон для систем и сетей с моделями искусственного интеллекта”. В настоящей статье делается попытка ответить на вопрос, как технологии цифровых двойников и цифровых полигонов с

моделями искусственного интеллекта могут помочь ускорению внедрения технологии 5G на сетях.

## Цифровой двойник

Напомним, что понятие цифровой двойник включает в себя динамическую функциональную модель высокой точности всех критических свойств объекта, которая меняется при поступлении новых входных данных на протяжении всего жизненного цикла, проходя стадии макетирования, разработки, внедрения, эксплуатации и вывода из эксплуатации объекта. Непременными условиями для создания эффективного цифрового двойника на стадиях внедрения и эксплуатации объекта являются наличие комплексных и точных цифровых моделей физического окружения, в совокупности называемых цифровым полигоном, и поддержка двухсторонних информационных связей между цифровой моделью, полигоном и физическим объектом в реальном времени.

Телекоммуникационные операторы возлагают большие надежды на эксплуатационные цифровые двойники и считают, что их внедрение позволит существенно упростить и обезопасить процессы ввода нового оборудования на сеть, улучшить эффективность механизмов управления сетью и быстро создавать и тестировать модели новых услуг для всех возможных сценариев, учитывая требования по уровням устойчивости, управляемости и качества услуг в сети.

## Цифровой двойник на базе алгоритмов машинного обучения

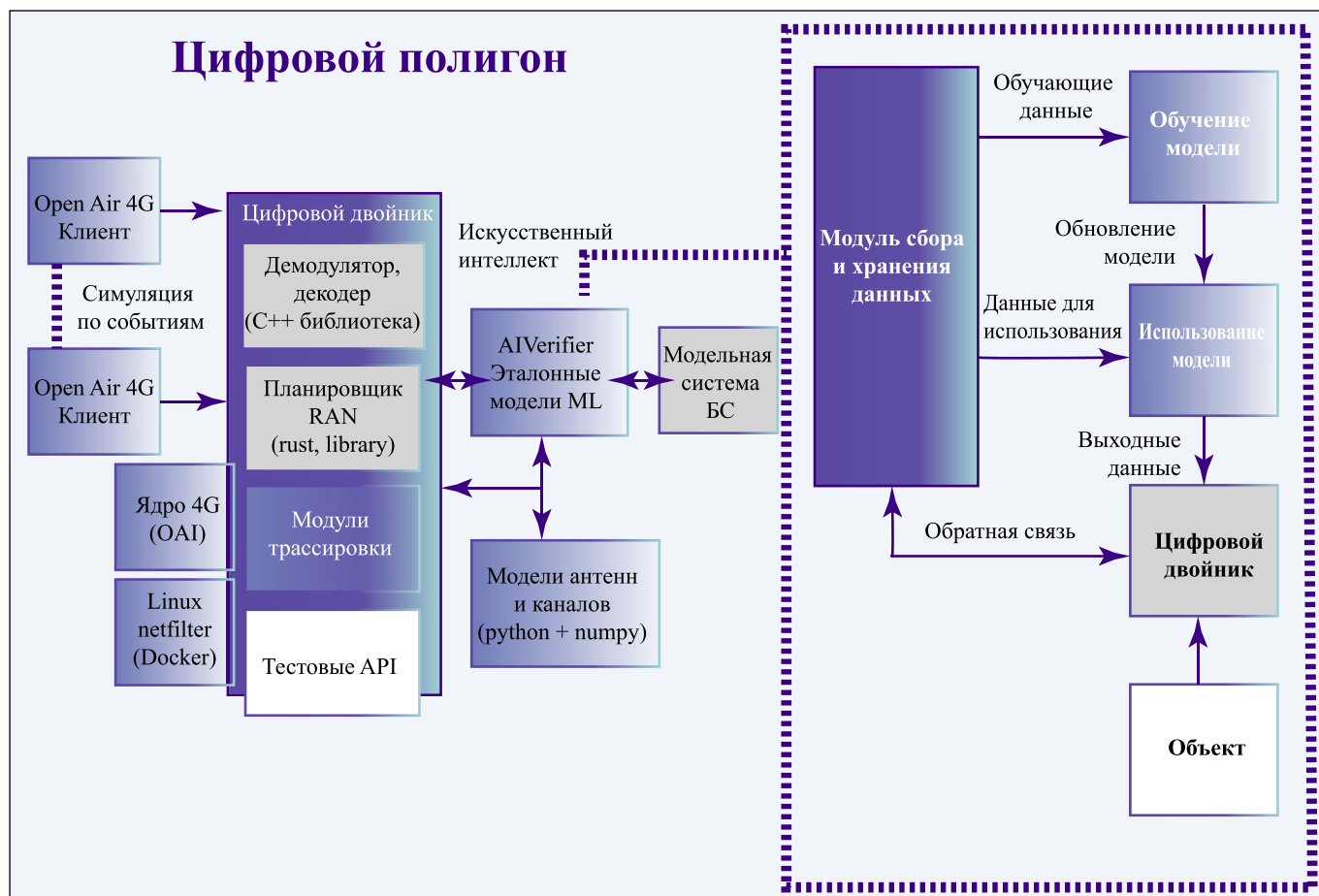
Отметим, что цифровая модель эксплуатируемого объекта, построен-

ная на базе алгоритмов машинного обучения (ML, Machine Learning), требует постоянного потока обновляемых данных для самообучения. Учебные шаблоны данных лучше всего формировать на основе реальных, собранных непосредственно с сети оператора.

До сих пор нет универсального подхода к разработке архитектуры цифрового двойника сетей и оборудования 5G, но фундаментальное свойство заключается в том, что такие сети работают с большими объемами данных различной природы, имеющих разные форматы в реальном времени. Обозначенные факты позволяют утверждать, что высокопроизводительные алгоритмы машинного обучения обладают большим потенциалом для создания моделей сетевого трафика на базе как исторических сетевых данных, так и данных, собранных в реальном времени из множества сетевых источников. Такие модели позволяют эффективно обнаруживать аномалии в сетях и выполнять предиктивный анализ и прогноз потенциально узких мест.

Концепция цифрового двойника нашла отражение и в стандартах 3GPP. Начиная с версии 15, архитектура сетей 5G поддерживает функции облачного ядра сети (Cloud Native Core) и виртуальных сетей радиодоступа (Cloud-RAN).

Анализ открытых источников позволяет утверждать, что оборудование для построения сетей 5G от ведущих телекоммуникационных вендоров сегодня разрабатывается с учетом необходимости построения оператором эксплуатационных цифровых полигонов и включает все необходимые элементы создания обратных связей, где данные с датчиков и сигнальный трафик пере-



даются на облачную операторскую платформу цифрового полигона для моделирования и анализа.

Такой цифровой облачный полигон имеет огромный эксплуатационный потенциал, позволяющий провести точную оценку текущей и прогнозируемой производительности, учитывая все профили нагрузки, влияние изменений окружающей среды и возможностей и ограничений эксплуатационных процессов.

Развивая данную концепцию, можно допустить, что в ближайшее время архитектура эксплуатационного полигона будет представлять из себя облачный цифровой двойник операторской сети 5G, выполняющий полный комплекс задач непрерывной оценки, мониторинга и предиктивной аналитики при помощи информационных обратных связей от физических объектов к виртуальным аналогам и наоборот. В сетях 5G цифровая модель будет синхронно работать вместе с физической сетью для выполнения эксплуатационных прогнозов и внедрения оптимальных решений на сети оператора.

Таким образом, внедрение технологии эксплуатационных цифровых двойников на базе алгоритмов машинного обучения с двухсторонними связями будет создавать следующие преимущества:

- сокращение времени верификации и подготовки новых сценариев применения оборудования с нескольких месяцев при натурном испытании до нескольких дней или даже часов;

- существенное сокращение затрат на развертывание новых сервисов и сопутствующих эксплуатационных расходов;

- комплексную реализацию функций предиктивной аналитики при помощи непрерывного тестирования виртуальной сетевой инфраструктуры при различных сценариях и условиях с целью выявления любых потенциальных проблем;

- решение задачи полной автоматизации механизмов сетевой самооптимизации (SON) без рисков снижения уровня контроля над сетью и качества услуг;

- практическую реализацию концепции программно-определяемых

сетей (SDN) и виртуализации сетевых функций (NFV).

### Заключение

Преимущества применения эксплуатационных цифровых двойников для сетей 5G сейчас как никогда влияют на большинство отраслей промышленности. Это закладывает реальный фундамент цифровой трансформации и позволяет создавать любые сценарии непредвиденных ситуаций для всех новых продуктов/услуг/процессов или новых сетевых объектов и тестировать их в реалистичных, но безопасных цифровых условиях до перехода к внедрению на реальной сети.

Кроме этого, цифровой двойник может кардинально повысить эффективность существующих моделей управления за счет выполнения постоянного мониторинга реальных систем и использования алгоритмов аналитики больших данных и машинного обучения для прогнозирования любых проблем до их возникновения на сети оператора.