



This PDF is provided by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an officially produced electronic file.

Ce PDF a été élaboré par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'une publication officielle sous forme électronique.

Este documento PDF lo facilita el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un archivo electrónico producido oficialmente.

یجر ی نور کتاب فملنم ننخوما ی هو تاظوفحموال، تمکتبال قسم ، (ITU) تصالاتلا لای لوالد ادحتالا نم تممقد PDF قسنبة تخسنال هذه
بامیرس دادة عا

本PDF版本由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案服务室提供。来源为正式出版的电子文件。

Настоящий файл в формате PDF предоставлен библиотечно-архивной службой Международного союза электросвязи (МСЭ) на основе официально созданного электронного файла.

ИИ и машинное обучение для 5G

Уроки конкурса МСЭ



Не отставайте от жизни //

// Будьте в курсе

"Новости МСЭ" **переведены** на новую платформу.

Откройте для себя портал **MyITU**

Ваш доступ к соответствующему **контенту МСЭ**
с учетом ваших интересов.

Будьте в курсе последних новостей МСЭ.

Чтобы получать новый еженедельный информационный бюллетень МСЭ,



Новости МСЭ:
регулярно
выходящие статьи



Подписаться



Журнал
"Новости МСЭ"



Присоединяйтесь к онлайн-сообществам МСЭ на вашем любимом канале

ИИ и машинное обучение для 5G – конкурс МСЭ 2020 года

Хоулинь Чжао, Генеральный секретарь МСЭ

■ В феврале этого года МСЭ объявил о первом конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G" – глобальном состязании, которое завершится церемонией вручения наград, проводимой 15–17 декабря 2020 года в онлайн-формате.

Организуя данный конкурс, МСЭ оказывает поддержку растущему сообществу, занимающемуся вопросами интеграции искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML) в сети, а также укрепляет сообщество, ведущее работу в области стандартов МСЭ для ИИ/ML.

Конкурс МСЭ способствует развитию культуры сотрудничества, необходимой для достижения успеха в работе по проблематике новых и будущих сетей, таких как 5G, а также формирует новые возможности для отрасли и академических организаций оказать влияние на развитие стандартов МСЭ.

МСЭ как специализированное учреждение ООН в области ИКТ играет важнейшую роль в обеспечении широкого развертывания таких сетей и их соответствия высочайшим стандартам качества. Недавно было объявлено об утверждении 193 Государствами-Членами

Рекомендации Сектора радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) "Подробные спецификации радиоинтерфейсов IMT-2020".

Спецификации IMT-2020 для пятого поколения технологий подвижной связи (5G) станут основой цифровой экономики завтрашнего дня, приведут отрасль и общество в автоматизированный и интеллектуальный мир и обещают улучшить жизнь людей в беспрецедентных масштабах.

В этом издании журнала "Новости МСЭ" вы узнаете все о конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G", а также найдете насыщенные идеями статьи за авторством представителей отрасли и академических организаций.

На мероприятии, посвященном финалу конкурса, выступят г-н Винсент Пур, профессор Принстонского университета, США, г-жа Чи-Линь Ай от Китайского научно-исследовательского института подвижной связи и г-н Войцех Самек, представитель Института общества Фраунгофера им. Генриха Герца, Германия. ■



“Организуя данный конкурс, МСЭ оказывает поддержку растущему сообществу, занимающемуся вопросами интеграции искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML) в сети.

”

Хоулинь Чжао

ИИ и машинное обучение для 5G

Уроки конкурса МСЭ

Редакционная статья

1 ИИ и машинное обучение для 5G – конкурс МСЭ 2020 года

Хоулинь Чжао, Генеральный секретарь МСЭ

5 МСЭ выражает благодарность спонсорам конкурса "ИИ/машинное обучение для 5G" 2020 года

Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G"

6 Формирование сообщества и доверия на площадке МСЭ

Журнал "Новости МСЭ" побеседовал с Директором Бюро стандартизации электросвязи МСЭ Чхе Суб Ли, чтобы узнать больше о контексте конкурса МСЭ "Искусственный интеллект и машинное обучение для 5G" и его связи со стратегическими приоритетами МСЭ

9 Обращение организаторов

Томас Басиколо, консультант по вопросам ИИ/ML

12 Следите за конкурсом МСЭ "ИИ/ML для 5G"

13 Сформулированные задачи

14 Большой финал конкурса - вторник, 15 декабря 2020 года

15 Большой финал конкурса - среда, 16 декабря 2020 года

16 Большой финал конкурса - четверг, 17 декабря 2020 года

17 Призы и дипломы для победителей

18 Руководство по задачам ИИ/ML для СТх следующих поколений

Вишну Рам О.В., независимый научный консультант

23 Обзор стандартов, относящихся к автономным сетям

Сяоцзя СОН, научный сотрудник, Си ЦАО, старший научный сотрудник, Линли ДЭН, технический руководитель, Ли Ю, главный научный сотрудник, и Цзюньлань ФЭН, руководитель исследовательских работ, научно-исследовательское подразделение компании China Mobile

30 Вебинары в рамках конкурса МСЭ "ИИ/машинное обучение для 5G"



Фото на обложке: Shutterstock

ISSN 1020-4148

itunews.itu.int

6 выпусков в год

Авторское право: © МСЭ 2020

Редактор-координатор и копирайтер:

Николь Харпер

Художественный редактор:

Кристин Ванولي

Помощник редактора:

Анджела Смит

Редакция/Информация о

размещении рекламы:

Тел.: +41 22 730 5723/5683

Эл. почта: itunews@itu.int

Почтовый адрес:

International Telecommunication Union

Place des Nations

CH-1211 Geneva 20 (Switzerland)

Правовая оговорка:

Выраженные в настоящей публикации мнения являются мнениями авторов, и МСЭ за них ответственности не несет. Используемые в настоящей публикации обозначения и представление материала, включая карты, не отражают какого бы то ни было мнения МСЭ в отношении правового статуса любой страны, территории, города или района либо в отношении делимитации их границ. Упоминание конкретных компаний или определенных продуктов не означает, что МСЭ их поддерживает или рекомендует, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые не упоминаются.

Все фотографии МСЭ, если не указано другое

Аналитические материалы предприятий отрасли

32 Оценка возможностей и накопление ИИ в будущих сетях

Цзюнь Ляо, директор лаборатории искусственного интеллекта, Тэнфэй Лю, Ямэн Ли и Цзясинь Вэй, инженеры лаборатории искусственного интеллекта научно-исследовательского подразделения компании China Unicom

35 Ускорение процесса логического вывода при глубоком обучении с помощью инструментария с открытым исходным кодом Adlik

Лия Юань, инженер по разработке ПО с открытым исходным кодом и стандартизации, компания ZTE

38 Применение ИИ/ML: открывающиеся возможности и проблемы для поставщиков услуг связи

Салих Эргют, старший научный сотрудник по НИОКР в области сетей 5G, компания Turkcell

42 Автономные сети: адаптация к неизвестному

Пол Харви, руководитель научно-исследовательских работ, Студия инноваций компании Rakuten Mobile, и Пракайван Ваджрабхая, руководитель отдела поддержки и продвижения исследований, Студия инноваций компании Rakuten Mobile

46 Тестирование QoE в сетях подвижной связи

Арнд Сибила, менеджер по маркетингу технологий отдела тестирования сетей подвижной связи компании Rohde & Schwarz

50 Взгляд оператора сети на роль ИИ в будущих сетях радиодоступа

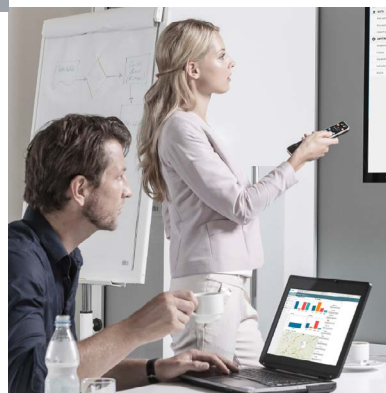
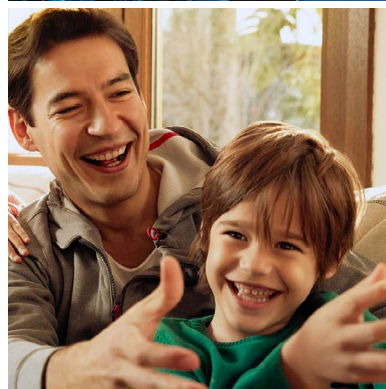
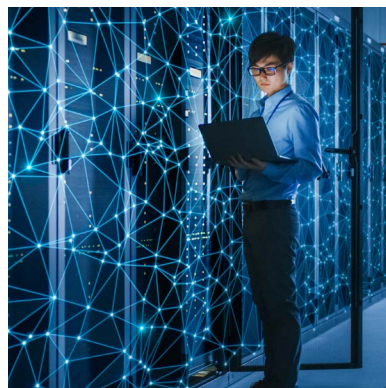
Чих-Линь И, главный исследователь по беспроводным технологиям, и Ци Сунь, старший научный сотрудник по беспроводным технологиям, научно-исследовательское подразделение компании China Mobile

55 ИИ и открытые интерфейсы: ключевые инструменты реализации кампусных сетей

Гюнтер Бройтигам, управляющий директор компании Airpuls; Ренато Л. Г. Кавальканте, научный сотрудник компании Fraunhofer HHI; Мартин Каспарик, научный сотрудник компании Fraunhofer HHI; Александр Келлер, директор по исследованиям компании NVIDIA; и Славомир Станчак, руководитель отдела радиосвязи и сетей компании Fraunhofer HHI, Германия

58 Цитаты из выступлений авторов сформулированных задач конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"

61 Цитаты из выступлений участников конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"



Идеи академических организаций

62 ИИ/машинное обучение для сверхнадежной связи с малой задержкой

Авторы: Андрей Кучерявый, заведующий кафедрой сетей связи и передачи данных, СПбГУТ, ведущий научный сотрудник НИИР, Председатель ИК11 МСЭ-Т; Аммар Мутханна, заместитель заведующего кафедрой по научной работе, кафедра сетей связи и передачи данных, СПбГУТ, руководитель лаборатории SDN; Артем Волков, исследователь, аспирант, кафедра сетей связи и передачи данных, СПбГУТ, Россия

66 Интеграция ИИ/ML для создания автономных сетей – будущее направление развития оборудования электросвязи последующих поколений

Акихиро Накао, профессор Токийского университета

70 Реалистичное моделирование в среде Raymobtime для проектирования физического уровня систем беспроводной связи на основе ИИ

Альдебаро Клаутау, профессор Федерального университета Пара, Бразилия, и Нурия Гонсалес Прелчич, доцент Университета штата Северная Каролина, Соединенные Штаты

74 Повышение надежности машинного обучения и доверия к нему с помощью имитаторов сети и стандартизации

Франческ Вильгельми, научный сотрудник Каталонского центра технологий электросвязи (CTTC), Испания

78 Научно-исследовательские проекты по развитию образования и распознаванию речи в Нигерии

Джеймс Агаджо, доцент и руководитель исследовательской группы WINEST отделения вычислительной техники, Абдуллахи Сани Шуайбу и Блессед Гуда, студенты, Федеральный технологический университет Минны, Нигерия

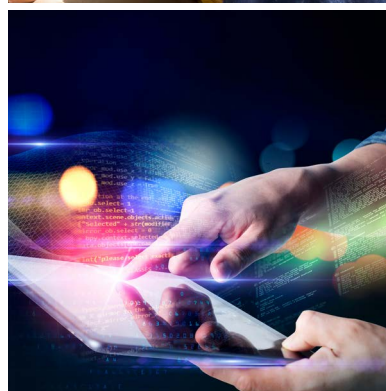
82 Почему для получения новых данных нам нужны новые партнерства

Игнасио Родригес Ларрад, научный сотрудник лаборатории беспроводных сетей связи Университета Ольборга, Дания

86 Оркестровка функций машинного обучения для сетей связи будущих поколений

Шагуфта Хенна, преподаватель информатики Технологического института Леттеркенни, Ирландия

88 Возможности для спонсоров в 2021 году



МСЭ выражает благодарность спонсорам конкурса "ИИ/машинное обучение для 5G" 2020 года

Золотой спонсор

**Регуляторный орган электросвязи (TRA),
Объединенные Арабские Эмираты**

TRA



**Бронзовые спонсоры
Компании Cisco Systems и ZTE**

CISCO



ZTE



Формирование сообщества и доверия на площадке МСЭ

Журнал "Новости МСЭ" побеседовал с Директором Бюро стандартизации электросвязи МСЭ **Чхе Суб Ли**, чтобы узнать больше о контексте **конкурса МСЭ "Искусственный интеллект и машинное обучение для 5G"** и его связи со стратегическими приоритетами МСЭ.

В этом выпуске представлен опыт, полученный в рамках конкурса МСЭ. Как бы вы определили цели этого конкурса?

Конкурс МСЭ предоставил участникам площадку для применения инструментария МСЭ для машинного обучения при решении практических задач. Конкурс МСЭ позволил участникам наладить связи с новыми партнерами в рамках сообщества МСЭ, а также получить доступ к новым инструментам и информационным ресурсам для достижения целей, сформулированных в поставленных задачах при содействии представителей отрасли и академических организаций из Бразилии, Китая, Индии, Ирландии, Японии, России, Испании, Турции и Соединенных Штатов Америки. Конкурс предоставил участникам возможность продемонстрировать свои способности, опробовать свои концепции на реальных данных и реальных проблемах, а также побороться за мировое признание.

Каким образом конкурс МСЭ соотносится со стратегическими приоритетами Союза?

Формирование сообщества и укрепление доверия являются основой деятельности МСЭ. В состав МСЭ входят 193 Государства-Члена и более 900 компаний, университетов, международных и региональных организаций. Стандарты МСЭ разрабатываются в рамках сообщества, что создает взаимопонимание, позволяющее сообществу вместе продвигаться вперед. Стандарты МСЭ – это значимый результат международного сотрудничества. Они представляют собой добровольные обязательства в отношении общих подходов к развитию и применению технологий, а также поддержке деловых связей. Ценность работы МСЭ в области стандартизации, так же как и ценность конкурса МСЭ, заключается в сообществе, которое она создает.



“Конкурс МСЭ предоставил участникам площадку для применения инструментария МСЭ для машинного обучения.”

Чхе Суб Ли

Директор Бюро стандартизации электросвязи МСЭ

Каким образом стандарты МСЭ соотносятся с конкурсом МСЭ и как может развиваться данная связь?

■ Новые стандарты МСЭ для ИИ/ML предоставляют инструментарию для обеспечения возможности интеграции ИИ/ML в 5G и будущие сети по мере развития этих сетей. В архитектуре МСЭ Y.3172, которая разработана на основе исследования сценариев использования, опубликованного в [Добавлении 55 к Серии Y МСЭ](#), представлены типовые инструментарию для базовой сети: конвейер ML для оптимизации и использования моделей; тестовая среда ML для пробных моделей до развертывания; и оркестратор функций ML (MLFO) для управления интеграцией ИИ/ML. На архитектуре МСЭ Y.3172 построены стандарты МСЭ Y.3173 (оценка уровня интеллекта), МСЭ Y.3174 (обработка данных) и МСЭ Y.3176 (интеграция рыночного пространства). Участники конкурса МСЭ должны были продемонстрировать и проверить эти стандарты МСЭ и создать новые возможности для отрасли и академических организаций, с тем чтобы они могли влиять на их развитие.

“

Технологии 5G олицетворяют значимый прогресс в организации сетей, удовлетворяющих потребности чрезвычайно разнообразных приложений в различных отраслевых секторах.

”

Чхе Суб Ли

Почему ИИ/ML и поддержка стандартов важны для 5G и будущих сетей?

■ Компании, занимающиеся сетями, внедряют ИИ/ML в рамках своей инновационной деятельности для оптимизации работы сетей и повышения энергоэффективности и рентабельности. Технологии 5G олицетворяют значимый прогресс в организации сетей, удовлетворяющих потребности чрезвычайно разнообразных приложений в различных отраслевых секторах. Сети становятся все более сложными и комплексными. Важнейшую роль в управлении этой сложностью будет играть ИИ/ML. Стандарты МСЭ Y.317x предоставляют универсальные инструментарию для поддержки интеграции ИИ/ML в соответствии с развитием сети.

Стандартные "наборы инструментов", созданные для адаптации к изменяющимся требованиям пользователей и разнообразным сценариям применения, содержатся также в стандартах МСЭ в таких областях, как мультимедиа, безопасность, блокчейн и квантовые информационные технологии.

Отрасль ИКТ развивается стремительными темпами. Как изменения последних лет повлияли на работу МСЭ в области стандартизации?

■ В последние четыре года наблюдается значительный прирост количества новых Членов Сектора стандартизации МСЭ (МСЭ-Т), составивший в прошлом году более пятидесяти. Мы занимаемся новыми интересными темами, но роль площадки МСЭ остается неизменной уже более 150 лет: мы формируем сообщество и укрепляем доверие, чтобы обеспечить развитие ИКТ в глобальном масштабе. Платформа стандартизации МСЭ, на протяжении многих лет игравшая центральную роль в достижении взаимопонимания в секторе ИКТ, в настоящее время помогает сектору ИКТ строить взаимопонимание со своими многочисленными новыми партнерами. Мы видим, как благодаря совместным усилиям новых партнеров совершенствуется работа МСЭ в области стандартизации в таких сферах, как "умные" города, энергетика, здравоохранение, финансы, автомобилестроение, а также ИИ/ML.

Какой подход использует МСЭ для удовлетворения потребности в поддержке более разнообразных приложений ИКТ?

■ Несмотря на то, что роль МСЭ в формировании сообщества и укреплении доверия остается неизменной, мы вступили в новую эру стандартизации и нуждаемся в новых подходах для дальнейшей деятельности по этим направлениям. В течение многих лет мы работали над налаживанием контактов между директивными органами в сфере ИКТ и директивными органами других секторов. Широкий диалог помог нам создать условия для разработки важнейших новых стандартов в таких областях, как цифровое здравоохранение, цифровые финансы, интеллектуальные транспортные системы, а также ИИ/ML. Здесь мы видим ценность открытых платформ, таких как **оперативные группы МСЭ** или **Глобальный саммит "ИИ во благо"**. Эти открытые платформы помогают формировать сообщество и укреплять доверие. Они помогают уточнить вклад, который ожидается от различных заинтересованных сторон, в том числе вклад в работу МСЭ в области стандартизации.

Где наиболее заметно влияние ИИ/ML в работе МСЭ в области стандартизации и в чем заключаются возможности участия?

■ ИИ/ML играет важнейшую роль в работе МСЭ в области стандартизации в таких сферах, как оркестровка сетей и управление ими, кодирование мультимедиа, оценка качества обслуживания, цифровое здравоохранение, экологическая эффективность и автономное вождение. Так, в МСЭ широко обсуждалась концепция полностью автономной сети, обладающей интеллектом 5-го уровня, описанным в МСЭ Y.3173. Приглашаем вас присоединиться к нам. МСЭ становится все более представительным.

В этом году был снижен размер членских взносов для новых компаний и МСП. Размеры взносов академических организаций были снижены в 2011 году. Компании любого масштаба из развивающихся стран с низким уровнем доходов также имеют право на снижение членских взносов. ■

“

Концепция полностью автономной сети на основе интеллекта 5-го уровня, описанного в МСЭ Y.3173, вызвала бурные обсуждения в МСЭ.

”

Чхе Суб Ли

МСЭ

Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G"

*Применение машинного
обучения для сетей связи*

ai5gchallenge@itu.int



Обращение организаторов

Томас Басиколо, консультант по вопросам ИИ/ML

■ Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" собрал вместе единомышленников – студентов и профессионалов со всего мира для изучения практического применения искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML) в новых и будущих сетях. Это был первый конкурс, организованный МСЭ, но принимая во внимание множество ценных извлеченных уроков, он, по всей видимости, является первым из многих.

В конкурсе приняли участие более 1300 человек из 62 стран, которые сформировали 911 команд, и мы с нетерпением ждем финала конкурса, который пройдет 15-17 декабря в онлайн-формате, где выдающиеся команды будут соревноваться за награды с призовым фондом на общую сумму 20 000 швейцарских франков и ряд других призов, обеспечивающих глобальное признание.

Проведение конкурса МСЭ сделали возможным партнерские связи, и они же были основной темой мероприятия.

“

Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" собрал вместе единомышленников – студентов и профессионалов со всего мира.

”

Томас Басиколо

“

В конкурсе приняли участие более 1300 человек из 62 стран, которые сформировали 911 команд.

”

Томас Басиколо

Конкурс МСЭ позволил участникам установить связи с новыми партнерами в отрасли и академических организациях, а также получить доступ к новым инструментам и информационным ресурсам для решения реальных проблем с помощью ИИ/ML, продемонстрировать свой талант и получить новый опыт. Двадцать три сформулированные задачи были представлены отраслью и академическими организациями Бразилии, Китая, Индии, Ирландии, Японии, России, Испании, Турции и Соединенных Штатов, и эти "региональные авторы задач" предложили ресурсы и экспертные рекомендации для поддержки участников в решении поставленных задач.

Мы хотели бы поблагодарить сообщество, которое сделало возможным проведение конкурса, наших участников, региональных авторов задач, наших партнеров по продвижению [LF AI & Data](#), [NGMN](#) и [SGInnovate](#); нашего золотого спонсора – Регуляторный орган электросвязи (TRA) Объединенных Арабских Эмиратов, а также бронзовых спонсоров – компании [Cisco](#) и [ZTE](#).

Сопоставление решений со стандартами МСЭ

Новые стандарты МСЭ в области ИИ/ML предоставляют инструментарию, при объединении которых образуется сквозной конвейер для интеграции ИИ/ML в сети. Задача МСЭ состояла в том, чтобы продемонстрировать и проверить эти стандарты МСЭ. Решая задачу сопоставления решений со стандартами МСЭ, конкурс МСЭ способствует укреплению сообщества, способного поддерживать постепенное развитие этих стандартов МСЭ.

В архитектуре [МСЭ Y.3172](#), которая разработана на основе исследования сценариев использования, опубликованного в [Дополнении 55 к Серии Y МСЭ](#), представлены типовые инструментарии для базовой сети: конвейер ML для оптимизации и использования моделей; тестовая среда ML для пробных моделей до развертывания; и оркестратор функций ML (MLFO) для управления интеграцией ИИ/ML. На архитектуре МСЭ Y.3172 построены стандарты [МСЭ Y.3173](#) (оценка уровня интеллекта), [МСЭ Y.3174](#) (обработка данных) и [МСЭ Y.3176](#) (интеграция рыночного пространства).

В сформулированных задачах этого первого конкурса МСЭ предлагались различные возможности применения методов МСЭ Y.317x, а в одной формулировке продемонстрированы возможности MLFO посредством эталонных реализаций.

В будущих конкурсах МСЭ мы планируем представить эталонную реализацию сквозного конвейера ML, описанного в МСЭ Y.3172. Такие эталонные реализации могут включать ноутбуки для написания кода и интеграции ML; инструменты для обработки данных и управления ими; а также инструменты для выбора, обучения, оптимизации и проверки моделей ML.

Кроме того, мы планируем обеспечить доступ к стандартным инструментарию МСЭ для таких инициатив, как "праздники подключения" и хакатоны, а также создать условия для сотрудничества в проектах с открытым исходным кодом и работы в области стандартизации.

Извлеченный опыт для всех

Одной из основных проблем, на которые необходимо обратить внимание при объединении усилий глобального сообщества по внедрению инноваций с помощью ИИ/ML, является доступность данных.

Всем участникам были доступны пятнадцать сформулированных задач. Восемь из них были ограничены участием на условиях, установленных авторами. Четырнадцать находятся "на этапе разработки" и не имеют необходимых инструментов или ресурсов

данных для этого первого конкурса МСЭ. Мы надеемся, что новые партнеры объединят усилия для решения этих четырнадцати задач в рамках будущих конкурсов МСЭ.

Руководящие указания по обмену данными в рамках конкурса МСЭ учитывают широкий круг точек зрения отрасли и академических организаций в отношении доступа к реальным сетевым данным, синтетическим данным и открытым данным. В руководящих указаниях описываются меры по обеспечению обмена данными с учетом различных классификаций наборов данных, этапов предварительной обработки (включая анонимизацию) и безопасного размещения данных.

Мы также увидели, что лучшие результаты были достигнуты в результате тесного сотрудничества. Конкурс показал, что возможности успешного решения сформулированных задач выше в том случае, когда этот процесс не только подкреплен необходимыми инструментами и информационными ресурсами, но и характеризуется тесным сотрудничеством между участниками и региональными авторами.

Нашей приоритетной задачей было укрепление сообщества в области ИИ/ML.

В рамках работы по предоставлению участникам равных возможностей МСЭ и наши партнеры

разработали индивидуальные рабочие процессы, предоставляющие участникам уникальный опыт участия в конкурсе.

МСЭ привлек участников к работе в рамках технических круглых столов и вебинаров, предоставив экспертные рекомендации по решению сформулированных задач и указав на ценность доступных новых стандартов МСЭ. Вместе с нашими региональными авторами мы общались на местных языках, связывали участников с наставниками и вели интерактивные дискуссии на нашем канале в мессенджере Slack.

Готовы к конкурсу в 2021 году?

В настоящее время ведется подготовка к конкурсу МСЭ 2.0, руководство которой осуществляется основной группой, состоящей из членов дирекции конкурса, судей, партнеров по информационно-пропагандистской деятельности и спонсоров.

Мы будем и в дальнейшем способствовать формированию новых партнерств в области ИИ/ML и сформулируем руководящие указания по обмену инструментами и ресурсами данных, необходимыми для реализации таких партнерств. Мы приветствуем новых партнеров и новые сформулированные задачи, а также новые инструменты и ресурсы данных. Мы создаем

“

В настоящее время ведется подготовка к конкурсу МСЭ 2.0, руководство которой осуществляется основной группой, состоящей из членов дирекции конкурса, судей, партнеров по информационно-пропагандистской деятельности и спонсоров.

”

Томас Басиколо

новые возможности для отрасли и академических организаций для совместного решения проблем, а также новые возможности для оказания влияния на направление разработки и применения стандартов МСЭ. Свяжитесь с нами, чтобы принять участие в решении проблем, оценить некоторые из интересных работ, распространить информацию о конкурсе, стать спонсором награды или наставником для нескольких студентов.

Благодарим вас за поддержку и с нетерпением ждем встречи с вами на конкурсе 2.0. ■

Следите за конкурсом МСЭ "ИИ/ML для 5G"

26 партнеров
(операторы электросвязи,
производители оборудования
и научное сообщество)
предложили **23** задачи

Свыше **1300** участников из более
чем **60** стран из 6 регионов

45% - отраслевые организации и
55% - академические организации

26 вебинаров

4 технических направления: сети,
содействующие факторы, вертикали,
общественная польза

Призовой фонд **20 000**
швейцарских франков
5 категорий дипломов

См. [веб-сайт](#)
конкурса

Не пропустите
объявление
победителей в
Большом финале
конкурса
15-17 декабря,
2020 года в
[онлайн-режиме](#)
[здесь](#).

План-график



Сформулированные задачи

Название	Ответственная организация
ML5G-PHY-выбор луча – машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона	Федеральный университет Пара (UFPA), Бразилия
Повышение пропускной способности сетей WLAN стандарта IEEE 802.11 с помощью машинного обучения	Университет Помпеу Фабра (UPF), Испания
Конкурс "Графовые нейронные сети 2020"	Центр по изучению нейронных сетей в Барселоне (BNN-UPC), Испания
Сжатие моделей глубокого обучения	ZTE
5G + ИИ ("умный" транспорт)	Университет им. Джавахарлала Неру (JNU), Индия
Улучшение опыта и усиление эффекта присутствия систем видео-конференц-связи и совместной работы	Dview
5G + ML/ИИ (динамический доступ к спектру)	Индийский технологический институт в Дели (IITD)
ИИ/ML с сохранением конфиденциальности в сетях 5G для приложений здравоохранения	Центр развития телематики (C-DOT)
Коллективный опыт с использованием 5G + ИИ (3D дополненная и виртуальная реальность)	Hike, Индия
Демонстрация возможностей MLFO посредством эталонных реализаций	Технологический институт Леттеркенни (LYIT), Ирландия
ML5G-PHY-оценка каналов – машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона в Университете штата Северная Каролина	Университет штата Северная Каролина, Соединенные Штаты
Оценка состояния сети путем анализа необработанных видеоданных	NEC, Комитет RISING, Комитет по технологиям электросвязи (TTC)
Анализ ошибок при передаче информации о маршруте в базовых IP-сетях с помощью тестовой среды на основе NFV	KDDI, Комитет RISING, Комитет по технологиям электросвязи (TTC)
Использование метеорологических данных для прогнозирования отказов в линиях радиосвязи (RLF)	Turkcell
Распознавание и долгосрочное прогнозирование трафика на основе алгоритмов ИИ и метаданных для сетей 5G/IMT 2020 и последующих поколений	Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций (СПбГУТ)
5G + ИИ + AR	China Unicom (Чжэцзянское отделение)
Локализация неисправностей сетевых устройств обратной связи на платформе MEC	China Unicom (Гуандунское отделение)
Построение графа знаний о конфигурации сетевых устройств обратной связи на основе архитектуры MEC	China Unicom (Гуандунское отделение)
Сигнализация и предотвращение чрезвычайных ситуаций в области общественного здравоохранения на основе данных электросвязи	China Unicom (Пекинское отделение)
Прогнозирование энергосбережения ячеек базовых станций в сети подвижной связи	China Unicom (Шанхайское отделение)
Обнаружение аномалий индекса KPI базовой сети	China Unicom (Шанхайское отделение)
Оптимизация топологии сети	China Mobile
Прогнозирование сигнала тревоги при выходе из строя (OoS) базовой станции сети 4G/5G	China Mobile

Большой финал конкурса - вторник, 15 декабря 2020 года

Время (СЕТ)	Название задачи	Состав команды	Принадлежность
12:15	5G + ИИ + AR	Цзяванг Лю_Цзяпин Цзян	CITC и China Unicom
12:30	Анализ ошибок при передаче информации о маршруте в базовых IP-сетях с помощью тестовой среды на основе NFV	Фэй Ся_Аерман Терсунь_Цзясин Лу_Пин Ду	Токийский университет
12:45	Анализ ошибок при передаче информации о маршруте в базовых IP-сетях с помощью тестовой среды на основе NFV	Таканори Хара_Кентаро Фудзита	Институт науки и техники Нара, Япония
13:00	Анализ ошибок при передаче информации о маршруте в базовых IP-сетях с помощью тестовой среды на основе NFV	Рёма Кондо_Такаси Убуката_Кентаро Мацуура_Хирофуми Озеки	Токийский университет
13:15	Локализация неисправностей сетевых устройств на платформе MEC	Чжан Ци_Линь Сюэцин	Guochuang Software Co. Ltd
13:30	Оптимизация топологии сети	Хань Цзэнфу_Ван Чжиго_Чжан Ивэй_У Дешэн_Ли Сикун	China Mobile, провинция Шаньдун
13:45	Оптимизация топологии сети	Ган Чжоу Вэй_Рао Цяньинь_Фэн Цзэчжун_Си Линь_Гуо Линь	China Mobile, провинция Гуйчжоу
14:00	Перерыв	Перерыв	Перерыв
14:15	Прогнозирование энергосбережения ячеек базовых станций в сети подвижной связи	Вэй Цзян_Ши Чжу_Сюй Сюй	AsialInfo Technologies Ltd
14:30	Прогнозирование сигнала тревоги при выходе из строя (OoS) базовой станции сети 4/5G	Чжоу Чао_Чжэн Тяньюй_Цзян Мейджун	Нанькайский университет
14:45	Демонстрация возможностей MLFO посредством эталонных реализаций	Абхишек Дандекар	Берлинский технический университет
15:00	ML5G-PHY-выбор луча - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона	Махди Болурсаз Машхади_Цзе-Ян Тун_Миколай Янковский_Шимон Кобус	Лондонский имперский колледж
15:15	ML5G-PHY-выбор луча - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона	Батул Салехикоуэй_Дебашри Рой_Гиллем Реус Мунс_Зифэн Ван_Тун Цзянь	Северо-Восточный университет, Бразилия
15:30	ML5G-PHY-выбор луча - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона	Зекчин Маттео	Eurecom, Бразилия
15:45	Повышение пропускной способности сетей WLAN стандарта IEEE 802.11 с помощью машинного обучения	Рамон Валлес	Университет Помпеу Фабра, Испания
16:00	Повышение пропускной способности сетей WLAN стандарта IEEE 802.11 с помощью машинного обучения	Паола Сото_Дэвид Гоэз_Мигель Камело_Наталья Гавирия	Антверпенский университет, Бельгия
16:15	Повышение пропускной способности сетей WLAN стандарта IEEE 802.11 с помощью машинного обучения	Мохаммад Абид_Айман М. Алошан_Фейсал Аломар_Мохаммад Альфаифи_Абдулрахман Альгунайях_Халед М. Сахари	Saudi Telecom

Примечание. - Вышеупомянутые команды отобраны для выступления с презентацией в Большом финале конкурса (на Заключительной конференции).
(Каждой команде дается на презентацию 8 минут, после чего следует 7 минутный сеанс ответов на вопросы со стороны жюри и аудитории.)

Ознакомьтесь со списком
[лучших команд.](#)

Не пропустите Заключительную
конференцию!
Зарегистрируйтесь [здесь.](#)

Большой финал конкурса - среда, 16 декабря 2020 года

Время (СЕТ)	Название задачи	Состав команды	Принадлежность
12:00	Оценка состояния сети путем анализа необработанных видеоданных	Юсуке Хашимото_Юя Секи_Дайси Кондо	Университет префектуры Осака, Япония
12:15	Оценка состояния сети путем анализа необработанных видеоданных	Йимен Сунь_Бадр Мотидзуки	Киотский колледж последипломного образования по информатике, Япония
12:30	Оценка состояния сети путем анализа необработанных видеоданных	Фуюки Хига_Ген Учидомари_Рюма Киндзё_Нао Узехара	Национальный технологический институт, Окинавский колледж, Япония
12:45	Сжатие моделей глубокого обучения	Ювэй Ван_Шэн Сунь	Институт вычислительной техники Китайской академии наук
13:00	Сжатие моделей глубокого обучения	Сатиш Кумар Перепу_Сараванан Мохан_Видья Г. Тривикрам_Г. Л. Сетураман Т. В.	Ericsson Research India
13:15	5G + ИИ ("умный" транспорт)	Атир К. Алсаиф_Нора М. Альмуханны_Абдулрахман Алромаих_Абдулла О. Альвашми	Saudi Telecom Company
13:30	ИИ/ML с сохранением конфиденциальности в сетях 5G для приложений здравоохранения	Мохаммад Малекзаде_Мехмет Эмре Озфатура_Кунал Катарья_Митал Нитиш	Лондонский имперский колледж
13:45	Коллективный опыт использования 5G + ИИ (3D дополненная + виртуальная реальность)	Нитиш Кумар Сингх	Easyrewardz Software Services
14:00	Перерыв	Перерыв	Перерыв
14:15	Конкурс "Графовые нейронные сети 2020"	Люк Бонниот_Кристоф Нойман_Франсуа Шницлер_Франсуа Тайани	InterDigital; Inria/Irisa
14:30	Конкурс "Графовые нейронные сети 2020"	Ник Винсент Хайнке_Стефан Венц_Йоханнес Вегенер_Хенрике Виссинг	Институт Франгофера, Германия
14:45	Конкурс "Графовые нейронные сети 2020"	Мартин Хапп_Кристиан Майер_Цзя Лэй Ду_Матиас Херлих	Университет прикладных наук Зальцбурга
15:00	Использование метеорологических данных для прогнозирования отказов в линиях радиосвязи (RLF)	Дирадж Котагири_Анан Савабе_Таканора Иваи	NEC Corporation
15:15	Использование метеорологических данных для прогнозирования отказов в линиях радиосвязи (RLF)	Хуан Самуэль Перес_Амин Дешам_Уиллмер Киньонес_Иобани Диас	Технологический институт Санто-Доминго (INTEC)
15:30	Распознавание и долгосрочное прогнозирование трафика на основе алгоритмов ИИ и метаданных для сетей 5G/IMT 2020 и последующих поколений	Айназ Хамидулин_Виктор Ададунов_Денис Гараев_Артем Андриевский	Уфимский государственный авиационно-технический университет (УГАТУ), Россия
15:45	ML5G-PHY-оценка каналов - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона в Университете штата Северная Каролина	Долорес_Гарсия_Джоан Паласиос_Йорг Видмер	IMDEA Networks
16:00	ML5G-PHY-оценка каналов - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона в Университете штата Северная Каролина	Эмиль Бьёрнсон_Понтус Гизельссон_Мустафа Дженк Йетис_Озлем Тугфе Демир	Линчепингский университет и Лундский университет, Швеция
16:15	ML5G-PHY-оценка каналов - машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона в Университете штата Северная Каролина	Чандра Мурти_Кристо Курусуммотил Томас_Мариос Кунтурис_Ракеш Мундламури_Саи Субраманьям Тоота_Самира Бхарадваджа Х	Eurecom, Франция, Индийский институт науки, Индия, Communications, Канада

Примечание. - Вышеупомянутые команды отобраны для выступления с презентацией в Большом финале конкурса (на Заключительной конференции).
(Каждой команде дается на презентацию 8 минут, после чего следует 7 минутный сеанс ответов на вопросы со стороны жюри и аудитории.)

Ознакомьтесь со списком
лучших команд.

Не пропустите Заключительную
конференцию!
Зарегистрируйтесь [здесь](#).

Большой финал конкурса - четверг, 17 декабря 2020 года

Время (СЕТ)	Программа
11:30-12:00	Подключение к сеансу, проверка соединения
12:00-12:30	Церемония открытия Приветственные слова Хоулинь Чжао, Генеральный секретарь МСЭ Чхе Суб Ли, Директор Бюро стандартизации электросвязи МСЭ Представитель регуляторного органа по электросвязи Объединенных Арабских Эмиратов Обзор конкурса 2020 года Томас Басиколо, МСЭ
12:30-12:55	Доклад. Последние достижения в области федеративного обучения применительно к связи Войцех Самек, руководитель группы машинного обучения, Институт им. Фраунгофера
12:55-13:40	Специальная сессия. Видение будущего – план действий по ИИ/ML в сетях 5G Точка зрения регуляторного органа Представитель регуляторного органа по электросвязи, Объединенные Арабские Эмираты Точка зрения отрасли Представитель компании Cisco Точка зрения отрасли Вэй Мэн, директор по планированию стандартов и ПО с открытым исходным кодом, ZTE Corporation
13:40-14:05	Доклад. Незавершенный путь сетевого ИИ Чих-Линь И, главный исследователь по беспроводным технологиям, научно-исследовательское подразделение компании China Mobile
14:05-14:30	Доклад. Обучение на периферии беспроводной сети Х. Винсент Пур, профессор электротехники Принстонского университета, Соединенные Штаты
14:30-15:15	Презентации победителей
15:15-15:30	Церемония награждения: вручение призов и дипломов
15:30-15:35	Призыв к представлению статей для специального выпуска Журнала МСЭ по будущим и развивающимся технологиям (ITU J-FET): "Решения ИИ/ML в сетях 5G и будущих сетях"
15:35-15:45	Перспективы проведения конкурса 2.0 в 2021 году Вишну Рам, независимый исследователь
15:45-16:00	Церемония закрытия Заключительное слово: Организаторы конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G" Чхе Суб Ли, Директор Бюро стандартизации электросвязи МСЭ

**Не пропустите Заключительную
конференцию!**
Зарегистрируйтесь [здесь](#).

Призы и дипломы для победителей

Команды, решающие различные заявленные задачи, будут состязаться за звание победителя конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G", и в Большом финале конкурса, который состоится 15-17 декабря 2020 года, будут вручены награды за лучшие решения.

Диплом победителя:
присуждается командам-победителям в следующих категориях:

Команде,
занявшей первое
место: Золотой
призер конкурса МСЭ
"ИИ/ML для 5G"
Денежный приз:
5000 швейцарских
франков

Команде,
занявшей второе
место: Серебряный
призер конкурса МСЭ
"ИИ/ML для 5G"
Денежный приз:
3000 швейцарских
франков

Команде,
занявшей третье
место: Бронзовый
призер конкурса МСЭ
"ИИ/ML для 5G"
Денежный приз:
2000 швейцарских
франков

Еще три призера получают по 1000 швейцарских франков.

Дипломы лауреата премии жюри: присуждаются победителям по каждой задаче по рекомендации организаторов (исключая участников, получивших дипломы победителя). Каждый победитель получает по 300 швейцарских франков.

Почетная грамота

Поощрительный приз/приз сообщества. Присуждается командам, проявившим активность в рамках программы наставничества и успешно представившим решение.

Диплом участника: выдается командам, принявшим участие в конкурсе и приславшим решение.

Руководство по задачам ИИ/ML для СТх следующих поколений

Вишну Рам О.В., независимый научный консультант

■ Новая версия агента СТх* компании FutureXG анализирует сообщения на экране.

Спецификация (x + 1)G задерживается. Внедрение xG еще предстоит обосновать. Сотрудники отдела исследований и разработок теряются в лабиринте аббревиатур, старых и новых. Каждые несколько недель новые диаграммы архитектуры. Новые сценарии использования, которые необходимо поддерживать на каждом рынке. Применение ИИ/машинного обучения (ML) в сетях и их интеграция в сети проходят негладко.

Репозиторий ПО с открытым исходным кодом, на который СТх сделал ставку, расползается по множеству направлений. А мода на автономные сети привела к тому, что каждая часть сети работает согласно собственному представлению об автономии.

Справится ли СТх с этим вызовом?

В новых стандартах МСЭ описаны концепции, позволяющие интегрировать ИИ/ML в сети 5G и последующих поколений по мере их развития.

“

А мода на автономные сети привела к тому, что каждая часть сети работает согласно собственному представлению об автономии.

”



*Любое сходство с реальными СТО носит чисто гипотетический характер. Отказ от ответственности. В этой статье содержится некоторая **вымышленная информация**, которую можно считать заявлениями **прогностического характера**.

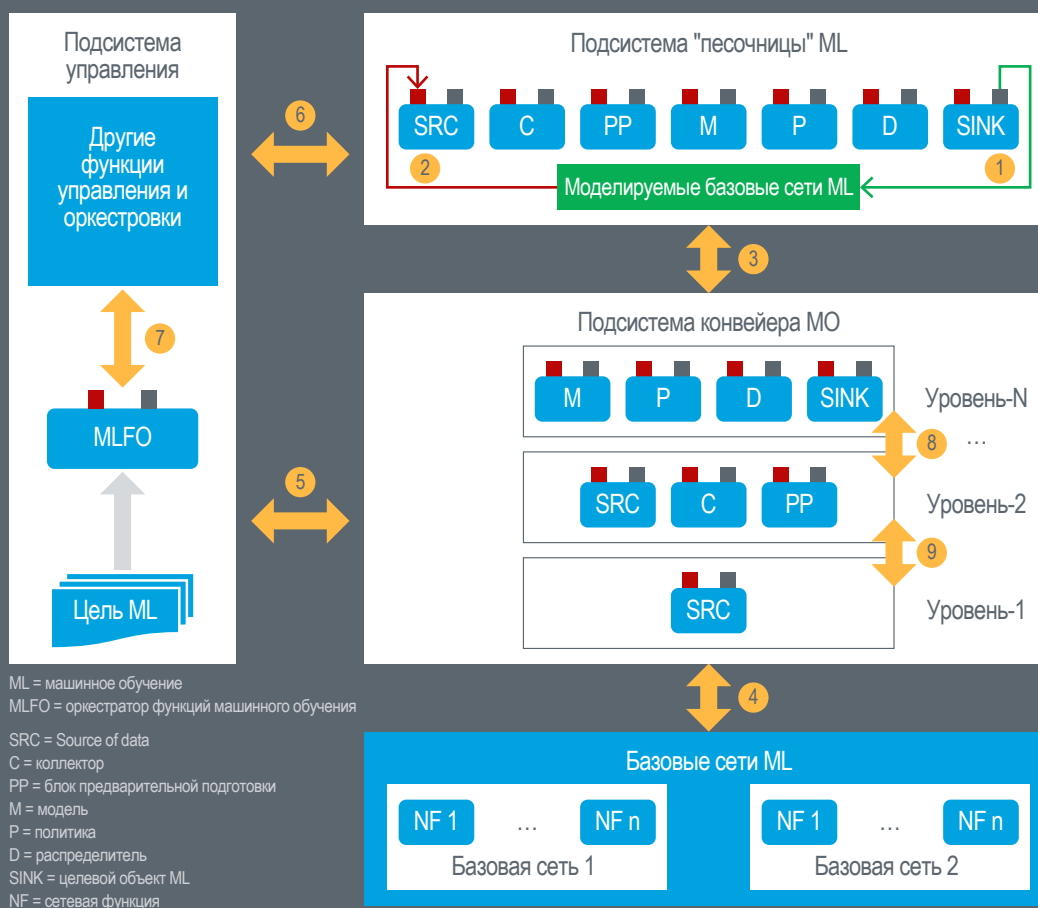
В архитектуре МСЭ Y.3172, полученной на основе исследования сценариев использования, опубликованных в [Добавлении 55 к Рекомендациям МСЭ серии Y](#), представлены базовые наборы инструментов, в том числе конвейер ML, опытная программная среда ("песочница") ML и оркестратор функций ML (MLFO), взаимодействующие с основной

сетью. На основе архитектуры МСЭ Y.3172 построены стандарты (Рекомендации) МСЭ Y.3173 (оценка уровня интеллектуальности), МСЭ Y.3174 (обработка данных) и МСЭ Y.3176 (интеграция рынков).

Вместе взятые эти стандарты МСЭ предоставляют мощные стандартные наборы инструментов,

позволяющие операторам отслеживать изменения в основной сети и адаптироваться к ним. Используя концепции, описанные в стандартах МСЭ серии Y.317x, даже если архитектура основной сети меняется от поколения к поколению, можно описать интеграцию ИИ/ML с использованием общей терминологии, предложенной МСЭ.

Архитектура высокого уровня для интеграции ИИ/ML в сети (МСЭ Y.3172)



“

На экране монитора MLFO высвечиваются новые предупредительные сообщения. Что это? Уведомление об обновлении сети!

”

В окне сообщений появляются подробности нового сценария использования. СТх пропускает его через анализатор целей. Интересно, но как это реализовать? СТх находит вебинар МСЭ по наладке MLFO для управляемой интеграции ИИ/МО. Несколько вызовов API – и у СТх готов предварительный конвейер ML.

В ожидании разрешения на доступ к данным реальной сети СТх запускает моделирование в опытной программной среде ("песочнице") ML. Пока утверждающий орган занимается своим делом, приводятся в действие цифровые "близнецы", генерируются данные на основе предыдущих шаблонов, а модели обучаются в "песочнице" ML. СТх отправляет результаты экспериментальных моделей из "песочницы" ML. Это дает желаемый эффект. В окне сообщений отображается разрешение.

Данные реальной сети повышают точность моделей. СТх вводит сообщение [ML usecase-1xx::status::ready] в окно сообщений.

MLFO, описанный в Рекомендации МСЭ Y.3172, представляет собой логический узел, который управляет работой узлов в конвейере ML и осуществляет их оркестровку. В Рекомендации МСЭ Y.3173 (оценка уровня интеллектуальности) описан сценарий ключевой архитектуры для оценки уровня интеллектуальности сети с помощью MLFO. В Рекомендации МСЭ Y.3174 (обработка данных) представлены диаграммы последовательности, соответствующие реализации различных компонентов наборов инструментов МСЭ Y.317х и основанные на вводимой оператором цели ML.

В сочетании с MLFO "песочница" ML предоставляет операторам управляемую среду для обучения, тестирования и проверки моделей ML перед их развертыванием в действующей сети. Механизм обработки данных, определенный в Рекомендации МСЭ Y.3174, позволяет добавлять новые источники данных и другие сценарии.

На экране монитора MLFO высвечиваются новые предупредительные сообщения. Что это? Уведомление об обновлении сети! Как обычно поставщик производит внеплановое обновление функции

виртуализированной сети. Нужно ли перепроектировать весь конвейер ML?

Изложенная в Рекомендациях МСЭ серии Y.317х концепция конвейера ML и "песочницы" ML, управляемых MLFO, дает операторам возможность изолировать основную сеть от процесса интеграции ИИ/ML.

В эталонной точке 7 архитектура МСЭ Y.3172 позволяет отслеживать изменения в основной сети и с помощью MLFO применять в конвейере ML методы оптимизации и различные конфигурации. В архитектурный сценарий, описанный в Рекомендации МСЭ Y.3173 (оценка уровня интеллектуальности), также входит реализуемый MLFO контроль уровня интеллектуальности каждого узла конвейера ML.

Целью стандарта МСЭ Y.ML-IMT2020-MODEL-SERV является обеспечение архитектурной основы, поддерживающей эффективную оптимизацию моделей ML для разнородных аппаратных сред, гибкое развертывание моделей ML в различных сценариях использования и эффективные интерфейсы в конвейере ML при развертывании обслуживающей модели.

СТх анализирует новое сообщение [ML-usecase-1xx::Evaluate::partner.edu::model.url], появившееся в окне сообщений. Новаторский алгоритм, разработанный в университете-партнере, создал готовую модель, подходящую для данного сценария. Но эту модель должен оценить утверждающий орган. В надежде, что внешний рынок ML соответствует требованиям Рекомендации МСЭ Y.3176, СТх берет модель с этого рынка.

Интеграция рынков ML поможет операторам сетей создавать новаторские решения в области машинного обучения.

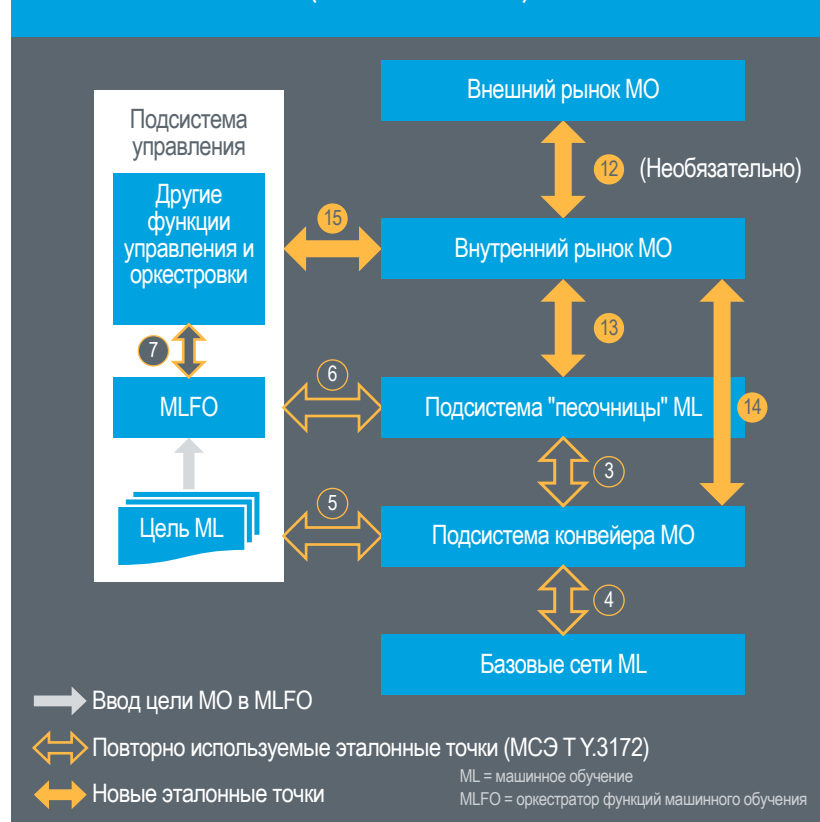
Метаданные модели ML, требования к рынку ML и эталонные точки архитектуры, определенные в Рекомендации МСЭ Y.3176 (интеграция рынков), обеспечивают возможность эффективного обмена моделями ML и их развертывания с использованием стандартных интерфейсов. Этот метод не только поможет в решении сетевых проблем с помощью методов машинного обучения, но и будет способствовать распространению и монетизации методов ML.

Рекомендация МСЭ Y.3176 поддерживает администрирование рынков ML разного типа, внутренних и внешних, а также объединение (федерацию) рынков ML. Интерфейсы API, определенные в Рекомендации МСЭ Y.3176, позволяют рынкам находить и выбирать модели машинного обучения на других рынках и брать их с объединенных рынков. Они также позволяют производить обмен обновленными моделями ML между рынками и осуществлять взаимодействие между рынками и "песочницами" ML.

Готово! Новый конвейер ML для нового сценария использования помещен в "песочницу" ML, протестирован и проверен. СТх вводит сообщение [status::ready] в окно сообщений. Утверждающий орган отвечает [status::approved]. СТх планирует обновление сети.

Тем временем без ведома СТх в окне сообщений появляется пакет обновления ПО СТх. Пришло время модернизации, и управление передается новому агенту СТх.

Архитектура интеграции рынков ML в сеть (МСЭ Y.3176)



“

Помимо адаптации и повышения качества управления и контроля сети, автономная сеть обладает способностью к саморазвитию с помощью онлайн-экспериментирования, что позволяет лучше комбинировать контроллеры и создавать иерархии контроллеров.

”

Вишну Рам О. В.

О конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G"

Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" предоставляет участникам платформу для применения методов МСЭ Y.317x при решении заявленных практических задач. В рамках конкурса предлагается широкий выбор тем, таких как выбор луча, анализ пропускной способности WLAN, анализ состояния сети, нарезка сети и прогнозирование трафика, прогноз отказов в линиях радиосвязи, оптимизация моделей глубокого обучения и эталонные реализации MLFO. В некоторых случаях для поиска решений этих задач предоставляются различные типы данных, включая данные реальных сетей.

Концепция полностью автономной сети, обеспечиваемой интеллектуальностью 5-го уровня, описанной в Рекомендации МСЭ Y.3173, вызвала широкое обсуждение в [Оперативной группе МСЭ-T по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G](#), и это обсуждение продолжается в группе экспертов МСЭ по стандартизации "будущих сетей и облачных вычислений" [13-й Исследовательской комиссии МСЭ-T](#).

Автономные сети должны обладать свойствами "самостоятельности" – способностью контролировать, эксплуатировать, восстанавливать, ремонтировать, защищать, оптимизировать и реконфигурировать

самих себя. Помимо адаптации и повышения качества управления и контроля, автономная сеть способна к саморазвитию с помощью онлайн-экспериментирования, что позволяет ей лучше комбинировать контроллеры и создавать иерархии контроллеров.

CTx.v2 просканировал среду.

Конвейеры, "песочницы" и рынки ML на месте, и сообщения MLFO помечены зеленым цветом, но проблемы остаются. Разные форматы данных, влияющие на задержку между конвейерами ML в сети. Множество наборов инструментов с открытым исходным кодом, которые необходимо

интегрировать. Другие проблемы, связанные с отображением спроса на интеллектуальность 5-го уровня. [Дезагрегация сетевых компонентов, быстрые темпы разработки и ввода в эксплуатацию и все более совершенные модели ИИ/МО, означающие дополнительную работу по интеграции ИИ/ML.](#)

CTx.v2 ищет контекст для решений.

Возможно настало время для нового конкурса МСЭ по применению ИИ/ML в сетях 5G? CTx.v2 регистрируется в [женевской "песочнице" МСЭ](#) и запускает процедуру [AI-ML-Challenge::v2::init], но это уже другая история (для CTx.v3). ■



Обзор стандартов, относящихся к автономным сетям

Сяоцзя СОН, научный сотрудник, **Си ЦАО**, старший научный сотрудник, **Линли ДЭН**, технический руководитель, **Ли Ю**, главный научный сотрудник, и **Цзюньлань ФЭН**, руководитель исследовательских работ, научно-исследовательское подразделение компании **China Mobile**

■ Развитие сетей подвижной связи в эпоху интеллекта характеризуется появлением множества новых сценариев применения, функций, услуг и эксплуатационных требований. Ожидается, что такие технологии, как искусственный интеллект (ИИ), позволят создавать автономные сети, самостоятельно решающие задачи планирования, развертывания, эксплуатации, оптимизации, внедрения услуг и обеспечения качества обслуживания.

Большинство организаций по разработке стандартов (ОПС), например Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (**МСЭ-T**), **3GPP**, **ETSI** и **CCSA**, активно работают над созданием стандартов для автономных сетей.

Отраслевые организации, такие как **GSMA**, **TM Forum** и Глобальная инициатива TD-LTE (**GTI**), занимаются продвижением автономных сетей. По утверждению GSMA, возможность автоматической работы сети наряду с усовершенствованной подвижной широкополосной связью (eMBB), интенсивным межмашинным обменом (mMTC) и сверхнадежной связью с короткой задержкой (URLLC) станет неотъемлемым четвертым измерением эры 5G и одним из важнейших факторов продвижения инноваций и развития услуг 5G.

“

Развитие сетей подвижной связи в эпоху интеллекта характеризуется появлением множества новых сценариев применения.

”

Среди ОРС ведутся дискуссии об уровнях автономных функций сетей (см. рамочный подход в таблице 1).

Изучение уровней автономных сетей (ANL) позволяет предоставить операторам, поставщикам и другим участникам отрасли электросвязи рекомендации и указания в отношении автономных сетей, а также работ по стандартизации и дорожных карт планирования.

Поскольку ключом к снижению затрат для любого отдельного поставщика или оператора сети является промышленная конвергенция, простой способ для поставщиков услуг связи (CSP) начать и продолжать общее движение в направлении автономных сетей состоит в создании открытой платформы для совместной работы (см. рисунок 1) в целях согласованной разработки как эталонной реализации не зависящей от конкретных случаев функциональной архитектуры, так и стандартизованных внешних или внутренних интерфейсов.

Например, одним из общих функциональных модулей для решения задач регулировки по времени на уровне 1, обязательной обратной связи на уровне 2 и добавления модулей преобразования целей в правила на уровнях 3 и 4 может служить механизм определения политики на основе правил.

Основные виды деятельности в области автономных сетей в ОРС и отраслевых организациях представлены на рисунке 2 и кратко описаны ниже.

Таблица 1. Рамочный подход к классификации уровней интеллекта автономных сетей (источник МСЭ-Т Y.3173)

Уровень интеллекта сети		Параметры				
		Осуществление действий	Сбор данных	Анализ	Принятие решений	Планирование спроса
L0	Ручное управление сетью	Человек	Человек	Человек	Человек	Человек
L1	Автоматизированная эксплуатация сети	Человек и система	Человек и система	Человек	Человек	Человек
L2	Предварительный интеллект	Система	Человек и система	Человек и система	Человек	Человек
L3	Средний интеллект	Система	Система	Человек и система	Человек и система	Человек
L4	Усовершенствованный интеллект	Система	Система	Система	Система	Человек и система
L5	Полный интеллект	Система	Система	Система	Система	Система

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для каждого уровня интеллекта сети процесс принятия решения должен поддерживать вмешательство человека, то есть решения и инструкции по их выполнению, вносимые человеком, имеют наивысший приоритет.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эту таблицу можно использовать только для определения уровня интеллекта сети по каждому параметру (но не общего уровня интеллекта сети).

Рисунок 1. Открытое сотрудничество в отрасли, направленное на создание автономных сетей

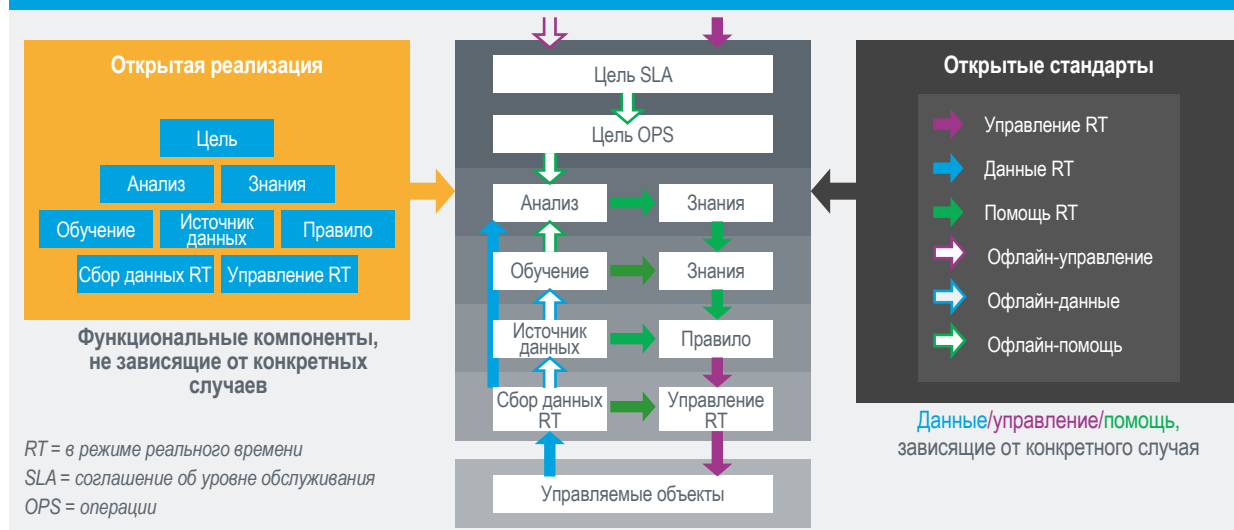
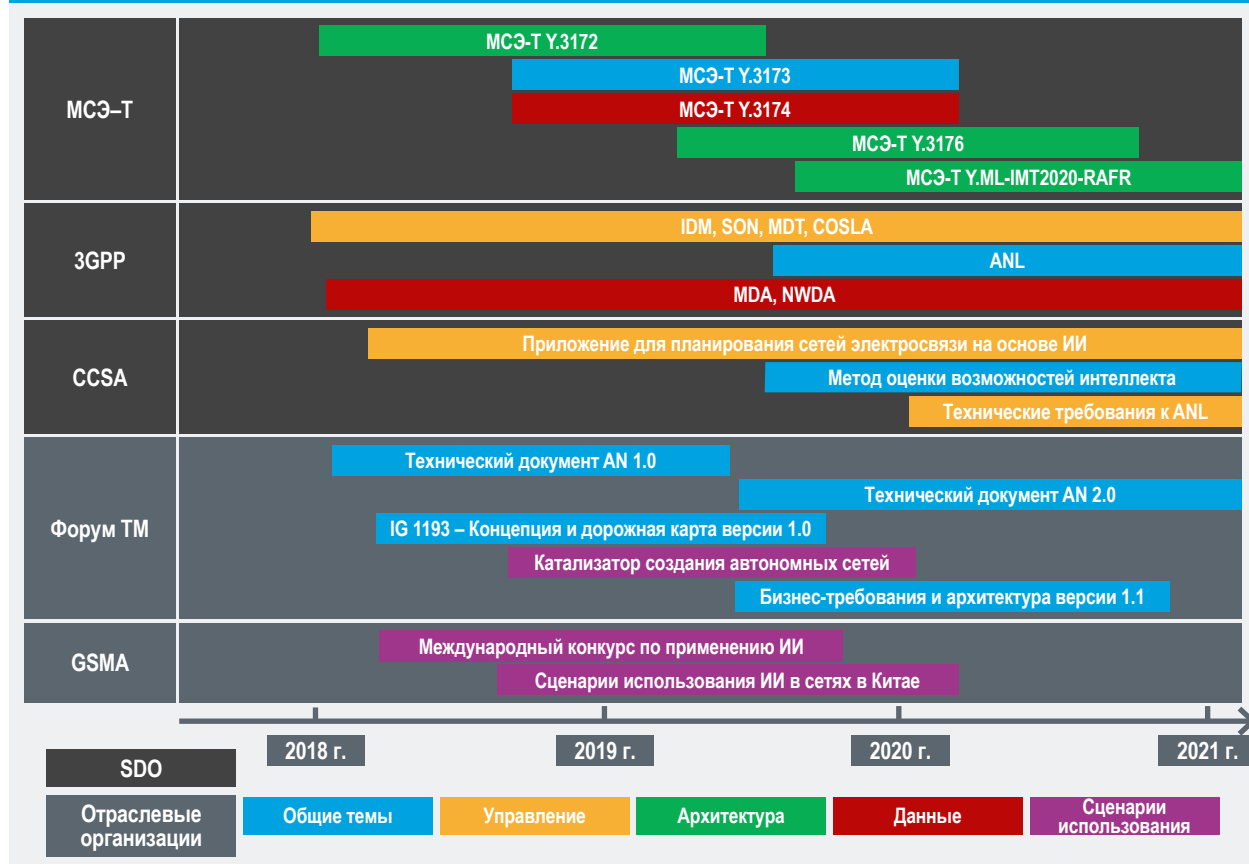


Рисунок 2. Основные виды деятельности ОРС и отраслевых организаций



Деятельность в МСЭ

13-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т занимается будущими сетями и сетевыми аспектами подвижной связи. Для изучения интерфейсов, архитектур сетей, протоколов, алгоритмов и форматов данных была создана Оперативная группа по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G (OF-ML5G), работавшая с января 2018 года по июль 2020 года. Из десяти технических спецификаций ОГ ML5G четыре уже преобразованы в Рекомендации (стандарты) МСЭ, одна – в Добавление, а остальные пять находятся в процессе преобразования в стандарты МСЭ. В стадии подготовки проекта находятся Рекомендации по автономным сетям на основе ИИ, например МСЭ-Т Y.ML-IMT2020-RAFR (см. таблицу 2).

Деятельность в 3GPP

3GPP начал изучение автономных сетей в эпоху сетей 4G. Основными темами исследований в основном являлись самоорганизующиеся сети (SON) и минимизация тестирования в движении (MDT). В эпоху сетей 5G 3GPP ведет работы по стандартизации для продвижения автономных сетей.

- Рабочая группа 3GPP RAN – сбор данных RAN (TR 37.816), SON/MDT (TS 38.314, TS 38.300, TS 37.320, TS 38.306, TS 38.331 и т. д.) (см. таблицу 3).

Таблица 2. Деятельность МСЭ-Т по стандартизации автономных сетей на базе ИИ/МО и ИИ

Справочный номер	Наименование
Добавление 55 к серии Y.3170	Машинное обучение в будущих сетях, включая сети IMT-2020: сценарии использования
МСЭ-Т Y.3172	Основа архитектуры машинного обучения в будущих сетях, включая сети IMT-2020
МСЭ-Т Y.3173	Рамки для оценки уровня интеллекта будущих сетей, включая сети IMT-2020
МСЭ-Т Y.3174	Структура обработки данных для обеспечения машинного обучения в будущих сетях, включая сети IMT-2020
МСЭ-Т Y.3176	Интеграция рынка машинного обучения в будущие сети, включая сети IMT-2020
FG-ML5G spec	Требования, архитектура и конструкция для осуществления функции машинного обучения
FG-ML5G spec	Требования к экспериментальной среде машинного обучения для будущих сетей, включая сети IMT-2020, и ее архитектура
FG-ML5G spec	Сквозное управление отрезками сети и их оркестровка на основе машинного обучения
FG-ML5G spec	Нарезка сети с вертикальной поддержкой на основе когнитивной структуры
Проект МСЭ-Т Y.ML-IMT2020-RAFR	Архитектура автоматизации адаптации ресурсов сети и их восстановления после отказов на основе ИИ для будущих сетей, включая сети IMT-2020

Таблица 3. Деятельность по стандартизации в рабочей группе 3GPP RAN

TS/TR	Наименование
3GPP TR 37.816	Исследование по сбору и использованию данных, ориентированных на RAN, для LTE и NR
3GPP TS 38.314	Новые радиосети (NR); параметры уровня 2
3GPP TS 38.300	NR; общее описание; 2-й этап
3GPP TS 37.320	Минимизация тестирования в движении (MDT); общее описание; 2-й этап
3GPP TS 38.306	NR; возможности радиодоступа для абонентского оборудования (UE)
3GPP TS 38.331	NR; управление радиоресурсами (RRC); спецификация протокола

Техническая спецификация (TS), технический отчет (TR).

- Рабочая группа 3GPP SA2 – аналитическая обработка сетевых данных (NWDA) (TR 23.791, TR 23.288, TR 23.700-91) (см. таблицу 4).
- Рабочая группа 3GPP SA5 – аналитическая обработка данных управления (MDA) (TR 28.809), уровни автономных сетей (TR 28.810, TS 28.100), управление на основе целей (TR 28.812, TS 28.312), обеспечение SLS с обратной связью (TR 28.805, TR 28.535, TR 28.536 и т. д.), SON (TR 28.861, TS 28.313) и MDT (TS 28.313, серии TS 32.42X) (см. таблицу 5).

Деятельность в ETSI

ETSI активно изучает автономные сети и создал несколько групп, работающих над следующими относящимися к ним темами:

- ENI (экспериментальный сетевой интеллект);
- NFV (виртуализация сетевых функций);
- OSM (ПО с открытым исходным кодом MANO (управление и оркестровка));
- MEC (периферийные вычисления в режиме множественного доступа);
- F5G (фиксированная сеть пятого поколения).

Таблица 4. Деятельность по стандартизации в рабочей группе 3GPP SA2

TS/TR	Наименование
3GPP TR 23.791	Изучение инструментов автоматизации сетей 5G
3GPP TS 23.288	Усовершенствование архитектуры системы 5G для поддержки услуг по аналитической обработке сетевых данных
3GPP TR 23.700-91	Изучение инструментов автоматизации сетей 5G; 2-й этап
Техническая спецификация (TS), технический отчет (TR).	

Таблица 5. Деятельность по стандартизации в рабочей группе 3GPP

TS/TR	Наименование
3GPP TR 28.809	Исследование по совершенствованию аналитической обработки данных управления (MDA)
3GPP TR 28.810	Изучение концепции, требований и решений, относящихся к уровням автономной сети
3GPP TS 28.100	Управление и оркестровка; уровни автономной сети
3GPP TR 28.812	Управление электросвязью; изучение сценариев услуг управления на основе целей для мобильных сетей
3GPP TS 28.312	Услуги управления на основе целей для мобильных сетей
3GPP TR 28.805	Управление электросвязью; изучение управленческих аспектов услуг электросвязи
3GPP TS 28.535	Управление и оркестровка; управленческие услуги по обеспечению услуг связи; требования
3GPP TS 28.536	Управление и оркестровка; управленческие услуги по обеспечению услуг связи; 2-й этап и 3-й этап
3GPP TR 28.861	Исследование самоорганизующихся сетей (SON) для сетей 5G
3GPP TS 28.313	Самоорганизующиеся сети (SON) для сетей 5G
Серия 3GPP TS 32.42X	
3GPP TS 32.421	Управление электросвязью; отслеживание абонентов и оборудования; способы отслеживания и требования к нему
3GPP TS 32.422	Управление электросвязью; отслеживание абонентов и оборудования; контроль за отслеживанием и управление конфигурацией
3GPP TS 32.423	Управление электросвязью; отслеживание абонентов и оборудования; определение данных отслеживания и управление ими
3GPP TS 32.425	Управление электросвязью; управление показателями производительности (PM); измерение показателей производительности; сеть расширенного универсального наземного радиодоступа (E-UTRAN)
3GPP TS 32.426	3GPP TS 32.426: Управление электросвязью; управление показателями производительности (PM); измерение показателей производительности; улучшенная базовая сеть пакетной передачи данных (EPC)
Техническая спецификация (TS), технический отчет (TR).	

“

ОПС должны продолжить соответствующую работу по стандартизации и играть ведущую роль в поддержке развития автономных сетей.

”

- TC INT AFI (Рабочая группа по интеллектуальному анализу для автономного управления и контроля самоуправляемых фиксированных и мобильных интегрированных сетей Технического комитета (TC) по базовой сети и проверке функциональной совместимости (INT)).
- ZSM (автоматическое управление сетью и услугами).

TC INT AFI изучает общую архитектуру автономной сети (GANA), а ZSM обсуждает вопросы автоматизации с обратной связью в системе ZSM, оптимизированной для машинного обучения на основе данных и алгоритмов ИИ. В ноябре

2019 года ETSI опубликовал отчет "Experiential Networked Intelligence (ENI): ENI Definition of Categories for AI Application to Networks" (ETSI GR ENI 007), в котором определяются различные категории уровня применения методов искусственного интеллекта для управления сетью, начиная с ограниченных базовых аспектов и заканчивая полноценным использованием методов ИИ для управления сетью.

Группа ENI разрабатывает архитектуру общего назначения для расширенного интеллекта сети, а после того как группа NFV приступила к работе по моделированию правил автоматизации управления NFV и VNF CI/CD, обсуждает вопросы планирования управления правилами NFV.

Деятельность в CCSA

Ассоциация в области стандартов связи Китая (CCSA), одна из самых влиятельных китайских ОПС в области связи, приступила к разработке стандартов автономных сетей в 2010 году, и эти работы в основном ведутся в Технических комитетах TC1, TC5 и TC7, касаясь в том числе сценариев использования, архитектуры, обработки данных, уровней автономной сети, требований к управлению и т. д.

Деятельность отраслевых организаций

Отраслевые организации, такие как GSMA, TM Forum и GTI, проводят исследования в области автономных сетей и развивают сотрудничество между ОПС, операторами, поставщиками и другими заинтересованными сторонами в отрасли.

В GSMA одной из тем программы "Будущие сети" является искусственный интеллект и автоматизация. В июне 2019 года был проведен первый Международный конкурс GSMA по ИИ, посвященный трем конкретным областям: возможности установления соединений в сельской местности, энергоэффективности подвижной связи и усовершенствованным услугам в городских районах.

На своем семинаре "ИИ для сетей" в рамках Всемирного конгресса по подвижной связи в Шанхае в июне 2019 года GSMA обратилась ко всем организациям отрасли с призывом сосредоточиться на разработке ключевых приложений ИИ в мобильных сетях и совместно создавать интеллектуальные автономные сети эры 5G. В октябре 2019 года GSMA опубликовала "Сценарии использования ИИ для сетей в Китае".

Опубликовано три технических документа: Autonomous Networks Whitepaper 1.0, IG1193 Vision and Roadmap v1.0 и IG1218 Business requirements and architecture v1.0. В 2020 году ведется работа по подготовке технического документа Autonomous Networks 2.0, бизнес-требований и архитектуры версии 1.1, технической архитектуры, демонстрационной версии проектов Catalyst, примеров опыта практического применения/сценариев использования и т. д.

Организация Global TD-LTE Initiative работает над проектом, посвященным интеллектуальным сетям. Подготовленный в рамках программы eMBB 5G, он будет содержать сценарии использования и требования к интеллектуальным сетям в отношении уровней, архитектуры, сетевых элементов и управления сетью.

Деятельность сообщества разработчиков ПО с открытым исходным кодом

Консультативная группа конечных пользователей (End User Advisory Group – EUAG) организации Linux Foundation Networking (LFN) планирует провести опрос CSP для выяснения ситуации с внедрением, требований и стратегий в области автономных сетей в надежде составить общую картину и внести вклад в работу соответствующих технических групп.

Начиная с самых ранних версий своей платформы, организация Open Network Automation Platform (ONAP) разрабатывает и совершенствует сценарии использования автоматизированных радио-, базовых и транспортных сетей на основе своей управляемой правилами архитектуры с обратной связью. В процессе разработки находится проект автоматизации E2E-нарезки на основе целей и намерений. Официальный эксперимент ЕТСИ показывает, что концепция ONAP может составить основу для построения эталонного стека автономных сетей.

Важность стандартов автономных сетей

По мере развития технологии и сетей автономные сети будут становиться все более важным инструментом. Предусматривается поэтапный путь реализации автономных сетей, когда главным способом обеспечения взаимодействия на более поздних этапах является построение общей архитектуры для всех уровней, стандартизация межуровневых интерфейсов и обеспечение согласования усилий ОРС на ранних этапах.

ОРС должны продолжить соответствующую работу по стандартизации и играть ведущую роль в обеспечении разработки автономных сетей. ■

Вебинары в рамках конкурса МСЭ "ИИ/машинное обучение для 5G"

19/06/2020 Конкурс "Графовые нейронные сети 2020" Хосе Суарес-Варела Научный сотрудник Центра по изучению нейронных сетей в Барселоне, Каталонский политехнический университет (BNN-UPC), Испания	26/06/2020 Выбор луча – машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона Алдебару Клаутау Профессор Федерального университета Пары (UFPA), Бразилия	03/07/2020 Оценка канала – машинное обучение применительно к физическому уровню систем MIMO миллиметрового диапазона Нурия Гонсалес Прелчич Доцент Университета штата Северная Каролина, Соединенные Штаты
10/07/2020 Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G": повышение пропускной способности сетей WLAN стандарта IEEE 802.11 с помощью машинного обучения Франческ Вильгельми Научный сотрудник Университета Помпеу Фабра, Испания	17/07/2020 Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G": задача оптимизации логического вывода DNN Лия Юань Инженер по разработке ПО с открытым исходным кодом и стандартизации, компания ZTE	22/07/2020 Задача прогнозирования отказов в линиях радиосвязи Салих Эрют Старший научный сотрудник по НИОКР в области 5G, компания Turkcell
24/07/2020 5G + ИИ + иммерсивные + ассистивные услуги в электросвязи Бреджеш Лалл Профессор Индийского технологического института, Дели	27/07/2020 Методы ИИ для дистанционной медицинской диагностики с сохранением конфиденциальности + совместное использование спектра и сетевых ресурсов в сетях 5G Бреджеш Лалл Профессор Индийского технологического института, Дели	29/07/2020 Машинное обучение в беспроводных ЛВС + введение к конкурсу в Японии Акихиро Накао Профессор Токийского университета Кодзи Ямамото Доцент Киотского университета Томохиро Отани Исполнительный директор компании KDDI Research, Inc. Таканори Иваи Руководитель научно-исследовательских работ, компания NEC Corporation
31/07/2020 Конкурс LYIT/МСЭ-Т по ИИ: демонстрация осуществления функции машинного обучения (MLFO) с помощью эталонных реализаций Шагфута Хенна Преподаватель Технологического института Леттеркенни (LYIT), Ирландия	07/08/2020 Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G": лекция по машинному обучению и участию в конкурсе в Японии Акихиро Накао Профессор Токийского университета Кодзи Ямамото Доцент Киотского университета Томохиро Отани Исполнительный директор компании KDDI Research, Inc. Таканори Иваи Руководитель научно-исследовательских работ, компания NEC Corporation	07/08/2020 Обзор по теме ITU-ML5G-PS-012 "ML5G-PHY [Выбор луча]" Алдебару Клаутау Федеральный университет Пары (UFPA), Бразилия

17/08/2020

Применение технологий графа знаний и виртуальных копий в интеллектуальной оптической сети

Анран Сюй

Научный сотрудник корпорации China Information and Communication Technologies Group (CICT)

19/08/2020

Открытый семинар и круглый стол № 2 в рамках конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"

Д р Прерана Мукерджи

Доцент инженерного факультета Университета им. Джавахарлала Неру, Дели, Индия

21/08/2020

Универсальный алгоритм сжатия для глубоких нейронных сетей

Войцех Самек

Руководитель группы машинного обучения Института имени Генриха Герца Общества Фраунгофера, Германия

26/08/2020

Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G": анализ вопросов конкуренции в области оптимизации топологии мобильных сетей в Китае

Ван Син

Научный сотрудник Китайского научно-исследовательского института подвижной связи

31/08/2020

Распознавание и долгосрочное прогнозирование трафика на основе алгоритмов ИИ и метаданных для сетей 5G/IMT-2020 и последующих поколений

Артем Волков

Научный сотрудник

Аммар Мутханна

Доцент Санкт-Петербургского государственного университета связи, Россия

01/09/2020

Милвус: система поиска подобию векторов с открытым исходным кодом

Цзюнь Гу

Партнер компании Zilliz

04/09/2020

Как внедрить ИИ в сеть радиодоступа 5G

Ци Сунь

Старший научный сотрудник научно-исследовательского подразделения компании China Mobile

28/09/2020

Беспроводная связь 2.0: на пути к интеллектуальной радиосреде на основе реконфигурируемых интеллектуальных метаповерхностей и искусственного интеллекта

Марко Ди Ренцо

Профессор CNRS и Университета Париж-Сакле, Франция

16/11/20

Использование глубокого обучения в целях декомпозиции трафика услуг подвижной связи для поддержки нарезки сети

Алексис Дуке

Научный сотрудник, компания Net AI

18/11/2020

Путь к радиоинтерфейсу со встроенным ИИ для сетей 6G

Якоб Хойдис

Руководитель отдела научных исследований в области радиосистем и искусственного интеллекта, компания Nokia Bell Labs

27/11/2020

Использование искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации современных сетевых систем радиодоступа 5G и создания основы для будущих систем беспроводной связи 6G

Тим О'Ши

Соучредитель/технический директор компании DeepSig

02/12/2020

На пути к эффективному анализу сетевого трафика мобильных приложений с помощью глубокого обучения

Доменико Чуонцо

Доцент кафедры электротехники и информационных технологий Неаполитанского университета им. Федерико II, Италия

04/12/2020

Масштабирование логического вывода сверточных нейронных сетей (CNN) для достижения максимальной пропускной способности

Микаэла Блотт

Заслуженный инженер, компания Xilinx

08/12/2020

На пути к открытым, программируемым и виртуализированным сетям 5G

Микеле Полезе

Младший научный сотрудник Северо-Восточного университета, Соединенные Штаты



Оценка возможностей и накопление ИИ в будущих сетях

Цзюнь Ляо, директор лаборатории искусственного интеллекта, **Тэнфэй Лю**, **Ямэн Ли** и **Цзясинь Вэй**, инженеры лаборатории искусственного интеллекта научно-исследовательского подразделения компании [China Unicom](#)

■ Быстрое развитие сетей 5G привело к появлению множества новых проблем – сети становятся сложнее, услуги разнообразнее, а количество соединений растет небывалыми темпами.

Использование традиционных способов эксплуатации и обслуживания затрудняет выполнение новых требований к развитию сетей. Центром внимания индустрии информационно-коммуникационных технологий и преобладающей тенденцией в области разработки будущих сетей стал сетевой интеллект как важный метод решения проблем.

Компания China Unicom считает, что будущая интеллектуализация сети позволит предложить безопасные и надежные услуги и обеспечит быстрое и качественное обслуживание потребителей. Что касается эксплуатации и обслуживания (O&M) таких сетей, то они обладают возможностями самоконфигурации, самоконтроля, самовосстановления и самооптимизации.

Используя передовые технологии автоматизации и интеллектуальные технологии в полном объеме, мы можем реконструировать существующую сетевую архитектуру и режим O&M, создать инновационные услуги и обеспечить максимальное удобство для пользователей.

“

Центром внимания индустрии информационно-коммуникационных технологий и преобладающей тенденцией в области разработки будущих сетей стал сетевой интеллект как важный метод решения проблем.

”

Цзюнь Ляо, Тэнфэй Лю,
Ямэн Ли и Цзясинь Вэй

“

Испытательный стенд позволит количественно оценивать уровень интеллекта сетей и поможет быстро осуществить внедрение сетевого интеллекта.

”

Цзюнь Ляо, Тэнфэй Лю,
Ямэн Ли и Цзясинь Вэй

Испытательный стенд для оценки возможностей сетевого интеллекта

Ключом к обеспечению эффективности сетевого интеллекта является оценка возможностей интеллекта сети и распространение этой информации. Чтобы добиться быстрых темпов инноваций в будущем, нам нужно создать платформу с открытыми данными для накопления потенциала. Для быстрого реагирования при изменении требований мы можем гибко

интегрировать существующие услуги и ресурсы, повышая общую эффективность и эксплуатационные возможности сети.

China Unicom работает над созданием испытательного стенда для оценки возможностей интеллекта сети. Основанный на [Рекомендации Y.3173](#) Сектора стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) "Рамки для оценки уровня интеллекта будущих сетей, включая сети IMT-2020", этот стенд обеспечит профессиональные методы и услуги оценки, включая вычислительные ресурсы, модель машинного обучения (ML), а также данные и возможности сетевого интеллекта.

Испытательный стенд позволит количественно оценивать уровень интеллекта сетей и поможет быстро осуществить внедрение сетевого интеллекта. Испытательный стенд выполняет следующие функции.

■ **Оценка вычислительной мощности.** Оценивается пропускная способность, задержка, энергопотребление и т. п. микросхем ускоренной обработки данных ИИ разного типа, таких как микросхемы обучения или обслуживания, производимых разными компаниями. Испытательный стенд выдает объективный и точный отчет.

■ **Оценка модели ML.** Проводится для решения задачи оценки рабочих характеристик модели ML, особенно моделей, используемых в сетях электросвязи, включая такие показатели, как точность, безопасность, надежность и т. п. Также оценивается возможность применения различных архитектур и алгоритмов в разных сценариях. Поддерживается тестирование эксплуатационной эффективности и гибкости различных систем глубокого обучения (таких как tensorflow, paddle paddle), а также предоставляются результаты сравнительного анализа. Сравняется эффективность и точность различных алгоритмов ИИ в одном и том же сценарии применения.

■ **Обработка данных.** Данные о сети собираются и предварительно обрабатываются для формирования набора данных, который можно использовать для обучения моделей ML. Набор данных включает такие поля, как данные сети и данные изображения. Данные сети – это в основном текстовые данные, охватывающие пять аспектов: беспроводную связь, базовую сеть, сеть передачи, несущую сеть и сеть доступа. Данные изображения в основном основаны на обнаружении цели, семантической сегментации и аннотации.



Информация о платформе CubeAI ★

CubeAI – это платформа ИИ с открытым исходным кодом, полностью самостоятельно разработанная научно-исследовательским подразделением компании China Unicom. В настоящее время в нее входят подплатформы и функциональные модули онлайн-обучения ИИ, автоматического выпуска и внедрения моделей, визуализации возможностей ИИ.

Ее основная задача – устранить барьеры между разработкой модели ИИ и реальными производственными применениями, ускорить процесс инноваций и внедрения ИИ, а также способствовать быстрым итерациям и эволюции на протяжении всего жизненного цикла приложений ИИ от проектирования и разработки до внедрения и эксплуатации.

■ **Оценка возможностей сетевого интеллекта.** Возможности сетевого интеллекта оцениваются на испытательном стенде по разным параметрам: планирование спроса, сбор данных, анализ, принятие решений и выполнение действий. Каждое приложение оценивается в соответствии со стандартом МСЭ-Т Y.3173 с присвоением уровней L0 ~ L5.

Процесс тестирования состоит из пяти этапов: 1) определение объекта оценки; 2) разделение по параметрам оценки; 3) анализ объекта оценки; 4) оценка по каждому параметру; 5) получение результирующей оценки. В то же время приводятся результаты тестирования каждого приложения на стабильность, простоту использования, точность и пропускную способность.

Интеграция рынка машинного обучения в будущие сети

Еще одно важное исследование посвящено интеграции рынка машинного обучения в будущие сети, включая сети IMT-2020 (широко известные как сети 5G), которые относятся к накоплению возможностей сетевого машинного обучения. Сегодня модели ML могут размещаться на разных торговых площадках, таких как [Acumos AI](#) консорциума Linux Foundation, [CubeAI](#) компании China Unicom, [AWS Marketplace](#) и [Network AI Engine](#) компании Huawei.

Иногда последние достижения в области упреждающего анализа или алгоритмов не зависят от развития архитектуры базовых сетей ML. Разработчики инновационных механизмов и алгоритмов ML могут использовать для размещения своих решений облачные торговые площадки ML. Операторы сетей электросвязи интегрируют свою собственную или стороннюю

торговую площадку ML в будущую сеть, а затем распространяют ИИ-приложение в сети электросвязи и повышают уровень ее интеллекта.

При разработке приложений ML операторам сетей требуются функционально совместимые механизмы для выявления торговой площадки ML, которой можно воспользоваться в качестве источника моделей ML. Отсутствие стандартных механизмов обмена моделями ML и связанными с ними метаданными между торговыми площадками ML и средами развертывания ML операторов сетей ограничивает функциональное взаимодействие.

Рекомендация МСЭ-Т Y.3176

"Интеграция рынка машинного обучения в будущие сети, включая сети IMT-2020", в редактировании которой принимали участие компании China Unicom, China Mobile и ZTE, обеспечивает архитектуру и ориентиры для интеграции рынков машинного обучения в будущие сети. Кроме того, в ней представлен процесс взаимодействия для поиска, выбора и продвижения, изучения, обучения и развертывания моделей. ■



Ускорение процесса логического вывода при глубоком обучении с помощью инструментария с открытым исходным кодом Adlik

Лия Юань, инженер по разработке ПО с открытым исходным кодом и стандартизации, компания [ZTE](#)

■ Машинное обучение, в частности глубокое обучение (ML/DL), приобрело большую популярность во многих областях, включая машинный перевод, машинное зрение и обработку естественного языка.

С помощью систем ML/DL, таких как Tensorflow, Pytorch и Caffe, можно создавать и обучать модели ML/DL для извлечения знаний из данных и в конечном счете эффективно использовать их способность выполнять логические выводы в производственной среде.

При обучении модели могут работать хорошо, но в производственной среде обученные модели сталкиваются с новыми проблемами.

“

При обучении модели могут работать хорошо, но в производственной среде обученные модели сталкиваются с новыми проблемами.

”

Лия Юань

В производственной среде модели могут быть развернуты на разных аппаратных платформах (например, на базе центральных процессоров (ЦП), графических процессоров (GPU), программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)) с разными требованиями к таким характеристикам, как стоимость вычислений, объем потребляемой памяти и задержка логического вывода в различных сценариях.

Проблемы, возникающие при развертывании моделей ML/DL

В результате при развертывании моделей ML/DL в производственной среде, даже если они хорошо сходились на этапах обучения, возникают некоторые другие проблемы, которые необходимо решить.

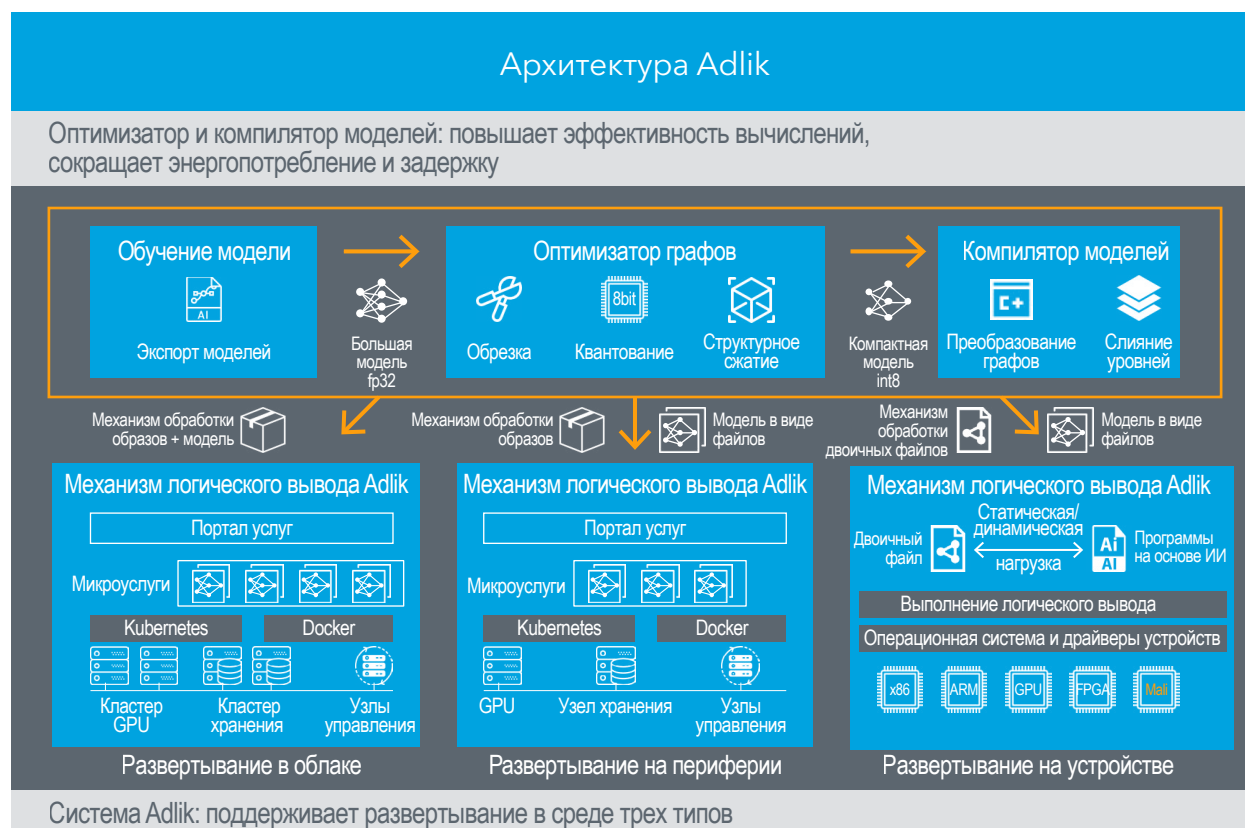
- Пользователям надо набраться опыта, чтобы научиться определять, какая система логического вывода лучше всего подходит для того или иного оборудования.
- Пользователям потребуются собственные решения для развертывания моделей ML/DL, например, в

качестве контейнеров или для интеграции моделей в приложения на встроенном оборудовании.

- Модели необходимо оптимизировать для удовлетворения различных требований к рабочим характеристикам в разных сценариях.

Проект с открытым исходным кодом Adlik

На решение указанных проблемы направлен проект с открытым исходным кодом Adlik, инициированный ZTE, который в настоящее время инкубирован отделением AI Foundation консорциума Linux Foundation (LF AI).



Adlik – это система сквозной оптимизации моделей глубокого обучения в целях ускорения процесса логического вывода при глубоком обучении в облачной, периферийной и встроенной средах. Она состоит из оптимизатора моделей, компилятора моделей и механизма логического вывода.

Оптимизатор осуществляет оптимизацию моделей глубокого обучения, обученных на различных платформах, для повышения производительности логического вывода. Затем компилятор моделей компилирует их в формат, поддерживаемый механизмом логического вывода. Механизм логического вывода загружает скомпилированные модели для выполнения логического вывода в облачной, периферийной и встроенных средах.

Ключевую роль в Adlik играет оптимизатор моделей, особенно когда модели ML/DL необходимо развертывать в среде со строгими ограничениями по стоимости вычислений, объему потребляемой памяти или задержке логического вывода – такой среде, как сценарии периферийных вычислений 5G.

Adlik – это проект с открытым исходным кодом, цель которого – внести в оптимизатор моделей Adlik как можно больше эффективных решений.

Решение задачи оптимизации логического вывода DNN – конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G"

Вот почему мы предложили участникам [конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"](#) заняться решением заявленной нами задачи "Оптимизация логического вывода DNN" – задачи построения общего алгоритма оптимизации модели, который помог бы добиться ускорения работы модели.

Для оптимизации моделей ML/DL в целях повышения качества их работы необходимо изучить множество технологий в таких областях, как оптимизация, ориентированная на модель, оптимизация системных связей и аппаратная оптимизация.

В настоящее время оптимизатор моделей Adlik поддерживает методы оптимизации, ориентированной на модель, в том числе обрезку и квантование модели, а в последнее время наша группа занимается решением задачи дистилляции знаний. Ориентированная на модель оптимизация этого типа в основном заключается в сжатии моделей ML/DL; другие многообещающие методы включают разреженность ядра и низкоранговую декомпозицию.

“

Для оптимизации моделей ML/DL в целях повышения качества их работы необходимо изучить множество технологий.

”

Лия Юань

Методы оптимизации системных связей, такие как сегментация глубокой нейронной сети, позволяют ускорить логический вывод модели за счет оптимизации связей между различными вычислительными узлами или уровнями. А аппаратная оптимизация с применением таких инструментов, как TensorRT, позволяет оптимизировать операции логического вывода на основе характеристик задействованного оборудования.

Скоро выйдет вторая версия Adlik. Мы приглашаем вас опробовать ее и внести свой вклад в доработку этой версии на сайте [Github](#). ■



Применение ИИ/ML: открывающиеся возможности и проблемы для поставщиков услуг связи

Салих Эргют, старший научный сотрудник по НИОКР в области сетей 5G, компания [Turkcell](#)

■ Искусственный интеллект (ИИ) преобразовал многие отрасли. Трудно идти в ногу с прогрессом в сфере развития ИИ, будучи свидетелем новых технических разработок в области машинного зрения, где ИИ обучает компьютеры интерпретации и восприятию визуального мира; обработки естественного языка (NLP), предусматривающей взаимодействие между наукой о данных и человеческим языком; прогнозирования временных рядов для предсказания будущего и т. д.

Вчерашняя научная фантастика быстро становится сегодняшней реальностью.

Однако учитывая огромный объем доступных данных и трудности с управлением инфраструктурой ввиду ее возрастающей сложности, можно утверждать, что в сфере сетей связи ИИ-приложения еще не реализовали свой потенциал.

Внедрение технологий 5G постепенно набирает обороты во всем мире, и многие организации по стандартизации уже приступили к работе над стандартом 6G; достаточно назвать Оперативную группу по технологиям для Сети-2030 ([ОГ NET-2030](#)) Сектора стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) и Целевую группу [NGMN](#) по сетям 6G.

“

Трудно представить, как мы станем развертывать и эксплуатировать будущие сети без помощи ИИ.

”

Салих Эргют

Трудно представить, как мы станем развертывать и эксплуатировать будущие сети без помощи ИИ.

Поставщики услуг - исследования и эксперименты

Поставщики услуг связи (CSP) часто реализуют сценарии использования ИИ, не связанные с сетью. К распространенным примерам относятся прогнозирование оттока клиентов, сегментация клиентской базы, таблицы пользовательской активности в общине, дополнительные/перекрестные продажи и прогнозирование мошенничества. Многие операторы начали внедрять методы ИИ в сетевые технологии или экспериментировать с ними, хотя это непростая задача ввиду ограниченных ресурсов в этой области. Кроме того, необходимо разработать объективные

и подотчетные модели. Компания Turkcell, как и многие операторы связи, стремится ответственно и этично использовать ИИ и публично объявила о своей приверженности этой политике, приняв [Принципы искусственного интеллекта](#).

Все более популярной становится архитектура, основанная на услугах, а для CSP ключевой технологией предоставления услуг с разными требованиями к качеству обслуживания (QoS) в их инфраструктуре 5G является сквозная нарезка сети. В рамках проекта [RELIANCE](#), в котором участвует Turkcell, оцениваются достоинства и недостатки нарезки в нескольких сценариях использования - от видео-конференц-связи до "умных" поездов и зданий, а также исследуется возможность прогнозирования будущих показателей эффективности, что поможет разработать оптимальную стратегию распределения ресурсов.

Для критически важных услуг становится все более полезным прогнозирование QoS вместо периодических отчетов и статистических распределений. Например, для самоуправляемого автомобиля одной лишь перспективы обеспечения надежности в 99,9999...% уже недостаточно, он должен быть заранее предупрежден о проблеме дорожного покрытия, чтобы принять меры предосторожности. В документе 3GPP TR 22.886 определены сценарии совместного использования информации для автоматизированного и автоматического управления транспортными средствами и автоколоннами.

Чтобы обеспечить доступность и качество услуг для CSP, все большую важность приобретает управление сетью, ориентированное на качество обслуживания пользователей. В рамках проекта 5G PERFECTA мы разрабатываем модели, основанные на ключевых показателях эффективности (KPI) радиосети, которые прогнозируют оценку пользователями качества услуг (QoE) потокового ТВ.

Такие модели позволяют измерять оценку пользователями качества услуг в режиме, близком к режиму реального времени, а результаты с помощью трансферного обучения можно распространить на моделирование других внутренних и внешних услуг.

Проблемы создания ИИ-приложений

Проблемы создания ИИ-приложений в сети оператора при наличии нескольких поставщиков и с применением нескольких технологий изложены во [вкладе](#) Оперативной группы МСЭ-Т по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G ([ОГ-ML5G](#)).

Приложение в режиме реального времени трудно реализовать в архитектуре с централизованной базой данных, так как это чревато задержками и требует больших возможностей по обработке данных.

Информация об Оперативной группе МСЭ ML5G

Оперативная группа по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G, Сектора стандартизации МСЭ (МСЭ-Т) была образована в составе 13-й Исследовательской комиссии МСЭ-Т в 2017 году. Эта Оперативная группа разработала десять технических спецификаций по машинному обучению (ML) для будущих сетей, включая спецификации интерфейсов, архитектуры сетей, протоколы, алгоритмы и форматы данных. ОГ-ML5G работала с января 2018 года по июль 2020 года.



Подробнее см. здесь.

При реализации специального модуля обработки событий в режиме реального времени пришлось использовать нестандартные программные закладки в сетевом оборудовании, чтобы получить доступ к статистике в режиме реального времени и для дистанционного управления узлами. При использовании нестандартных интерфейсов требуется непосредственная помощь поставщика по управлению проприетарными интерфейсами, и иногда такие действия могут привести к уязвимости системы безопасности.

Поскольку у разных поставщиков эти интерфейсы разные, ИИ-приложения необходимо настраивать, а иногда и перепроектировать для каждого поставщика. Проблема с KPI не ограничивается трудностью доступа в режиме реального времени; разработку

“

Существенный вклад внесла Оперативная группа МСЭ-Т по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G.

”

Салих Эргют

сетевых ИИ-приложений затрудняет и то, что KPI определяются конкретным поставщиком и даже могут отсутствовать. Например, для оборудования одного поставщика опережение по времени (TA) представляется непосредственно как KPI, в то время как для оборудования другого поставщика получение значения TA требует проведения анализа журналов трассировки.

Значение проектирования архитектуры с учетом ИИ

Для CSP, осуществляющих преобразование своих сетей в интеллектуальную сеть, большое значение имеет проектирование архитектуры с учетом ИИ, которая в ходе этого процесса поддерживает функциональную совместимость, механизмы обработки данных и инструменты оценки зрелости сети.

Оперативная группа МСЭ-Т по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G, внесла значительный вклад в решение этой задачи, разрабатывая спецификации в течение всего периода своей деятельности.

В их число входят: "Основа архитектуры машинного обучения в будущих сетях, включая IMT 2020" (МСЭ-Т Y.3172), "Структура обработки данных для обеспечения возможности машинного обучения в будущих сетях, включая IMT-2020" (МСЭ-Т Y.3174) и "Основа оценки уровней интеллектуальности будущих сетей, включая IMT-2020: сценарии использования" (МСЭ-Т Y.3173).

Упрощенные модели для критически важных отраслей

Между исследованиями в области ИИ и экспериментами с ИИ в действующей сети оператора сохраняются некоторые пробелы. В работе С. Zhang, Р. Patras и Н. Hamed "Deep learning in mobile and wireless networking: A survey" (IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2224-2287, 2019) дан превосходный обзор методов глубокого обучения для мобильных и беспроводных сетей.

Для критически важных и строго регулируемых отраслей, таких как электросвязь и здравоохранение, первостепенное значение имеют доверие и проверка решений, принимаемых автономно. Для таких систем достижения высокой точности прогнозов недостаточно, результаты должны быть получены на основе правильного представления проблемы, а не ошибочных входных данных.

Поэтому в этих отраслях предпочтительнее использовать не сложные, а более простые модели, такие как линейная регрессия или деревья решений, поскольку они поддаются интерпретации. Однако недавние исследования показали, что и сложные модели можно разработать так, чтобы обеспечить их объяснимость.

Предоставление наилучшего прогноза

Еще один недостаток большинства алгоритмов ИИ – предоставление наилучшего прогноза на основе ранее наблюдавшихся данных. Когда они сталкиваются с новым сценарием или когда изменяются статистические данные, лежащие в их основе, эти алгоритмы продолжают выдавать наилучшее предположение, вместо того чтобы сообщить об отсутствии уверенности в своем решении. В сетях электросвязи для надежной и отказоустойчивой работы важно изменять механизмы ИИ с участием человека в контуре обратной связи.

Активные исследования, обещающие положительные результаты для сетей, ведутся в области трансферного обучения, которое представляет собой обучение с меньшим количеством примеров за счет использования знаний, полученных из ранее решенной похожей проблемы. Агент ИИ сможет адаптироваться к изменениям в своей среде, а модель хорошо известной услуги можно будет распространить на аналогичную услугу, внутренние механизмы которой неизвестны.

Федеративное обучение – облегчение нагрузки по обработке больших данных

Наконец, еще одно направление будущих исследований – федеративное обучение, которое позволяет обучать модель сразу по нескольким наборам данных, что облегчает нагрузку по сбору и обработке огромных объемов данных, поступающих в центральное хранилище данных от всех узлов. Помимо повышенной нагрузки на систему, для централизованных подходов также характерны длительные задержки, и их использование требует особой осторожности во избежание любых проблем, связанных с конфиденциальностью. Федеративное обучение также позволяет нескольким участникам разработать наилучшую модель без ущерба для конфиденциальности данных.

В заключение отметим, что трудно представить себе сетевые операции без помощи ИИ в сетях 5G и последующих поколений. Внедрение ИИ в сети ставит перед поставщиками услуг связи ряд проблем, но и открывает широкие новые возможности. ■



Автономные сети: адаптация к неизвестному

Пол Харви, руководитель научно-исследовательских работ, Студия инноваций компании Rakuten Mobile, и **Пракайван Ваджрабхая**, руководитель отдела поддержки и продвижения исследований, Студия инноваций компании [Rakuten Mobile](#)

■ В современной методике обучения произошел переход от традиционного заучивания к критическому мышлению. Движение умов в этом направлении формирует людей, способных самостоятельно решать задачи в ситуациях, с которыми они ранее никогда не сталкивались, что очень важно для рабочих мест завтрашнего дня. Подобно этим рабочим местам, сети электросвязи представляют собой сложную, постоянно изменяющуюся среду, состоящую из новых технологий, услуг и сложных схем трафика. Возникает вопрос: если мы учим кадры быть автономными, возможно, пришла пора научить автономности сами сети?

Что такое виртуализация?

Прежде чем углубиться в вопрос об автономности, важно ознакомиться с механизмом ее реализации – виртуализацией. Виртуализация – это процесс, с помощью которого сетевое оборудование абстрагируется посредством программного обеспечения таким образом, что прикладное ПО становится изолированным от оборудования, на котором оно работает. Эта новая абстракция позволяет операторам сетей электросвязи унифицировать и упростить свои инфраструктуры, обеспечивая механизм для управления сетью. Задача состоит

в контроле над этим механизмом, который по-прежнему в основном реализуется людьми или четко определенными автоматизированными процессами. Однако будущие сети ставят перед исследователями целый ряд проблем, многие из которых прежде никогда не встречались. Следовательно, для того чтобы будущие сети функционировали должным образом, мы должны научиться автономному мышлению, подобно тому как преподаватели учат сегодня студентов мыслить критически и без промедления решать новые задачи.

“

Для того чтобы будущие сети функционировали должным образом, мы должны научиться автономному мышлению.

”

Пол Харви,
Пракайван Ваджрабхая

Автоматизация – не автономность

Прежде всего автоматизация не есть автономность.

- **Автоматизация** – это функционирование в рамках четко определенных параметров или заданных ограничений.
- **Автономность** – это самостоятельное обдумывание и принятие модели поведения, выходящей за рамки четко определенных параметров или заданных ограничений.

Автоматизация – мощный инструмент. Она нацелена на решение конкретной задачи или набора задач, таких как применение методов глубокого обучения для поиска аномалий, выявление определенного веб-трафика или приложений

или даже обнаружение вторжений. Несомненно, различные технологии машинного обучения показали себя эффективным средством автоматического решения многих задач в сети, например тех, что определены Оперативной группой Сектора стандартизации электро-связи МСЭ (МСЭ-Т) по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G (OF-ML5G), см. [Рекомендации МСЭ-Т серии Y.3170](#) "Машинное обучение в будущих сетях, включая IMT-2020: сценарии использования".

Хотя автоматизация дает большие преимущества, она также представляет собой проблему, связанную с присущей ей предопределенностью. Когда происходит непредвиденное изменение, например в сфере постановки задач или в сфере технологий или появляется новый класс приложений, необходимо вмешательство инженеров, которые должны внести изменения.

С другой стороны, автономность не требует вмешательства человека или требует его в минимальной степени, поскольку она задумана – по проекту – как саморегулирующаяся система, способная выйти за пределы четко определенных параметров или заданных ограничений.

Автономное исследование новых технологий

Представьте себе, что вы дали ребенку маркер и ушли. Вполне вероятно, что к вашему возвращению он будет использован на каждой видимой поверхности – бумаге, лице, стене и даже на собаке. Глядя на себя, мы, будучи людьми, инстинктивно экспериментируем с окружающим миром, получая ответную реакцию, которая направляет – но не диктует – последующие действия, такие как похвала или порицание. Так мы учимся пользоваться новыми инструментами и узнаем, как они влияют на окружающий нас мир.

То же справедливо и в отношении будущих технологий. Автономные сети должны научиться задействовать новые технологии, не имея явного указания на их цели, и/или применять существующие технологии для решения новых классов задач. Так мы учимся пользоваться новыми инструментами и узнаем, как они влияют на окружающий нас мир.

Как запрограммировать творчество

Как выполняется эксперимент методом проб и ошибок? При наличии большого количества возможных комбинаций технологий и конфигураций для этого требуется эффективный механизм поиска потенциально полезных вариантов. Опять же, мы вглядываемся в самих себя в поиске вдохновения.

Эволюция происходит путем полупроизвольного рекомбинирования и изменения небольших конструктивных блоков (геномов) и поощрения "через выживание наиболее приспособленных из них" или через повышение шансов на спаривание для получения более сильного потомства. Было доказано, что подходы, основанные на эволюции, являются эффективными механизмами поиска в больших пространствах и нахождения (оптимальных) решений проблем. Некоторыми примерами реализации данной концепции могут служить проектирование антенны в HACA (Hornby, G., Globus, A., Linden, D. and Lohn, J., 2006. Automated antenna design with evolutionary algorithms. In Space 2006 (p. 7242)) и автономное "повторное открытие" технологий машинного обучения в Google (Real, E., Liang, C., So, D.R. and Le, Q.V. 2020. AutoML-Zero: Evolving Machine Learning Algorithms From Scratch. arXiv preprint arXiv: 2003.03384).

Не станут исключением и автономные сети, просто место биологических геномов займут модульные программные блоки, которые сегодня составляют основу любых подходов к программированию. Таким образом, эволюция является поддающимся систематизации механизмом стимулирования творчества, необходимого для решения неизвестных задач в будущих сетях.

Знание – сила

Несмотря на многообещающие результаты, полупроизвольный поиск возможных технологических комбинаций – это не единственный путь. Люди в ходе истории накапливают знания и применяют их в процессе принятия решений. Автономные сети должны извлекать пользу из этих коллективных знаний, а также добывать свои собственные.

Для этого мы применяем онтологию и таксономию, чтобы отражать отношения между соответствующими объектами, обнаруживаемыми в сети. Такое представление человеческих знаний в сочетании с информацией, собранной из сети, и текущими знаниями, накопленными эмпирическим путем методом проб и ошибок, открывают поддающийся систематизации способ достижения автономности. Это снижает вероятность выбора определенных эволюционных комбинаций, уменьшает пространство поиска и ускоряет весь процесс. Отправной точкой для этого процесса могут служить существующие проекты, такие как Карта приложений для компаний электросвязи (ТАМ) [Форума TM](#).

Что дальше?

Это, безусловно, непростая задача. Как решения без последующих действий не приводят к результату, точно так же для автономной адаптации к неизвестным условиям требуется решить множество разнообразных задач, включая создание мелких конструктивных блоков, построение различных вариантов онтологии и таксономии, разработку языка спецификаций для описания этих элементов и создание среды для имитационного и "канареечного" тестирования. Этот список можно продолжать и продолжать.

Задачу создания автономной сети можно решить лишь согласованными совместными усилиями. Это необходимо не только для достижения вышеизложенных целей, но и для гарантии того, что автономность будет реализована как функционально совместимая платформа для взаимодействия операторов сетей, приносящая практическую пользу всем. Данный подход уже применяется в организациях по стандартизации для нового поколения современных вычислительных платформ, появляющихся в эпоху сетей 5G.

В этом смысле [МСЭ](#) и его члены могут сыграть ведущую роль в объединении необходимого сообщества и преодолении разрыва.

“

Таким образом, автономные сети предоставляют возможность освободить инженеров – специалистов по электросвязи от рутины, чтобы они могли сосредоточиться на инновациях.

”

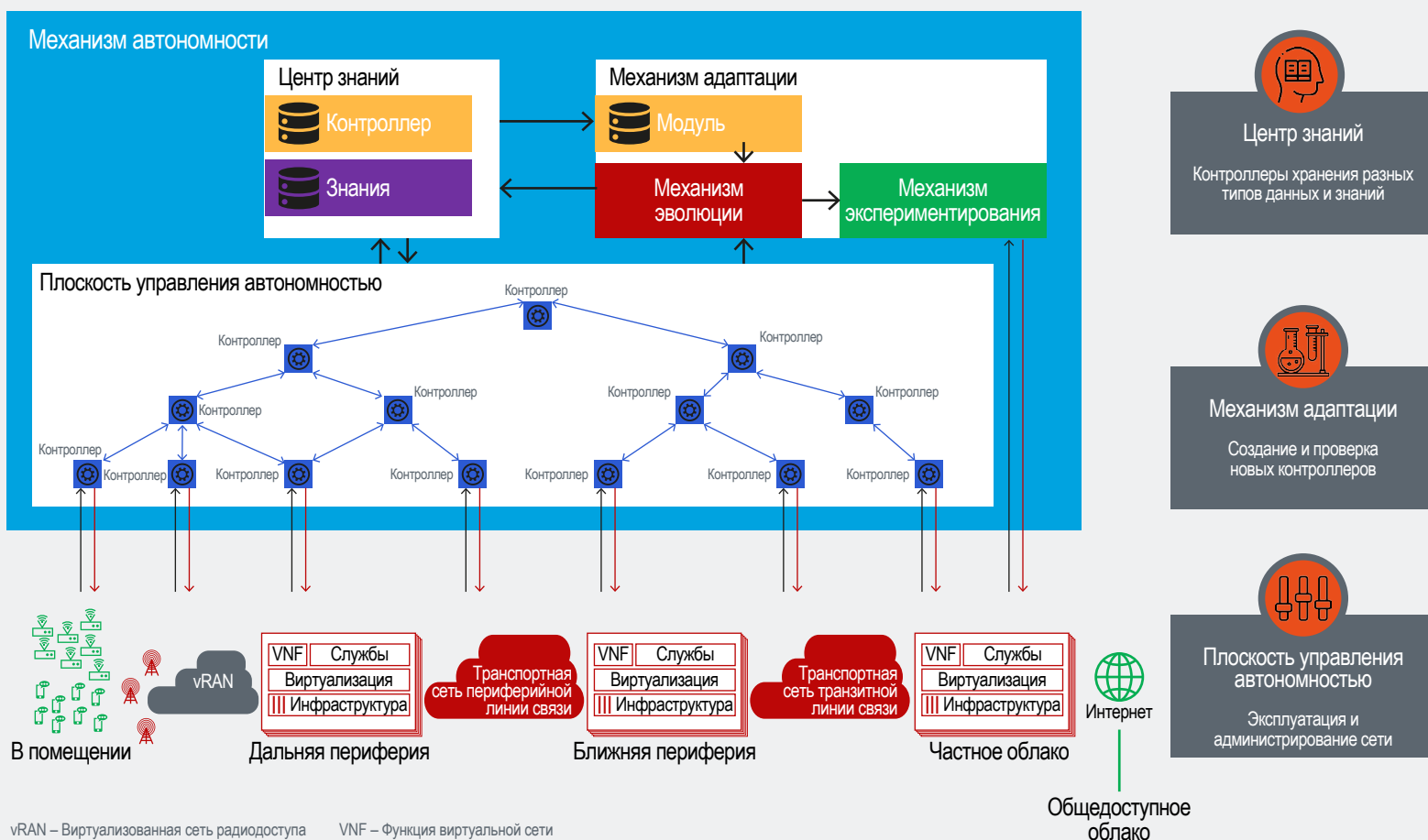
Пол Харви,
Пракайван Ваджрабхая

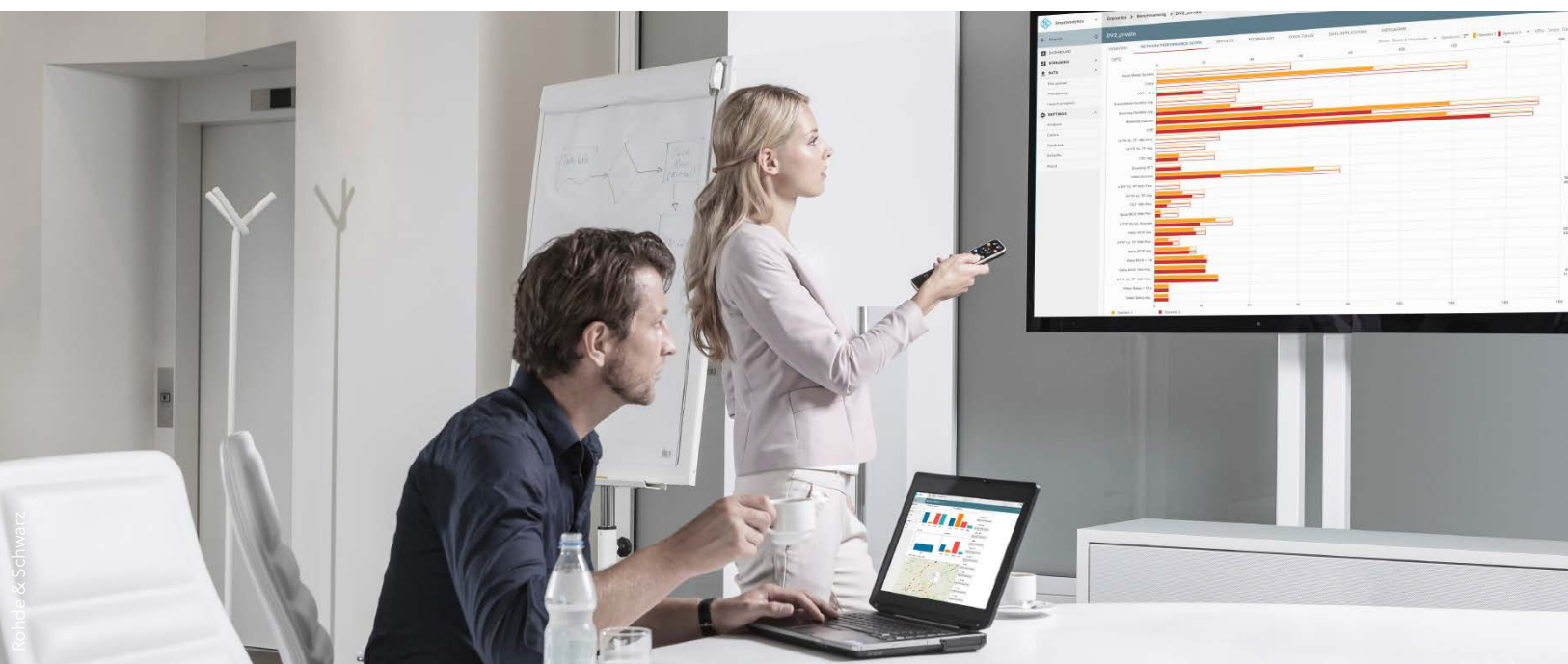
Автономность: свобода от рутины

Подобно тому, как наших детей готовят к неизвестному характеру работы в будущем, мы готовим свои сети к тому, чтобы они могли самостоятельно адаптироваться к неизвестным задачам, возникающим в сетях будущих поколений.

Мы заменяем подход ручной разработки автоматике подходами, движимыми эволюцией, проверяемыми практикой и создаваемыми самими машинами. Таким образом, автономные сети предоставляют возможность освободить инженеров – специалистов по связи от рутины, чтобы они могли сосредоточиться на инновациях. ■

Общая архитектура эволюционной адаптации автономной сети





Тестирование QoE в сетях подвижной связи

Арнд Сибила, менеджер по маркетингу технологий отдела тестирования сетей подвижной связи компании **Rohde & Schwarz**

■ Операторам сетей подвижной связи, чтобы гарантировать качественное обслуживание, необходимо проводить тестирование стабильности и качества работы своих сетей. Из-за огромных объемов задействованных данных это вряд ли возможно с помощью ручных методов. На помощь приходит искусственный интеллект (ИИ).

Тестирование сетей в эпоху 5G

С появлением систем подвижной связи пятого поколения специалисты по тестированию сетей столкнулись с новой ситуацией. Многие аспекты сетей 5G – разные полосы частот, различие программ развертывания между операторами, широкий спектр применений, таких как интернет вещей (IoT), обычная подвижная связь, маршрутизация трафика и т. д. – приводят к широкому разнообразию сетей и данных тестирования.

“

Операторам сетей подвижной связи, чтобы гарантировать качественное обслуживание, необходимо проводить тестирование стабильности и качества работы своих сетей.

”

Арнд Сибила

Анализ этих данных в обычной агрегированной форме быстро приводит к искаженным результатам и неверным интерпретациям. Успешное решение этой проблемы обеспечивает искусственный интеллект. В то время как методы, основанные на алгоритмах, отражают конкретные теории, методы ИИ, такие как распознавание образов, позволяют непредвзято оценивать наборы данных и обнаруживать взаимосвязи, скрытые от аналитиков.

Необходимость машинного обучения для больших данных

Термин "машинное обучение" является немного более конкретным термином, чем "искусственный интеллект". Цель машинного обучения (ML) состоит в том, чтобы автоматически выводить общие правила из большого объема данных. В наших примерах применения ML к данным тестирования в движении типичный конвейер глубокого обучения охватывает два этапа – этапы обучения и логического вывода.

На **этапе обучения** мы осуществляем сбор обучающих данных многочисленных тестов, выполненных в разных конфигурациях и средах. Эти данные проходят процесс обучения с большим объемом вычислений, обычно с использованием графических процессоров (GPU) благодаря их способности параллельно выполнять множество простых операций. Результатом этапа обучения становится модель, содержащая знания, собранные с использованием всех учебных

данных, которые необходимы для выполнения нашей конкретной целевой функции.

На **этапе логического** вывода мы просто берем обученную модель и применяем ее к новым данным, чтобы сгенерировать прогноз или добиться понимания закономерностей, скрытых в структуре данных. Этот этап требует меньших вычислительных мощностей, чем этап обучения, что делает его доступным для серверов с обычным центральным процессором (ЦП) или даже для периферийных вычислительных устройств без необходимости передавать конфиденциальную информацию на сервер.

После этапа интенсивного обучения модель позволяет практически мгновенно правильно интерпретировать новые данные измерений.

Выбор методов машинного обучения

Мы используем методы машинного обучения для таких приложений, как упрощение оптимизации сетей подвижной связи и совершенствование оценки качественных различий между поставщиками услуг. Решением этих вопросов занимается основанная в 2018 году лаборатория Data Intelligence Lab, которая также оказывает поддержку отделам исследований и разработок компании Rohde & Schwarz, обеспечивая их методами анализа на основе данных. Эти подходы особенно перспективны в отношении тестирования сетей подвижной связи, когда генерируются чрезвычайно большие



Smart – платформа нового поколения для тестирования сетей подвижной связи

Посмотрите этот видеоролик, чтобы получить представление о новой парадигме тестирования сетей подвижной связи, которая позволяет упростить оценку качества сети и улучшение ее рабочих характеристик на основе оценки пользователями качества услуг (QoE).



объемы данных, делающие ручной анализ и формулирование правил практически неосуществимыми. Машинное обучение позволяет использовать информацию, скрытую в больших наборах данных, например, для получения новых оценочных показателей. Примером таких показателей может служить оценка стабильности соединений (CSS).

Компания Rohde & Schwarz и стандарты МСЭ

Компания Rohde & Schwarz – член сектора МСЭ, принимающий активное участие в работе 12-й Исследовательской комиссии Сектора стандартизации МСЭ (МСЭ-Т) (ИК12: Показатели работы, качество обслуживания и оценка пользователем качества услуг) по внедрению ИИ и машинного обучения.

ИИ и машинное обучение в настоящее время широко используются при разработке моделей для оценки качества речи, звука и видеоизображений, например в стандартах МСЭ по оценке качества аудиовизуальной потоковой передачи, в частности Рекомендаций МСЭ P.1203 (постепенная загрузка и адаптивная потоковая передача аудиовизуальных данных) и МСЭ P.1204 (потоковые услуги передачи видео с разрешением до 4K).

В новых стандартах МСЭ по оценке качества рассматриваются интеллектуальный анализ и диагностика сетей (МСЭ E.475), а также создание и тестирование моделей на базе машинного обучения для оценки качества среды передачи (МСЭ P.565).

Основываясь на опыте разработки этих стандартов МСЭ, 12-я Исследовательская комиссия дает в готовящемся к выпуску Техническом отчете и Добавлении МСЭ дополнительные руководящие указания по применению ИИ и машинного обучения в процессах стандартизации МСЭ.

Компания Rohde & Schwarz ожидает значительного увеличения количества исследований и рекомендаций с использованием методов искусственного интеллекта и машинного обучения и активно поддерживает эту деятельность в МСЭ.

Оценка стабильности соединений: новый показатель для оценки надежности связи

Внезапно прерванный телефонный звонок – весьма неприятный опыт. Поэтому операторы сетей подвижной связи много лет занимаются тестированием качества передачи голоса и стабильности соединений. Наиболее популярной статистикой является коэффициент прерванных соединений (CDR). Но поскольку количество прерванных

соединений в зрелых сетях чрезвычайно мало, необходимо выполнить огромное количество вызовов, для того чтобы получить статистически значимый результат. Как следствие, кампании по тестированию в движении продолжительны и затратны.

Мы используем метод замены двоичного состояния соединения ("успешно завершено" или "прервано") точным аналоговым значением. Для этого с помощью ИИ создается статистическая модель,

“

Внезапно прерванный телефонный звонок – весьма неприятный опыт.

”

Ард Сибилла

которая связывает условия передачи с состоянием соединения.

Значение CSS, полученное на основе этой модели, позволяет измерить надежность подвижного соединения в течение всей продолжительности вызова и классифицировать его по качеству. Диагностика также охватывает нестабильные соединения, которые были успешно завершены, но, как показывают данные, были близки к прерыванию. В традиционной статистике CDR эти нестабильные соединения оцениваются положительно как успешные, что искажает оценку качества сети.

Значение CSS основано на информации, собранной из результатов миллионов тестовых вызовов и включенной в модель в процессе обучения. Оценка убедительна с первого же вызова. Качество сетевых соединений регистрируется точнее и с меньшими усилиями. Модель оценивает данные на основе изученных правил и дает значение от 0 до 1. Чем оно выше, тем ниже вероятность разъединения в наблюдаемом интервале.

Измерение CSS входит в состав аналитической платформы SmartAnalytics компании Rohde & Schwarz (см. снимок экрана 1).

Обнаружение временных аномалий

Еще одна управляемая ИИ функция в этом пакете программного обеспечения – это обнаружение аномалий с помощью машинного обучения без учителя: нейронная сеть обучается анализировать информацию, скрытую в непоми- ченных данных.

Обнаружение аномалий – инструмент, высоко ценимый

специалистами по обработке данных. Оно направлено на поиск выборок данных, не соответствующих регулярному распределению набора данных, к которому они принадлежат. Выявление аномальных выборок, которое также называется выбросами в распределении, дает ценную информацию, которая часто указывает на дефекты или ошибки в процессе сбора данных (например, неисправное или неправильно настроенное оборудование).

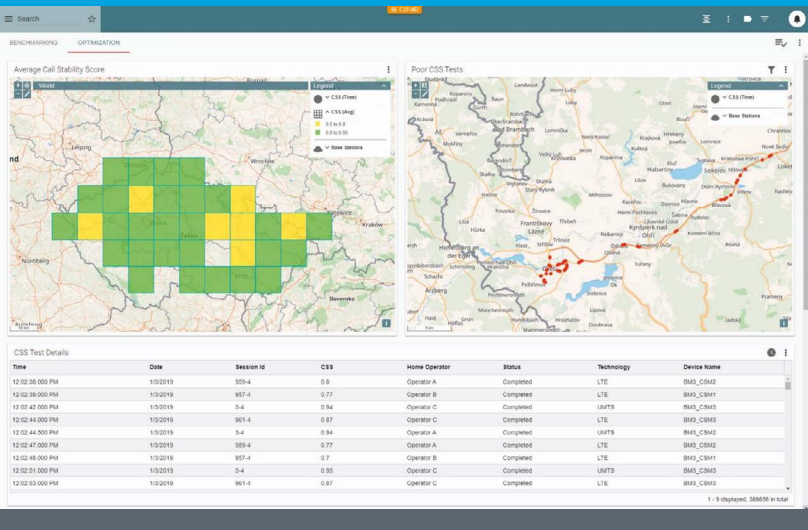
Обнаружение аномалий при передаче данных на основе временных рядов переменной длины помогает операторам сетей подвижной связи выявлять отклонения и

немедленно определять проблемные области, скрытые за средними значениями ключевых показателей эффективности (KPI).

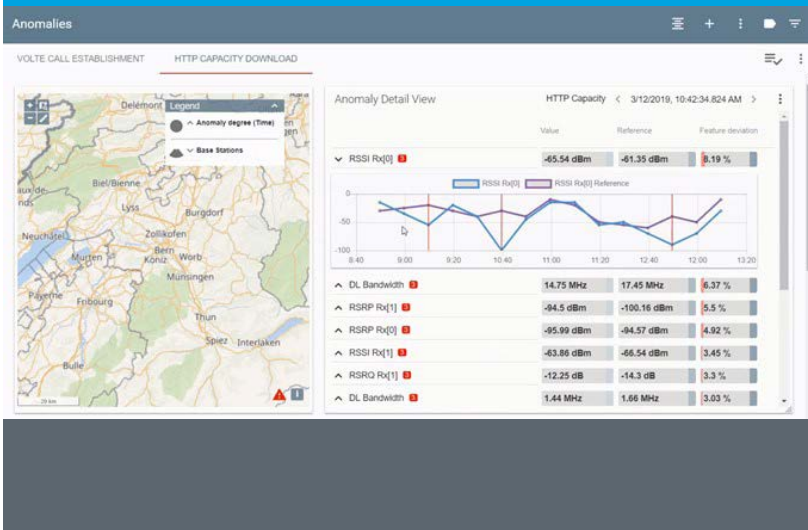
Визуализация этой функции в программе SmartAnalytics компании Rohde & Schwarz позволяет быстро увидеть, на каких этапах тестирования происходит отклонение от модели. Результатом обнаружения временных аномалий становится более эффективная методика тестирования в движении и оптимизации.

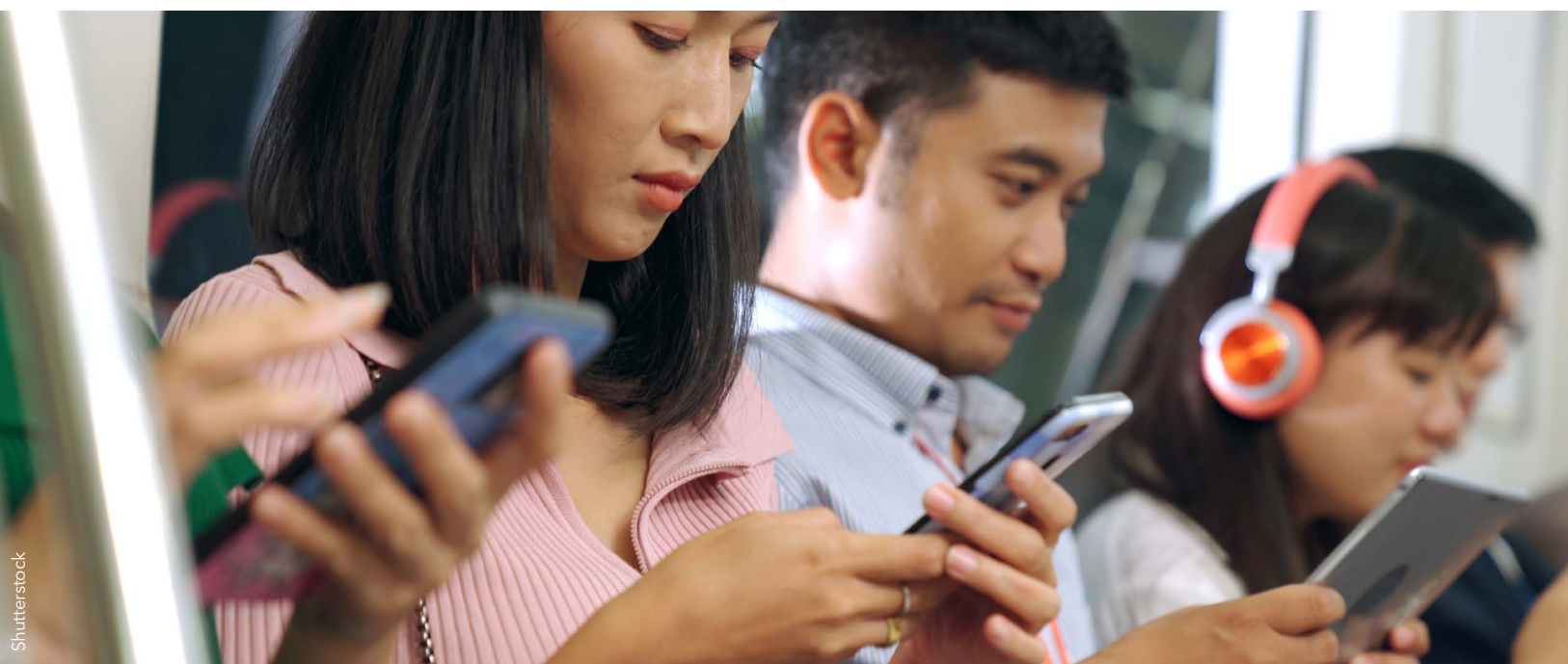
Обнаружение аномалий, в частности обнаружение временных аномалий, применимо к разным сценариям тестирования. ■

Снимок экрана 1. Визуализация оценки стабильности соединений в программе SmartAnalytics компании Rohde & Schwarz (доступно только на английском языке)



Снимок экрана 2. Визуализация обнаружения временных аномалий в программе SmartAnalytics компании Rohde & Schwarz (доступно только на английском языке)





Взгляд оператора сети на роль ИИ в будущих сетях радиодоступа

Чих-Линь И, главный исследователь по беспроводным технологиям, и **Ци Сунь**, старший научный сотрудник по беспроводным технологиям, научно-исследовательское подразделение [компании China Mobile](#)

■ Сети 5G внедряются во всем мире, демонстрируя невероятные темпы развития. Например, в Китае к концу этого года, как ожидается, будет развернуто более 600 тыс. базовых станций 5G.

Однако 5G – это чрезвычайно сложная система, которую невозможно реализовать, просто построив сотни тысяч базовых станций. Чтобы добиться коммерческого успеха, необходимо решить много проблем. Например, высокие уровни энергопотребления и высокая стоимость и гибкость сетей 5G затрудняют оптимизацию их эксплуатации и обслуживания. Еще одна проблема – как быстро и эффективно удовлетворить разнообразные потребности приложений вертикальных отраслей.

“

Необходимо переосмыслить традиционную парадигму электросвязи и использовать новые технологии.

”

Чих-Линь И, Ци Сунь

Чтобы решить эти проблемы, необходимо переосмыслить традиционную парадигму электросвязи и использовать новые технологии, такие как облако, анализ больших данных и машинное обучение. Как предполагается, для сетей 5G и последующих поколений потребуются глубокая интеграция информационных технологий, технологий передачи данных и технологий связи.

Ожидается, что в беспроводные сети всех видов и всех уровней – от локального и периферийного до облака – будут внедрены возможности интеллектуального анализа. Анализ данных, машинное обучение (ML) и искусственный интеллект (ИИ) считаются ключевыми факторами дальнейшего развития интеллектуальности беспроводных сетей и революции в этой области.

Сетевые возможности при использовании анализа данных и машинного обучения

Анализ данных и машинное обучение обеспечат все сети следующими возможностями.

- **Надежное прогнозирование.** Собранные в сети обширные многомерные данные позволяют прогнозировать сетевой трафик, аномалии, характер/тип обслуживания, траекторию движения/местоположение пользователей, оценку пользователями качества услуг, радиосигнатуру, помехи и т. д. Такие прогнозы несомненно

расширят возможности активного управления сетью и ее контроля и приведут к значительному повышению эффективности использования сетевых ресурсов и энергоэффективности, а также обеспечат возможность индивидуального регулирования качества обслуживания пользователей.

■ Улучшенная оптимизация сети и повышение качества принимаемых решений.

Методы анализа данных и машинного обучения помогут эффективно решать серьезные проблемы в сетях 5G, опираясь на данные, собранные из реальной сети. Обычно их трудно смоделировать или для их решения требуются сложные вычисления ввиду чрезвычайно больших размерностей или NP-трудных задач (задач, которые невозможно решить на недетерминированной машине Тьюринга за полиномиальное время, но можно проверить).

Сделав акцент на сети радиодоступа (RAN), сценарии использования можно условно разделить на четыре типа: 1) интеллектуальное управление сетью и оркестровка; 2) интеллектуальные мобильные периферийные вычисления; 3) интеллектуальное управление радиоресурсами; и 4) интеллектуальные технологии радиопередачи.

Дополнительно можно включить оптимизацию области радиочастот, то есть цифровое предсказание с помощью ИИ.

Рассмотрение четырех сценариев использования с точки зрения оператора

Ниже подробно описаны четыре типичных сценария использования с точки зрения оператора, основанные на опыте коммерческого внедрения и испытаний.

1 Энергосбережение

Чтобы справиться с энергетическими проблемами, вызванными расширением сети подвижной связи, компания China Mobile разработала систему энергосбережения с применением разных технологий радиодоступа (MCES) для повышения энергоэффективности подвижных сетей. MCES взаимодействует с сетью радиодоступа в режиме реального времени и может поддерживать оборудование RAN 2G/3G/4G разных производителей. В частности, система MCES имеет три основные технические характеристики:

- энергосбережение на уровне сети;
- функция обнаружения энергосберегающих ячеек на основе больших данных;
- возможность выключения/включения ячеек с высоким разрешением по времени.

Система MCES развернута в 18 провинциях страны и охватывает 970 тыс. ячеек. В 2019 году общая экономия энергии превысила 40 млн. кВтч. Сейчас MCES дорабатывается в целях добавления системы 5G, чтобы обеспечивать скоординированное энергосбережение в сетях 4G и 5G.

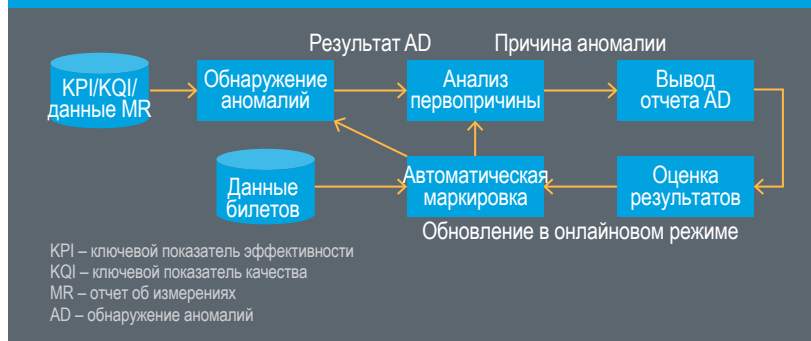
Топология системы энергосбережения с применением разных технологий радиодоступа (MCES)



2 Автоматический анализ аномалий

Обнаружение аномалий (AD) и их анализ всегда составляли важную часть системы эксплуатации и управления (OAM). Внедрение алгоритма AD на основе динамического машинного обучения позволяет сократить количество инструкций и получать более точную информацию о первопрочине, вызвавшей аномалию. Между тем алгоритм анализа первопричин (RCA) на основе ИИ частично заменяет специалистов, участвующих в процессе анализа аномалий.

Рабочий процесс автоматического анализа аномалий



3 Оптимизация оценки пользователем качества услуг

Технология 5G ведет к переходу от бизнес-модели, основанной на "объемах", к бизнес-модели, основанной на "стоимости". Ключевую роль в коммерциализации 5G играет оценка пользователем качества услуг (QoE), поэтому цели оптимизации сети смещаются с ключевого показателя эффективности (KPI) на показатель QoE, который связан с ключевым показателем качества (KQI).

Интеллектуальный радиоконтроллер представляет собой управляемую данными платформу, которая обеспечивает возможности индивидуальной настройки характеристик RAN и их представление, особенно для вертикальных отраслей и OTT. Ожидается, что первыми по популярности услугами в эпоху 5G станут потоковое видео высокой четкости (HD), облачные системы виртуальной реальности (VR) и облачные игры.

В 2019 году компания China Mobile провела испытания в сети 5G в Шанхае, которые подтвердили наличие следующих функций: 1) прогнозирование QoE на основе ИИ/ML и обеспечение облачной системы VR; 2) оценку ширины полосы радиочастот для выбора адаптивного кодирования облачной системы VR.

4 Регулирование трафика на основе радиосигнатуры

Регулирование трафика, также называемое выравниванием нагрузки в сети подвижной связи, представляет собой широко используемое сетевое решение для распределения трафика между ячейками сети или его передачи в целях повышения эффективности работы сети. Данное решение должно повышать эффективность регулирования трафика путем создания радиосигнатуры, по которой ячейки делятся на зоны контроля в зависимости от уровня радиосигнала обслуживающих и соседних ячеек, что позволяет определить местоположение зоны контроля, в которой находится оборудование пользователя (UE), и получить информацию о покрытии UE. Это помогает значительно сократить количество межчастотных изменений UE и ускорить регулирование трафика.

Компания China Mobile и ее партнеры также провели испытания системы регулирования трафика на основе радиосигнатуры в коммерческой сети. Результаты испытаний, с учетом оптимизации регулирования трафика на основе радиосигнатуры, показали, что по сравнению с традиционным выравниванием нагрузки продолжительность периодов высокой нагрузки сокращается на 13%.

Виртуальная зона контроля на основе радиосигнатуры



Кроме того, время реконфигурации измерений со стороны базовой станции и время выдачи отчета о результатах измерения со стороны UE уменьшилось соответственно на 54% и 83%. Кроме того, благодаря выравниванию нагрузки на основе радиосигнатуры средняя задержка интернет-протокола (IP) тестируемых ячеек уменьшилась на 20%.

Развитие стандартов

В организациях по стандартизации, включая Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-T), 3GPP, O-RAN и ETSI, активно проводятся различные исследования в области стандартизации интеллектуального анализа сетей от плоскости управления до плоскости контроля, включая сценарии использования и требования, функциональную структуру, процедуры и архитектуру ИИ.

3GPP уже представил анализ данных и связанные с ИИ/ML функции базовой сети и плоскости управления с базовой сетью на основе услуг и архитектурой управления. В то же время в отношении сети радиодоступа, учитывая ее распределенную архитектуру и более строгие временные характеристики и характеристики надежности, эта организация сталкивается с более серьезными проблемами при внедрении встроенного ИИ.

В отрасли ведется активная работа над открытой и интеллектуальной сетью радиодоступа в целях гарантированного обеспечения коммерческого успеха 5G.

Предстоящая работа

Несмотря на достигнутый значительный прогресс, спецификации 5G практически не содержат указаний для операторов подвижных сетей о том, как обеспечить, чтобы их сети 5G реально поддерживали ИИ/ML. Предстоит большая работа по оказанию большего содействия сетям с поддержкой ИИ/ML, а также по включению фундаментальных концепций ИИ и ML в качестве основной структуры сети, в том числе:

- настраиваемой системы сбора данных с высокой степенью детализации;
- представление возможностей RAN для настраиваемой оптимизации сети и услуг;
- программируемости RAN, архитектуры RAN на основе услуг для поддержки ИИ/ML;
- разделения анализа/ИИ/ML в отношении связи и данных для обеспечения эффективных инноваций;
- открытых наборов данных по беспроводным сетям для ускорения темпов разработки алгоритмов и новых применений ИИ в радиосетях. ■

“

В отрасли ведется активная работа над открытой и интеллектуальной сетью радиодоступа в целях гарантированного обеспечения коммерческого успеха 5G.

”

Чих-Линь И, Ци Сунь



ИИ и открытые интерфейсы: ключевые инструменты реализации кампусных сетей

Гюнтер Бройтигам, управляющий директор компании [Airpuls](#); Ренато Л. Г. Кавальканте, научный сотрудник компании [Fraunhofer HHI](#); Мартин Каспарик, научный сотрудник компании [Fraunhofer HHI](#); Александр Келлер, директор по исследованиям компании [NVIDIA](#); и Славомир Станчак, руководитель отдела радиосвязи и сетей компании [Fraunhofer HHI](#), Германия

■ Современная связь является основой успешной цифровизации. Благодаря стандарту 5G в вертикальных отраслях появляются совершенно новые приложения, и существует высокий спрос на новые радиотехнологии, помогающие решать отраслевые задачи в кампусных сетях (сетях на территории предприятия), иначе именуемых частными сетями.

Для удовлетворения этого спроса федеральное правительство Германии, например, заложило основу для развития кампусных сетей, разрешив их эксплуатацию в диапазоне 3,7–3,8 ГГц, который особенно подходит для покрытия больших территорий и поддержки сценариев, в которых требуется высокая мобильность.

“

Современная связь является основой успешной цифровизации.

”

Гюнтер Бройтигам, Ренато Л. Г. Кавальканте, Мартин Каспарик, Александр Келлер и Славомир Станчак

Ожидается, что эта полоса частот будет дополнена полосой миллиметровых волн, которая дает целый ряд преимуществ в отношении ширины полосы передачи, защиты от прослушивания и помехоустойчивости, не говоря о многом другом.

Подобно обычным сетям подвижной связи, кампусные сети состоят из базовой сети, содержащей центральные элементы управления сетью, и сети радиодоступа (RAN), управляющей беспроводными соединениями между базовыми станциями и мобильными терминалами.

Программное обеспечение для базовой сети предлагается многими поставщиками. Поставщиков же технологии RAN очень мало. Вертикально интегрированные решения практически не допускают функциональной совместимости. Из-за высокого барьера для выхода на рынок отраслевые технологии, ориентированные на нишевые рынки, не развиваются. Отсутствие конкуренции препятствует инновациям в технологии RAN.

Содействие инновациям в области кампусных сетей

Для содействия инновациям в области кампусных сетей была предложена новая бизнес-модель. Она включает системное проектирование, оптимизацию и интеграцию открытых и безопасных

беспроводных технологий. Эти технологии основаны на разукрупнении, виртуализации, открытости и ИИ. При этом новом подходе RAN разделена на модули, выполняющие сетевые функции в программном обеспечении. Открытые интерфейсы между такими виртуализированными модулями RAN имеют решающее значение для обеспечения функциональной совместимости между поставщиками.

Хотя эти интерфейсы стандартизированы, стандарты не касаются реализации сетевых функций, что позволяет поставщикам дифференцировать продукцию в своих интересах и в интересах заказчиков. Такой высокий уровень программизации функций RAN в сочетании с использованием коммерческого серийно выпускаемого (COTS) программного и аппаратного обеспечения способствует экономии за счет масштаба и снижению затрат.

Вышеупомянутая эволюция в направлении от закрытых систем к открытым и программируемым системам имеет два важных последствия.

Она сокращает инвестиции, необходимые для разработки новых технологий для сетей радиодоступа, позволяя разрабатывать отраслевые решения для кампусных сетей силами малых и средних предприятий.

Кроме того, пониженный входной барьер расширяет рынок, создавая условия для внедрения в кампусные сети нишевых технологий с других рынков. Например, для беспроводных систем могут быть приспособлены существующие алгоритмы интеллектуального анализа данных, такие как анализ потоков данных в RAN для обнаружения атак на радиоинтерфейсы.

Базируясь на гибких мультивендорных решениях, кампусные сети смогут удовлетворять потребности сложных отраслевых систем.

Развитие сетей после 5G с применением ИИ

По мере дальнейшего развития сетей после 5G целостный подход к управлению этой сложной системой требует, чтобы ИИ стал неотъемлемой частью ее общей конструкции.

При включении в сеть новых аппаратных и программных компонентов этот процесс можно тестировать в среде "цифрового двойника", где моделирование ускоряется с помощью ИИ.

Новые инструменты ИИ необходимы и для поддержки сетевых функций, таких как планирование, управление лучом, координация помех, локализация, обнаружение символов и оценка канала, и это лишь несколько основных примеров.

Эти инструменты могут кардинально отличаться от существующих, применяемых в таких областях, как распознавание речи и компьютерное зрение.

Однако успех открытых и программируемых систем будет в основном зависеть от нижних уровней стека связи с чрезвычайно динамичной и неопределенной средой.

Проблемы, требующие решения

В результате получение наборов данных для алгоритмов машинного обучения на основе данных становится трудной задачей: к тому времени, когда будет собрано достаточное количество данных, среда может измениться настолько, что данные для обучения устареют.

В настоящее время широко применяются методы чистого моделирования, но и они могут быть связаны с серьезными проблемами. Поскольку современные модели радиосвязи часто не учитывают эффекты скашивания луча и зависят от дальнейших приближений, таких как волны в дальней зоне, по мере повышения рабочей частоты, скорости передачи данных и числа антенн эти модели могут становиться слишком грубыми.

Эти проблемы можно решить с помощью гибридных методов, основанных на моделях и данных, когда данные используются для уменьшения неопределенности моделей, а грубые модели помогают уменьшить объем необходимых обучающих данных для инструментов обучения. Важно отметить, что некоторые из этих операций должны выполняться в пределах временных интервалов – от микросекунд до миллисекунд, что делает все более важной задачу разработки масштабируемых алгоритмов, допускающих широкое распараллеливание на коммерческом серийно выпускаемом (COTS) оборудовании.

Необходимость ИИ

Чтобы соответствовать строгим требованиям, предъявляемым к мобильным приложениям в кампусных сетях, отрасли необходимо приложить значительные усилия для разработки и внедрения новых методов искусственного интеллекта.

Это позволит странам укрепить свой цифровой суверенитет, а компаниям – предложить решения для нишевых рынков, которые в них нуждаются. ■

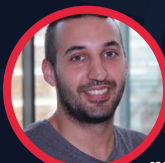
“

Чтобы соответствовать строгим требованиям, предъявляемым к мобильным приложениям в кампусных сетях, отрасли необходимо приложить значительные усилия для разработки и внедрения новых методов искусственного интеллекта.

”

Гюнтер Бройтигам, Ренато Л.Г. Кавальканте, Мартин Каспарик, Александр Келлер и Славомир Станчак

Цитаты из выступлений авторов сформулированных задач конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"



Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" предоставляет прекрасную возможность объединить усилия по стандартизации с работой научного сообщества, позволив студентам и ученым решать важные проблемы в области связи. В частности этот конкурс дал очень интересные результаты, которые могут привести к революции в понимании технологий связи. Применение моделей глубокого обучения к решению задачи динамического связывания каналов стало значительным прорывом в этой области.

Франческ Вильгельми,
аспирант научно-исследовательской группы
по радиосетям, [UPF](#), Испания



Мы благодарны конкурсу МСЭ "ИИ/ML для 5G" за предоставленную нам возможность установить связь с исследователями ИИ по всему миру для решения конкурсной задачи компании Turkcell. Представленная нами на конкурс работа по теме "Отказы каналов радиосвязи" имеет решающее значение для сети оператора. Моделирование отказов каналов связи на основе прогнозов погоды представляет собой сложную задачу ввиду ненадежности прогнозов и редкости случаев отказа радиоканалов. Подготовка к конкурсу и общение с участниками уже помогли нам лучше сформулировать проблему, устранить несоответствия в данных и рассмотреть альтернативные подходы. Мы ожидаем получить предложения высококачественных решений этой сложной задачи и с нетерпением ждем возможности применить извлеченные уроки для реализации механизмов профилактики отказов радиоканалов в целях повышения качества обслуживания абонентов.

Салих Эргют,
старший научный сотрудник по НИОКР
в области сетей 5G, компания
[Turkcell](#), Турция



Первые примеры
практического
применения в 2030 году?

Андрей Кучерявый,
профессор, заведующий кафедрой сетей
связи и передачи данных, [СПбГУТ](#), главный
научный сотрудник [НИИР](#), Российская
Федерация, и председатель [ИКп МСЭ-Т](#)



Важную роль в сетях 2030 года будет играть интеграция интеллектуальных периферийных вычислений и технологии блокчейн, что позволит обеспечить плотность покрытия сети даже в малонаселенных районах, одновременно гарантируя высокую безопасность и удовлетворительное качество обслуживания.

Аммар Мутханна,
заместитель руководителя научной части кафедры сетей
связи и передачи данных и руководитель лаборатории
программируемых сетей [СПбГУТ](#), Российская Федерация



Самая важная
задача ИИ в сетях 5G – это оперативное
распознавание трафика без задержек для внедрения
новых услуг по управлению трафиком, таких как
тактильный интернет, медицинские сети и автономные
транспортные средства.

Артем Волков,
научный сотрудник, аспирант кафедры сетей связи и
передачи данных, [СПбГУТ](#), Российская Федерация



Организация конкурса "ИИ/ML для 5G" представляет собой чрезвычайно полезный опыт. Организаторы из МСЭ значительно упростили подготовку и проведение конкурса и проделали огромную работу по привлечению участников. Количество участников по нашей проблеме намного превзошло то, на что мы могли рассчитывать. Как члены научного сообщества мы рассматриваем этот конкурс как способ распространения результатов наших исследований. Такого рода конкурсы очень интересны для нас, поскольку позволяют общаться со многими представителями как академических кругов, так и промышленности. Более того, предложенные решения произвели на нас большое впечатление – некоторые из них представляют собой выдающиеся достижения. Мы с нетерпением ждем следующего конкурса в 2021 году.

Хосе Суарес-Варела,
научный сотрудник-постдокторант,
BNN-UPC, Испания



Конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" помогает отойти от "режима малых данных" и правильно оценить алгоритмы ИИ/ML, такие как глубокое обучение, с использованием больших наборов данных и воспроизводимых экспериментов.

Алдебару Клаутату,
профессор электротехники и вычислительной
техники, UFPA, Бразилия



Для нас большая честь участвовать в этом захватывающем мероприятии – конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G" – и представить на нем ряд задач. Внедрение ИИ/ML в отрасли электросвязи все еще находится на очень ранней стадии, и уникальные сообщества МСЭ, состоящие из представителей разных стран, организаций и слоев общества, безусловно, привнесут свои инновации. Давайте продолжать новаторство и сотрудничество в эпоху сетей 5G и после.

Томохиро Отани,
исполнительный директор компании KDDI Research, Япония



Участвовать в конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G" – большая честь для нас. Это прекрасная возможность ускорить темпы внедрения алгоритмов ИИ/ML в сетях электросвязи. Мы предложили задачу "Оптимизация логического вывода модели DNN" в разделе Enabler Track. Эта тема очень важна для внедрения в сеть моделей машинного обучения, особенно когда существуют строгие требования к скорости логического вывода. На данный момент мы получили несколько замечательных представлений, которые, как мы полагаем, определенно помогут нашей работе над проектом ПО с открытым исходным кодом Adlik.

Лия Юань,
инженер по разработке ПО с открытым исходным
кодом и стандартизации, компания ZTE, Китай



Конкурс предоставляет площадку для демонстрации потенциала применения машинного обучения в целях совершенствования сетевого интеллекта. Он привлекает ученых и инженеров, которые занимаются научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами в области интеллектуальных сетей, и объединяет операторов сетей, поставщиков оборудования, ученых, студентов и другие сообщества для построения более гибкой, эффективной, экологически чистой и отказоустойчивой сети. Интеграция ИИ в сетевые службы позволяет сети развиваться для поддержки более качественных социальных, коммерческих и технических услуг. Промышленный альянс в сфере искусственного интеллекта всегда будет поддерживать МСЭ в организации конкурсов для сближения технологий ИИ с сетевыми услугами и инфраструктурой.

Цян Чен,
Промышленный альянс в сфере искусственного
интеллекта (AIIA), Китай



Включение в конкурс МСЭ задачи по оценке ММО-канала в миллиметровом диапазоне стало отличным способом начать мою новую программу исследований в Университете штата Северная Каролина. Это привело меня к пониманию того, что чрезвычайно важно объединить сообщества разработчиков ИИ и беспроводной связи, с тем чтобы они говорили на одном языке. Я рада познакомить участников с одной из моих любимых задач в области ММО-связи в миллиметровом диапазоне.

Нурия Гонсалес Преллич,
доцент [NCSU](#), Соединенные Штаты



Министерство внутренних дел и связи Японии признает, что научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области автономных сетей с использованием ИИ/ML чрезвычайно важны для дальнейшего развития сетей 5G и начала внедрения технологий B5G (после 5G). Используя ИИ/ML и соревнуясь в решении различных проблем в области сетей 5G, инженеры внесут большой вклад в развитие информационно-коммуникационных технологий, например в совершенствование технологий ИИ/ML и развитие человеческого потенциала. Международный конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" – чрезвычайно значимое событие.

[MIC](#), Япония



Мы полагаем, что одним из перспективных направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области систем электросвязи последующих поколений (после 5G/6G) будет обеспечение "автономного интеллекта" в сетях, как было сказано на Стратегическом совете "После 5G" Министерства внутренних дел и связи Японии. Мы считаем, что конкурс МСЭ-Т "ИИ/ML для 5G" в точности соответствует этой стратегии и оперативно привлекает к участию в конкурсах молодых ученых всего мира. Это показатель того, что деятельность МСЭ-Т позволяет эффективно определять стратегическое направление НИОКР для создания сверхинтеллектуальных сетей. В Японии организацию регионального конкурса "ИИ/ML для 5G" возглавила Межотраслевая ассоциация научных исследований в области сверхинтеллектуальных сетей (RISING) при полной поддержке со стороны MIC, 5GMP, TTC и отраслевых партнеров – компаний KDDI и NEC. Я очень ценю проводимую МСЭ-Т по всему миру работу по поощрению применения ИИ/ML в электросвязи и надеюсь на успешные результаты этой деятельности.

Акихиро Накао,
профессор Токийского университета ([UTokyo](#)), Япония

Цитаты из выступлений участников конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G"



Мое участие в конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G" позволило мне приобрести практический опыт по соответствующим темам для создания и проектирования будущих беспроводных технологий. В частности, было интересно применить различные методы машинного обучения к элементам будущих механизмов доступа к спектру, которые позволят добиться еще более высоких рабочих характеристик, чем мы имеем сегодня.

Паола Сото-Аренас,
доктор наук, Антверпенский университет, Бельгия



Участие в этом конкурсе дало нам прекрасную возможность проверить и углубить наши знания в области машинного обучения в контексте самых современных технологий, таких как сети 5G. В ходе этого конкурса нам удалось решить некоторые задачи и познакомиться с новыми людьми со всего мира.

Халид Аль-Багами,
инженер по электросвязи, компания
Ericsson, Саудовская Аравия



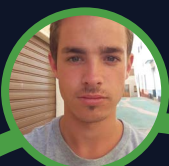
Этот конкурс позволил нам переосмыслить классические подходы к оценке каналов с точки зрения машинного обучения. Я очень рада возможности ознакомиться с результатами других участников.

Долорес Гарсия,
аспирант, IMDEA,
Испания



Я с радостью могу утверждать, что мое участие в конкурсе МСЭ "ИИ/ML для 5G" стало отличным опытом получения знаний. Это была хорошая возможность поработать над научными проблемами в области беспроводной связи и попытаться найти их решение с использованием подходов ИИ/ML.

Мегха Гурурадж Кулкарни,
студент Университета
PES, Индия



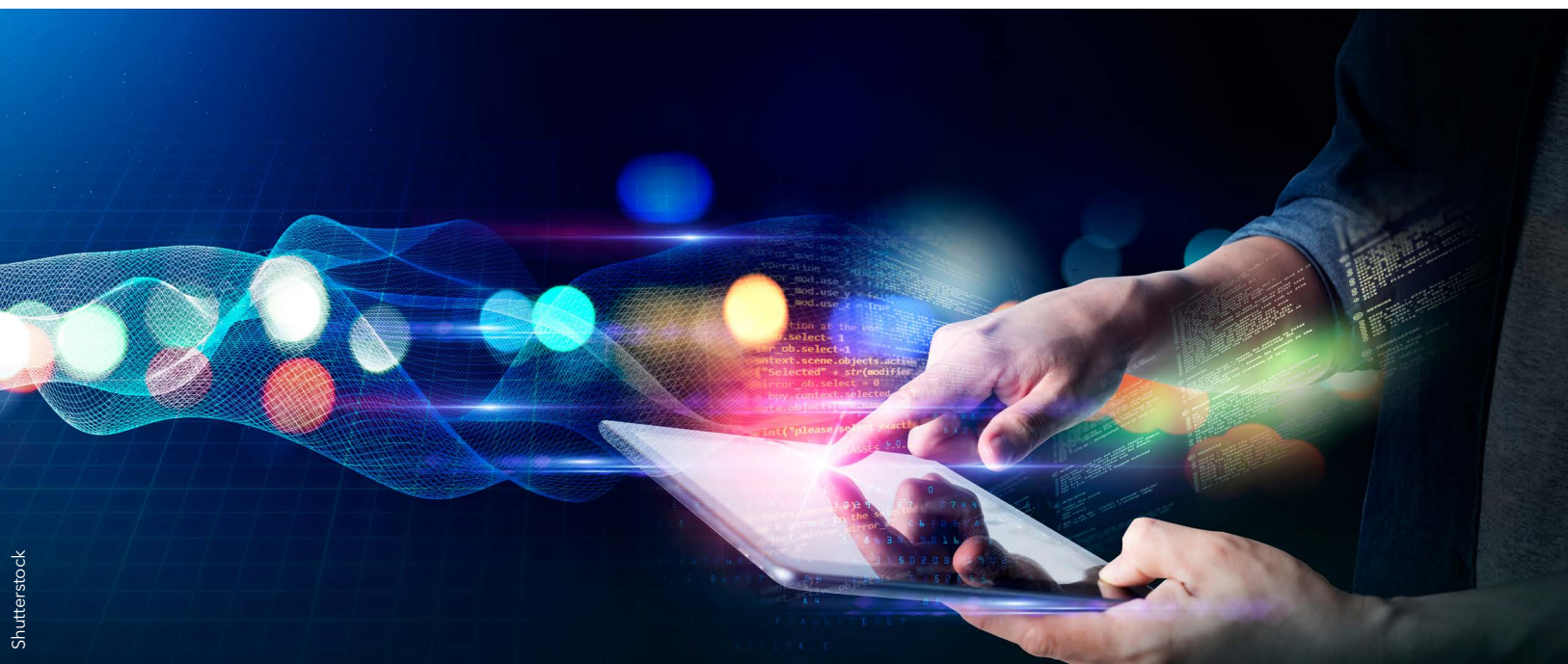
В компании UC3M мы обучили NN-решение прогнозировать пропускную способность сетей WLAN 802.11. Организаторы (UPF) предоставили как наборы данных, так и поддержку в ходе испытаний. Это был чрезвычайно полезный опыт.

Хорхе Мартин Перес,
аспирант, компания
UC3M, Испания



Я занимаюсь медицинскими технологиями, и моя группа работает над применением ИИ в мобильном чат-боте для сетей 5G, предоставляющем информацию о COVID-19. Моя работа охватывает Африку и Европу, и я стремлюсь распространить ее на другие регионы, чтобы влиять на глобальные рынки и на общество, молодежь и стариков. МСЭ проделал фантастическую работу, чтобы собрать вместе столь активных участников и привлечь их к инновациям для решения задач 2020 года.

Махлет Шимелис,
UNDP, Эфиопия/Соединенные Штаты



ИИ/машинное обучение для сверхнадежной связи с малой задержкой

Авторы: **Андрей Кучерявый**, заведующий кафедрой сетей связи и передачи данных, [СПбГУТ](#), ведущий научный сотрудник [НИИР](#), Председатель [ИК11 МСЭ-Т](#); **Аммар Мутханна**, заместитель заведующего кафедрой по научной работе, кафедра сетей связи и передачи данных, СПбГУТ, руководитель лаборатории SDN; **Артем Волков**, исследователь, аспирант, кафедра сетей связи и передачи данных, СПбГУТ, Россия

■ Сети 5G предназначены для интеграции всех достижений сетей подвижной и фиксированной связи в целях обеспечения сверхвысоких скоростей передачи данных, что позволяет предоставлять ряд новых услуг с новыми структурами облачных вычислений, такими как туманные вычисления и периферийные вычисления.

Концепция международной подвижной электросвязи (IMT), приведенная в Рекомендации [M.2083-0](#) МСЭ-R, описывает три сценария использования 5G:

- 1) усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB);
- 2) интенсивный межмашинный обмен (mMTC); и 3) сверхнадежная связь с малой задержкой (URLLC).

Интенсивный межмашинный обмен, понятие "интернета вещей" (Рекомендация МСЭ-Т [Y.2060/Y.4000](#)), относится к триллионам вещей, соединенных и обладающих уникальными идентификаторами, и требует коренного пересмотра традиционных представлений о количестве и объеме баз данных устройств в сети.

Сценарии использования 5G из Рекомендации МСЭ-R "Концепция IMT-2000"



Интернет вещей как движущая сила развития сетевых технологий выдвинул на передний план целый пласт новых услуг, охватывающих все сферы жизни и общества.

Тем не менее, сверхнадежная связь с малой задержкой представляет наиболее серьезные проблемы для научно-технического сообщества. Притом что она может дать жизнь приложениям "тактильного интернета" в таких областях, как телемедицина, автономные транспортные средства и промышленная робототехника, она также приводит к формулированию новых жестких требований к качеству обслуживания (QoS).

Сокращение задержек в сетях 5G и последующих поколений

Мы можем значительно сократить задержки в сетях 5G и последующих поколений, опираясь на инновации в организации сетей с программируемыми параметрами (SDN), виртуализации сетевых функций (NFV) и периферийных вычислениях.

Работая над далеко идущей целью – сокращением задержек до величины менее 1 миллисекунды, чтобы обеспечить возможность использования тактильных приложений, научно-техническое сообщество рассматривает туманные вычисления и периферийные вычисления как ключ к архитектурным подходам в будущих сетях.

Данный процесс представляет собой движение в сторону большего количества и разнообразия сетевых и вычислительных технологий, что приводит к появлению более сложных сетей и более сложному управлению сетями.

Для этого требуется пересмотреть установленные принципы управления сетью.

При этом применяется искусственный интеллект (ИИ) – новые возможности, способные поддерживать высокую степень программируемости и автоматизированное обеспечение благодаря использованию систем оркестровки, совместимых с SDN.

“

В 2020 году приложением тактильного интернета могли стать дистанционно управляемые роботы, помогающие пациентам в больницах, плохо подготовленным к всплескам пандемии COVID-19.

”

Андрей Кучерявый,
Аммар Мутханна,
Артем Волков

ИИ является классом математических алгоритмов и моделей машинного обучения, а также алгоритмов обработки больших данных. Новейшие процессорные технологии позволяют достаточно эффективно реализовывать алгоритмы ИИ.

Растут объемы и разнообразие трафика. Интернет вещей и сверхнадежная связь с малой задержкой предъявляют множество новых требований, а это потребует гораздо большей эффективности в принятии решений, связанных с качеством обслуживания (QoS).

Существующие инструменты QoS не способны выполнять свои задачи на необходимом уровне. При этом большинство решений уже требуют наличия таких прогнозов нагрузки для определенных



Тактильный интернет

Ключевые характеристики приложений тактильного интернета:

- ▶ Децентрализованная сетевая архитектура для предоставления услуг тактильного интернета на периферии сети. (Может ли децентрализация сети снизить цифровое неравенство?).
- ▶ Тактильное взаимодействие в режиме реального времени, соответствующее человеческим ощущениям, требует задержки менее 1 миллисекунды.
- ▶ Цель снижения задержки до величины менее 1 миллисекунды ставит новые жесткие требования к системно-сетевым решениям.

В 2020 году приложением тактильного интернета могли стать дистанционно управляемые роботы, помогающие пациентам в больницах, плохо подготовленным к всплескам пандемии COVID-19.

услуг, которые учитывали бы географические, а также динамические факторы, например передвижение абонентов, в том числе и на высоких скоростях.

Операторам необходимы также полноценные системные

прогнозы развития инфраструктуры, учитывающие скорость внедрения новых технологий, что позволит предоставлять новые услуги через интернет, а также связанные с этим изменения в образе жизни людей.

Новые подходы с использованием ИИ к идентификации трафика с помощью организации сетей с программируемыми параметрами

ИИ может выполнять две задачи, имеющие важнейшее значение для оценки QoS: однозначная идентификация трафика и последующее прогнозирование.

Задача ИИ по идентификации трафика включает необходимость распознавания большого количества типов трафика без введения дополнительных задержек (с учетом сверхнадежных услуг связи с малой задержкой), а также необходимость расширения и адаптации алгоритма ИИ к различным географическим точкам расположения сети и услуг.

Возможности организации сетей 5G с программируемыми параметрами (SDN) обеспечивают применимость новых подходов к идентификации трафика.

Модель машинного обучения, разработанная Санкт-Петербургским университетом (СПбГУТ) в рамках конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G", анализирует метаданные сетевых потоков SDN для идентификации и прогнозирования трафика.

Данный метод идентификации и прогнозирования трафика не вносит задержек в передаваемый трафик на уровне плоскости данных, обеспечивает переносимость аналитических модулей на различные контроллеры SDN, а также может включать дополнительные типы распознаваемого трафика.

Алгоритмы ИИ в сочетании с новыми технологиями построения сетей и облачных вычислений могут оказать значимую поддержку движению в сторону сверхнадежной связи с малой задержкой.

Но основной прорыв в достижении полноценных тактильных приложений, основанных на сверхнадежной связи с малой задержкой, ожидается с новым поколением технологий физического уровня – а именно, квантовых коммуникаций. ■

“

Основной прорыв в достижении полноценных тактильных приложений, основанных на сверхнадежной связи с малой задержкой, ожидается с новым поколением технологий физического уровня.

”

Андрей Кучерявый,
Аммар Мутханна,
Артем Волков



Интеграция ИИ/ML для создания автономных сетей – будущее направление развития оборудования электросвязи последующих поколений

Акихиро Накао, профессор [Токийского университета](#)

■ В последнее время коммерческие услуги 5G были развернуты и используются во всем мире. При этом уже реализуются стратегии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), нацеленные на технологии следующего поколения, то есть 6G.

В Японии эксплуатация услуг 5G началась весной 2020 года, а еще до этого, в январе 2020 года, Министерство внутренних дел и связи (MIC) учредило дискуссионный орган для определения направлений НИОКР в отношении услуг 6G.

В июне 2020 года Стратегический совет MIC "После 5G" представил стратегическое предложение по НИОКР в отношении 6G.

“

Предложения по новой стратегии развития сетей после 5G/6G предусматривают новые ключевые показатели эффективности.

”

Акихиро Накао

Предложения по новой стратегии развития сетей после 5G/6G предусматривают новые ключевые показатели эффективности (KPI), призванные на порядки улучшить целевые параметры существующих беспроводных технологий 5G, такие как широкая полоса пропускания, короткая задержка и большое количество соединений, а также добавить к ним новые элементы, такие как сверхнизкое энергопотребление, безопасность, автономность и возможность развертывания.

Особенно интересны два последних из этих новых элементов, так как задача состоит в том, чтобы создать автоматически работающие сети и расширить сферу электросвязи так, чтобы включить системы, которые прежде считались труднореализуемыми, – станции на высотной платформе (HAPS), подводные станции и т. п.

В последнее время автономные сети с применением технологий машинного обучения (ML) и искусственного интеллекта (ИИ) уже активно обсуждаются. Под автономностью понимается разработка и реализация инфраструктуры связи, способной работать автоматически, без вмешательства человека. Это сеть, работающая в автоматическом режиме, которая предусматривает создание оптимальной сетевой инфраструктуры, выходящей за рамки проводных и беспроводных сетей.

Компания NTT недавно организовала международный форум, посвященный инновационным волоконно-оптическим и беспроводным сетям (IOWN). Хотя концепция включает в себя множество интеллектуальных составляющих, таких как ориентированные на данные сети с низким энергопотреблением и короткой задержкой, целиком основанные на фотонике, основная цель состоит в создании инфраструктуры, автоматически управляемой посредством "умных" алгоритмов, выходящих за рамки человеческого интеллекта и опыта.

Передовые исследования в области связи в Японии

В научной среде Японии центральную роль в проведении передовых исследований в сфере связи играет Институт инженеров в области электроники и информационно-коммуникационных технологий (IEICE).

Мы осознаем необходимость исследований в области автономных сетей для автоматизации операций и автоматического обнаружения и прогнозирования отказов в инфраструктурах информационно-коммуникационных технологий. Это побудило нас организовать межотраслевую исследовательскую группу по сверхинтеллектуальным сетям – RISING, председателем которой я являюсь.

“

Мы осознаем необходимость исследований в области автономных сетей.

”

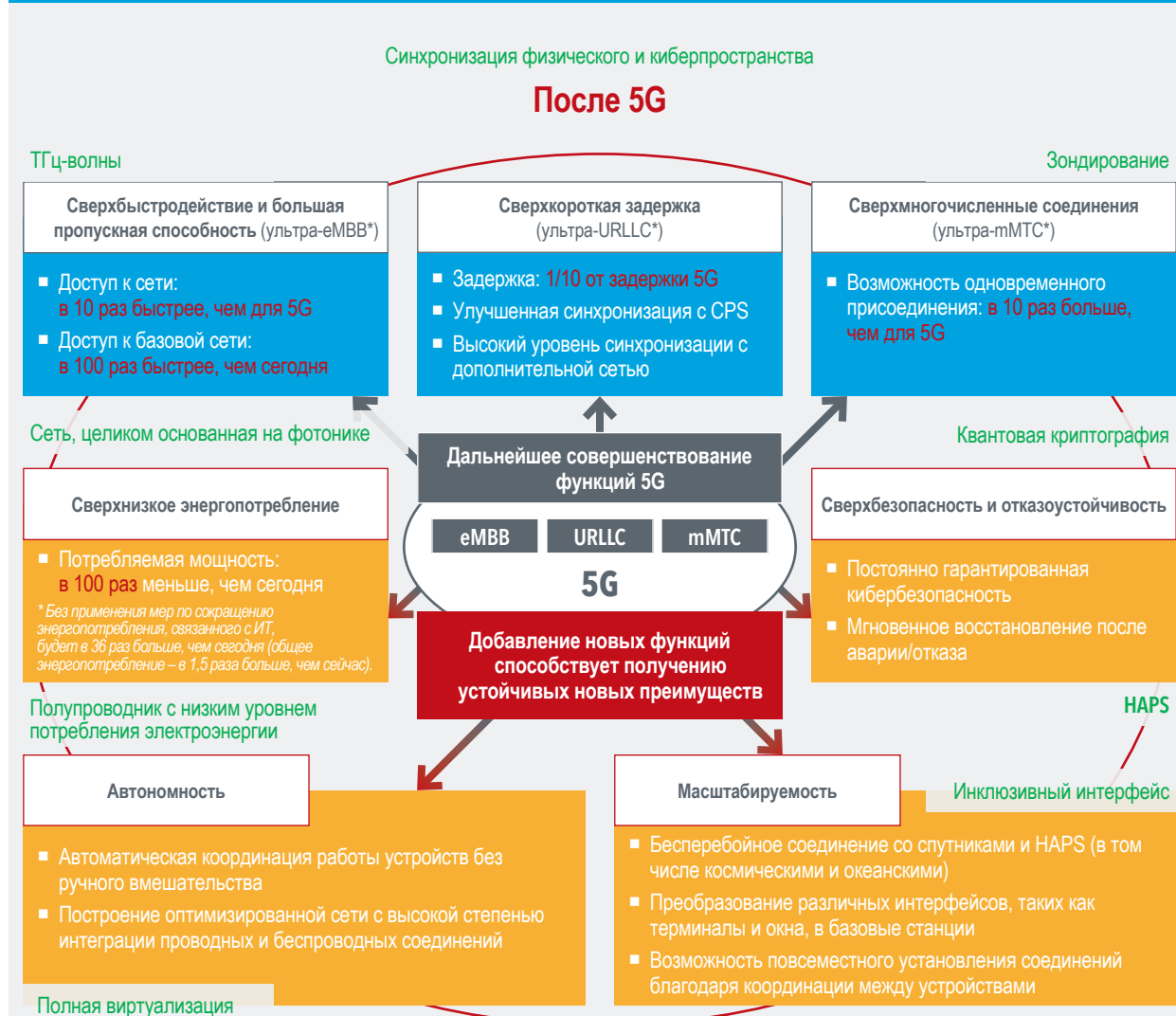
Акихиро Накао

На первом симпозиуме RISING была организована презентация 111 плакатов и проведены групповые дискуссии для информирования многих молодых ученых и студентов. Мероприятие вызвало большой интерес среди ученых, специализирующихся во всех областях технологий инфраструктуры проводной и беспроводной связи.

МСЭ и ИИ и машинное обучение для сетей 5G

Многие заинтересованные стороны в Японии, в том числе Токийский университет, а также отраслевые партнеры приняли участие в работе Оперативной группы МСЭ по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G (OF-ML5G).

Основные особенности сетей после 5G



Слова, выделенные зеленым шрифтом, указывают на области исследований, в которых Япония активно участвует или имеет преимущества.

eMBB – усовершенствованная подвижная широкополосная связь

URLLC – сверхнадежная связь с короткой задержкой

mMTC – массовая связь машинного типа

“

Многие заинтересованные стороны в Японии, в том числе Токийский университет, а также отраслевые партнеры приняли участие в работе Оперативной группы МСЭ по машинному обучению для будущих сетей, включая 5G.

”

Акихиро Накао

Министерство внутренних дел и связи, KDDI, NEC, Hitachi, и NICT – все эти японские организации ведут научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области интеграции инновационных сетей с ИИ и уже сделали немало вкладов в ML5G.

С июля 2020 года проводится конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" – состязание по решению проблем, связанных с применением ИИ/ML в сетях 5G.

Конкурс проводился в Китае, Бразилии, Турции, Ирландии, Индии, Соединенных Штатах и других странах. В нашем регионе его организует коалиция партнеров, таких как TTC и NEC/KDDI, входящих в вышеупомянутое сообщество RISING.

На региональном конкурсе МСЭ в Японии KDDI и NEC представили свои наборы исследовательских задач. Для работы над решением задач из каждого набора зарегистрировалось около 20 команд по четыре человека.

Группа RISING предложила еще один набор задач, относящийся к беспроводной связи.

Мы завершили конкурс в середине октября 2020 года и выберем трех победителей по каждому набору задач. Надеюсь, что мы направим исследователей представлять свои результаты на всемирной конференции, которая будет проходить в МСЭ в режиме реального времени с 15 по 17 декабря 2020 года.

Учитывая целый ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и активное участие в конкурсе МСЭ многих заинтересованных сторон, мы считаем интеграцию ИИ/ML в сети перспективным направлением с точки зрения определения технологий электросвязи последующих поколений, таких как технологии после 5G/6G.

Мы твердо намерены внести свой вклад в исследования и разработки, а также стандартизацию в области интеграции ИИ/ML в технологии электросвязи на протяжении ближайшего десятилетия. ■



Реалистичное моделирование в среде Raymobtime для проектирования физического уровня систем беспроводной связи на основе ИИ

Альдебаро Клаутау, профессор [Федерального университета Пара](#), Бразилия, и Нурия Гонсалес Прелчич, доцент [Университета штата Северная Каролина](#), Соединенные Штаты

■ В инновациях в направлении сетей 5G и последующих поколений прослеживается явная тенденция к обучению на накопленном опыте.

Моделируемая сетевая среда помогает нам исследовать ряд открытых вопросов, имеющих фундаментальное значение для вклада ИИ в технологии беспроводной связи.

Основой для проектирования современных беспроводных систем служили сложные математические модели. Главной движущей силой этой конструкции был человеческий интеллект. Но системы движутся в направлении беспроводных сетей на основе ИИ, ключевую роль в которых играют алгоритмы машинного обучения.

Для разработки решений на основе ИИ необходимы большие и разнообразные наборы данных, позволяющие достичь хорошей обобщающей способности, особенно когда рассматриваются подходы глубокого обучения.

“

В инновациях в направлении сетей 5G и последующих поколений прослеживается явная тенденция к обучению на накопленном опыте.

”

Альдебаро Клаутау и
Нурия Гонсалес-Прелчич



Наборы данных Raymobtime и конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G"

Наборы данных и разумные контрольные показатели имеют важное значение в качестве ориентиров для научно-исследовательской работы. В рамках Raymobtime внимание фокусируется на физическом уровне (PHY), однако теперь благодаря своевременному [конкурсу МСЭ "ИИ/ML для 5G"](#) доступны наборы данных для многих других применений.

На сегодняшний день [здесь](#) имеется 10 наборов данных Raymobtime, в общей сложности по 290K каналам связи.

Подмножество этих наборов данных помогает участникам конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G" решить следующие две задачи.

- ▶ **Задача ML5G-PHY [выбор луча]** предполагает наличие системы миллиметрового диапазона (mmWave) в сети, связывающей транспортное средство с инфраструктурой с использованием аналоговой архитектуры MIMO. Модель ML, которую предстоит разработать, принимает входные параметры, такие как параметры, показанные на рисунке 2, и выводит индексы наилучшей пары лучей.
- ▶ **Задача ML5G-PHY [оценка канала]** состоит в решении одной из самых сложных проблем на физическом уровне 5G – сбор информации о каналах для установления линий миллиметрового диапазона с учетом гибридной архитектуры MIMO. Сюда входит оценка частотно-избирательного канала по небольшому количеству принятых обучающих пилот-сигналов.

Две эти задачи относятся к ключевым проблемам 5G, ценные решения для которых может предоставить машинное обучение; другими примерами служат выбор пользователя, адаптация канала и совместное позиционирование/установление соединения.

Некоторые приложения глубокого обучения в сетях 5G, такие как обнаружение аномалий на основе показателей эффективности работы маршрутизаторов и других компонентов сети, полагаются на данные, имеющиеся в изобилии.

Использование же машинного обучения для проектирования физического уровня зависит от доступных данных о каналах.

Создание беспроводной инфраструктуры и прототипов для проведения обширных кампаний по измерению каналов в

целях накопления этих данных невозможно ввиду ограниченных финансовых ресурсов и времени. Не говоря уже о том, что некоторые проектные решения необходимо принять еще до создания системы.

В этом контексте важное значение приобретает реалистичное моделирование.

Оно не заменяет прототипы и измерения полностью, но позволяет быстро осуществлять инновации, обеспечивая среду для эффективной оценки новых алгоритмов.

Как наборы данных Raymobtime помогают участникам конкурса МСЭ "ИИ и машинное обучение для 5G"

Методика Raymobtime призвана обеспечить реалистичное моделирование каналов связи с использованием трассировки лучей (**ray-tracing**), принимая во внимание подвижность (**mobility**) приемопередатчиков и рассеивателей радиоволн и их изменение во времени (**evolution over time**).

Приняв разумные значения интервалов дискретизации между отдельными сценами (снимками текущего состояния), с помощью трассировки лучей можно моделировать каналы связи с согласованием по времени, частоте и расстоянию. Эти каналы помогают, например, оценить методы отслеживания каналов на основе машинного обучения (ML) для алгоритмов со многими пользователями и многоканальными входами/выходами (MIMO).

Но наборы данных Raymobtime не ограничиваются каналами связи.

Вследствие все более широкого использования в системах связи информации в них применяется дополнительное программное обеспечение для составления мультимодальных наборов данных.

На рисунке 1 показано, как в рамках Raymobtime моделирование трассировки лучей впервые совмещено с программным обеспечением трехмерной компьютерной графики. Результатом становится информация о канале связи, "спаренная" с соответствующей визуальной информацией, полученной с видеокамеры и/или из облака точек датчика лазерного обнаружения и измерения дальности (LIDAR). Для моделирования

камер и датчиков LIDAR используются пакеты ПО с открытым исходным кодом Blender и BlenSor. Для трассировки лучей используются коммерческие решения Wireless InSite компании Remcom и Winprop компании Altair.

Raymobtime также позволяет разрабатывать алгоритмы на основе данных для конкретных районов города.

Чтобы получить в Raymobtime реалистичные данные для сценариев вне помещений, создаются 3D модели зданий, улиц и других неподвижных объектов в этом районе с использованием инструментов Cadmapper и OpenStreetMap. Движущиеся объекты, такие как автомобили, пешеходы и БПЛА, также моделируются в 3D, а их

положением в различных сценах управляет имитатор подвижных городских объектов (SUMO) с открытым исходным кодом.

SUMO позволяет вводить реалистичную статистику трафика и облегчает изучение сезонных аспектов, таких как колебание числа пользователей и трафика данных в определенных районах в течение дня.

Управление взаимодействием между всеми пакетами ПО осуществляется на языке Python – широко распространенном языке программирования ИИ, который также позволяет вводить этапы извлечения свойств и моделирования ИИ, как показано на рисунке 1.

Рисунок 1. Блок-схема, иллюстрирующая применяемое программное обеспечение и использование наборов данных Raymobtime для разработки решений на основе машинного обучения в области связи

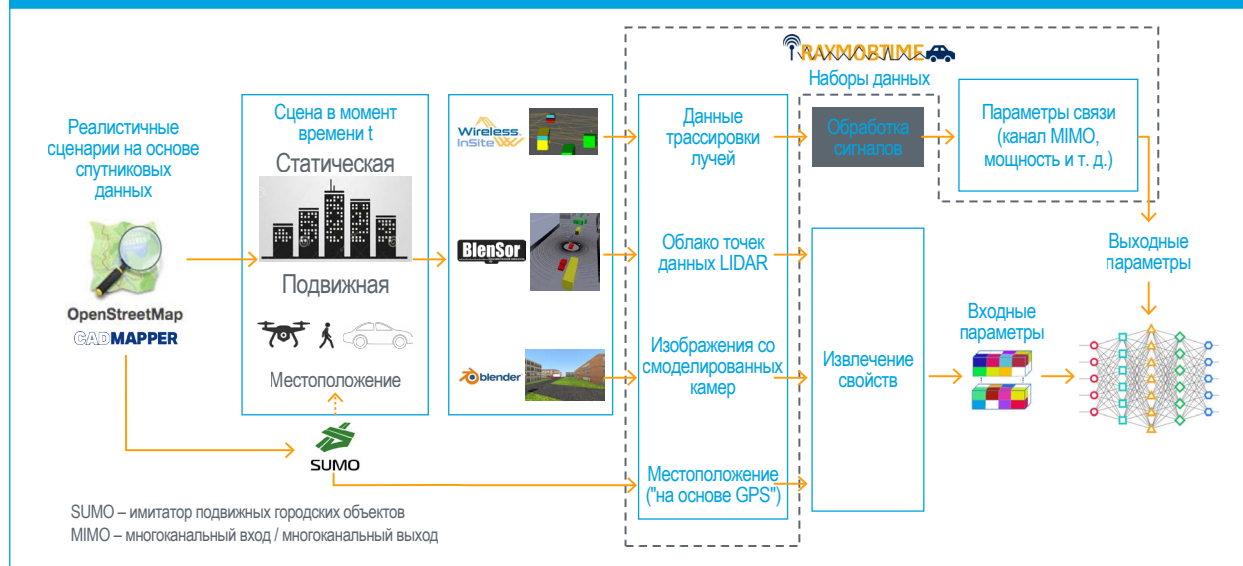


Рисунок 2. Пример 3D-сценария с уменьшенным количеством граней для сокращения времени трассировки лучей. Транспортные средства на исследуемой улице выделены яркими цветами



Исследования в целях совершенствования методики Raymobtime

Многочисленное использование трассировки лучей и других методов моделирования может привести к потреблению значительных вычислительных ресурсов из-за широкого разброса масштабов времени.

Канал беспроводной связи может измениться за десятки миллисекунд, даже если такие объекты, как автомобили, почти не движутся.

Время трассировки лучей зависит от сложности 3D-сцены, которая

связана с общим количеством граней (моделирующих визуализацию объектов).

Количество граней в 3D-сцене можно уменьшить, чтобы ускорить трассировку лучей и обеспечить более плавное моделирование, как, например, на рисунке 2, где число граней уменьшено для более плавного моделирования зданий на спутниковых изображениях города.

Продолжаются исследования по оптимизации компромисса между скоростью трассировки лучей и точностью 3D-сцен для связи с использованием ИИ.

Еще одной задачей по совершенствованию Raymobtime является назначение каждой грани или объекту, составляющим 3D-сцену, определенного материала.

Каждый материал обладает определенными электромагнитными свойствами, оказывающими воздействие на трассировку лучей и, следовательно, на канал связи. Первоначально методика Raymobtime обеспечивала простое моделирование с двумя материалами, как показано на рисунке 3.

В версии 2 Raymobtime будет поддерживаться автоматическое присвоение материалам электромагнитных свойств. К тому же она будет основана на усовершенствованных механизмах 3D-графики, используемых для создания

наборов данных по большему количеству мест, что позволит проводить исследования в контексте трансферного обучения.

Такая интеграция систем связи и виртуальной реальности будет использоваться и в исследованиях гибридных моделей каналов, в которых трассировка лучей сочетается со статистическими моделями каналов. ■

Рисунок 3. Добавление реализма в описание 3D-сценариев для моделирования беспроводной связи



Статическая трассировка лучей с прямоугольными формами



Raymobtime



Raymobtime, версия 2.0



Повышение надежности машинного обучения и доверия к нему с помощью имитаторов сети и стандартизации

Франческ Вильгельми, научный сотрудник Каталонского центра технологий электросвязи (CTTC), Испания

■ Имитаторы сети могут сыграть ключевую роль в повышении надежности машинного обучения (ML) и доверия к нему. Но для этого инновации в направлении сетей 5G и 6G с поддержкой машинного обучения должны предусматривать интеграцию совместимых систем тестирования.

В ближайшем будущем могут быть созданы по-настоящему автономные, безопасные и надежные системы связи с поддержкой машинного обучения. И имитаторы сети будут способствовать их созданию. Но для успешного внедрения имитаторов требуется определить и стандартизировать взаимодействующие компоненты.

В настоящее время благодаря софтверизации и виртуализации сетевых функций становится возможной интеграция имитаторов в автономные сети с поддержкой машинного обучения.

“

Имитаторы сети могут сыграть ключевую роль в повышении надежности машинного обучения и доверия к нему.

”

Франческ Вильгельми

Что касается имитаторов сети, то имеется множество проприетарных инструментов и инструментов с открытым исходным кодом (например, ns-3, OMNET++, OPNET) для описания различных типов сценариев, технологий и сетевых функций.

Но соединение всех этих инструментов представляет собой чрезвычайно сложную задачу – задачу, которую можно решить лишь путем определения и реализации стандартизованных интерфейсов.

При решении задач оптимизации в будущих сетях с поддержкой машинного обучения функциональная совместимость позволит беспрепятственно взаимодействовать объектам в различных доменах, таким как сетевые функции, репозитории машинного обучения и поставщики данных.

Междоменная функциональная совместимость станет одним из основных факторов, содействующих созданию будущих полностью автономных сетей, и в ближайшее время необходимо создать условия для такой совместимости.

Почему именно ML5G?

Все более широкое применение машинного обучения в сетях электросвязи вызвано большими объемами неиспользуемых данных и внутренней сложностью новых сценариев использования, таких как связь транспортных средств с различными объектами (V2X), интенсивный межмашинный обмен (mMTC), а также расширенная реальность и высококачественная видеосвязь.

Эти сценарии в значительной мере различаются по требованиям к мобильности, количеству задействованных устройств, а также к полосе пропускания и задержке. В сложных сетях 5G можно добиться существенного повышения эффективности благодаря способности механизмов ML к обучению сложным шаблонам и адаптации к различным контекстам и областям применения.

Например, нейронные сети быстро приобретают популярность в области обработки сигналов благодаря их способности характеризовать неизвестные модели каналов.

Преодоление барьеров на пути к повышению надежности ML и доверия к нему с помощью имитаторов

Механизмы машинного обучения могут производить нелинейные выходные данные, например выполняя функции прогнозирования, что приводит к вопросам о надежности результатов работы этих **черных ящиков**.

Пожалуй, наиболее известными среди таких черных ящиков являются модели глубокого обучения для решения задач с многомерными пространствами, где точность модели обычно зависит от ее сложности. Чем выше сложность набора данных, тем больше нейронов и скрытых уровней требуется модели глубокого обучения, что затрудняет возможность интерпретации и объяснения результатов.

Кроме того, в зависимости от характеристик конкретного сценария использования обучающие данные могут быть скудными, зашумленными и даже непостоянными, что ставит под сомнение **надежность** моделей машинного обучения и их устойчивость. Для очень сложных моделей также могут потребоваться значительные вычислительные ресурсы, которые не всегда доступны.

Рассмотрим сеть связи V2X, где решающее значение имеет безопасность, а подключенные транспортные средства и мобильные устройства создают сложную радиочастотную среду. Машинное обучение помогает справиться с этой сложностью, но нехватка данных и вычислительных ресурсов может привести к ненадлежащему поведению модели и ухудшить ключевые показатели эффективности, от которых зависит внедрение машинного обучения в сети.

Исследования в области "объяснимого ИИ" (explainable AI) являются перспективными в плане укрепления доверия к результатам работы нейронных сетей и других сложных методов ИИ, но в ближайшей перспективе мощные инструменты для повышения доверия к машинному обучению способны предоставить имитаторы сети. Их также можно интегрировать в системы связи с поддержкой машинного обучения.

Имитаторы сети – это **экономически эффективный инструмент** для воспроизведения поведения систем связи – от протоколов связи до физических явлений, связанных с распространением сигналов.

Имитаторы сети можно интегрировать в сети на основе машинного обучения для выполнения следующих функций:

- **проверки** выходных данных моделей машинного обучения перед их применением в действующей сети;
- **генерирования** синтетических данных для обучения моделей ML, которые можно использовать для восполнения недостатка данных или для расширения наборов обучающих данных;
- **обучения** моделей машинного обучения в определенной области имитации, что особенно полезно для исключения эффектов, связанных с исследованиями методом онлайн-обучения;
- **выдачи экспертных заключений** по работе моделей машинного обучения в определенных ситуациях (например, при инициализации, узконаправленных исследованиях, разрыве связей).

Чтобы проиллюстрировать возможные применения имитаторов в будущих системах связи, рассмотрим пример реализации приемопередатчика на основе нейронных сетей.

Для повышения точности такого рода решений имитаторы сети могут генерировать синтетические данные, характеризующие поведение человека, и таким образом пополнять наборы данных, используемые для обучения. Это мотивирует разработку новых стандартизированных наборов данных и инструментов, в том числе имитаторов сети; полученные

“

Стандарты МСЭ предоставляют инструментарий для внедрения методов машинного обучения в сети 5G.

”

Франческ Вильгельми

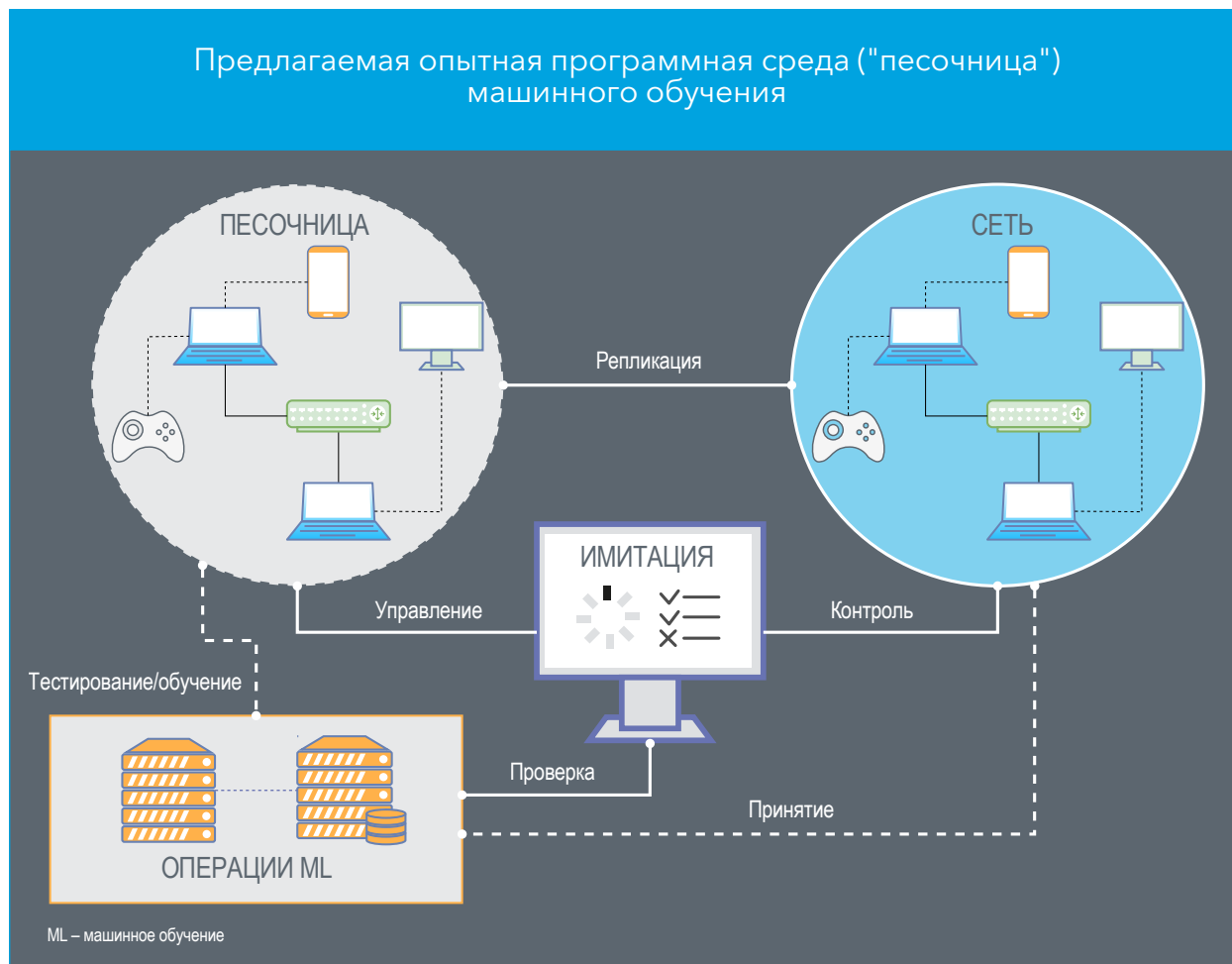
таким образом наборы синтетических данных сыграли важную роль в решениях, представленных на конкурсе МСЭ "ИИ/машинное обучение для 5G".

Гибкая архитектура с поддержкой машинного обучения МСЭ и предлагаемая опытная программная среда ML

Стандарты МСЭ предоставляют инструментарий для внедрения методов машинного обучения в сети 5G.

Особенно актуальна Рекомендация МСЭ Y.3172, определяющая архитектурную основу гибкой интеграции машинного обучения в сети.

В качестве средства повышения доверия к приложениям машинного обучения в архитектуре с поддержкой машинного обучения МСЭ Y.3172 предусмотрена изолированная опытная программная среда ("песочница") ML.



Опытная программная среда ML позволяет тестировать, обучать и оценивать модели машинного обучения в безопасной среде перед их применением в действующих сетях.

Имитаторы сети являются важной частью опытной программной среды машинного обучения, эффективно и гибко воспроизводя различные модели поведения сети и сценарии.

В продолжающихся исследованиях МСЭ определяет требования, архитектуру и интерфейсы предлагаемой опытной программной среды машинного обучения. ■



Научно-исследовательские проекты по развитию образования и распознаванию речи в Нигерии

Джеймс Агаджо, доцент и руководитель исследовательской группы WINEST отделения вычислительной техники, **Абдуллахи Сани Шуайбу** и **Блессед Гуда**, студенты, [Федеральный технологический университет Минны](#), Нигерия

■ В марте 2019 года в рамках участия в Оперативной группе МСЭ по машинному обучению для будущих сетей, включая сети 5G ([OF-ML5G](#)), наша исследовательская группа по технологиям беспроводных сетей и встроенных систем (WINEST) приступила к исследованию на тему "Сценарии использования и решения для перехода к сетям IMT-2020/5G на развивающихся рынках".

Цель нашей работы состоит в том, чтобы определить, как машинное обучение может помочь развивающимся странам сделать технологический скачок, чтобы воспользоваться преимуществами новых и будущих сетей, оптимизируя при этом потребление энергии, покрытие сети и расходы на электросвязь.

Совершенствование образования в Африке

В рамках этого исследования мы предложили проект "Учебный класс на основе ИИ", призванный повысить качество начального образования в Африке.

Этот проект реализуют студенты под руководством Джеймса Агаджо, руководителя исследовательской группы WINEST в Федеральном технологическом университете Минны, Нигерия.

“

В рамках этого исследования мы предложили проект "Учебный класс на основе ИИ", призванный повысить качество начального образования в Африке.

”

Джеймс Агаджо,
Абдуллахи Сани Шуайбу и
Блессед Гуда,
Федеральный
технологический
университет Минны,
Нигерия

С помощью систем обработки естественного языка (NLP) на основе ИИ фразы, произносимые в классе учащимися и учителями, обрабатываются в периферийной сети в целях извлечения ключевых слов с сохранением анонимности говорящего.

Эти ключевые слова передаются в обученную систему-классификатор на центральном сервере, которая может порекомендовать увлекательный медиаконтент, предлагая учащимся интуитивно понятные примеры в поддержку объяснений учителя. Этот медиаконтент отображается на цифровом дисплее в классе. Система призвана помогать учителям начальной школы в их работе, а не заменить их.

Важнейшим условием успешной разработки учебного класса на основе ИИ является наличие действующей библиотеки распознавания речи.

Найти ее оказалось нелегко.

Автоматическое распознавание речи для Африки

Мы искали бесплатную библиотеку распознавания речи, способную работать локально и отвечающую требованию сохранения конфиденциальности пользователей. Учитывая многообразие языков, на которых говорят в Нигерии и в Африке в целом, библиотека должна уметь хорошо обрабатывать фразы на английском языке, произносимые с самыми разнообразными акцентами.

Мы рассмотрели множество программных библиотек, но ни одна из них не удовлетворяла всем этим требованиям.

В связи с этим наша исследовательская группа WINEST в феврале 2020 года запустила новый проект по разработке системы распознавания речи, способной удовлетворить уникальные требования проекта учебного класса на основе ИИ.

Этот проект стал результатом обсуждений, связанных с презентацией нашего проекта учебного класса на основе ИИ на [седьмом Региональном семинаре-практикуме для Африки на тему "Стандартизация будущих сетей: повышение уровня соединения Африки"](#), который проходил в

Абудже (Нигерия) 3-4 февраля 2020 года. Семинар был организован группой специалистов МСЭ по вопросам стандартизации будущих сетей и облачных вычислений [13-й Исследовательской комиссии Сектора стандартизации электросвязи МСЭ-T](#).

Отзывы специалистов, полученные на семинаре в Абудже, послужили стимулом к запуску в Нигерии пилотного проекта по разработке системы автоматического распознавания речи (ASR) для Африки.

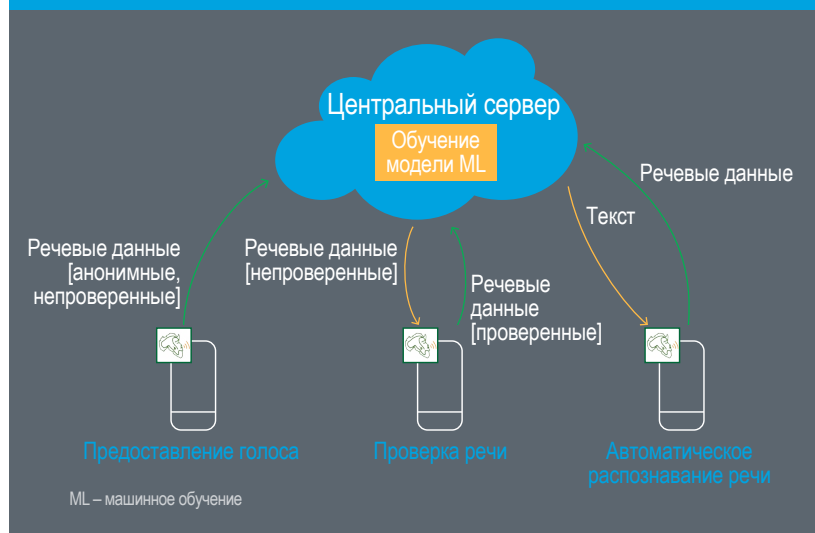
Мы собираем речевые данные и разрабатываем механизм ASR для создания прототипа, способного стать ориентиром для разработки системы, готовой к развертыванию на рынке.

Для сбора необходимых данных мы разработали мобильное приложение Wazobia, в рамках которого нигерийские "доноры голоса" зачитывают отображаемый текст и – анонимно – безвозмездно предоставляют эту запись.

Название Wazobia – это комбинация из трех слогов, составляющих слово "приди" на языках трех крупнейших лингвистических групп Нигерии – йоруба (wa), хауса (zo) и игбо (bia).

Речевые данные хранятся на сервере – по умолчанию как "непроверенные" – в ожидании проверки этих данных добровольцами методом краудсорсинга через мобильное приложение Wazobia. Эта проверка дает булевые оценки точности транскрипции записанной речи механизмом ASR.

Архитектура проекта автоматического распознавания речи для Африки



На сегодняшний день в рамках проекта собран речевой корпус общей продолжительностью свыше трех часов более чем от 170 доноров голоса.

Этап проектирования системы ASR для Африки включает предварительную обработку данных, обучение и разработку программного обеспечения. В проекте используется инструментальный ASR Wav2letter++, а в качестве эталонной реализации – научная статья по искусственному интеллекту из Facebook.

Мы продолжаем работу по сегментации и предварительной

обработке собранных данных для контролируемых и частично контролируемых систем машинного обучения с участием или частичным участием учителя, но в качестве исходного языка проект ASR для Африки пока принимает только английский.

По мере развития проекта ASR мы стремимся добавлять в качестве исходных африканские языки и планируем стимулировать это ключевое направление инноваций, представив свой речевой корпус африканских языков на будущих конкурсах МСЭ по применению ИИ и машинного обучения в сетях 5G и последующих поколений.

Искусственный интеллект и машинное обучение помогут Африке справиться с пандемиями

На будущих конкурсах МСЭ по применению ИИ/машинного обучения в сетях 5G мы также планируем представить новое приложение с поддержкой машинного обучения для отслеживания контактов на базе технологии Bluetooth®.

Этот проект приложения для отслеживания контактов при пандемии (РТА) направлен на создание моделей прогнозирования подверженности риску заражения, обученных на данных от анонимных пользователей [см. таблицу].

Сбор данных для приложения по отслеживанию контактов при пандемии

Расстояние по прямой между устройствами пользователя

Мощность сигнала Bluetooth

Модель устройства пользователя

Версия операционной системы

В помещении/вне помещения (судя по окружающему освещению)

Радиопомехи (беспроводная локальная сеть)



Предлагаемый сценарий развертывания приложения РТА предусматривает ввод данных, собранных от пользователей, находящихся в зоне видимости Bluetooth®, и не требует установки приложения всеми пользователями. Однако когда РТА установлено на двух устройствах, соединенных через Bluetooth®, можно получить более подробную картину окружающей среды, добавив данные от гироскопов и акселерометров мобильных устройств.

При разработке предлагаемого приложения РТА будут соблюдаться следующие руководящие принципы.

1. Отслеживание контактов будет универсальным, с настраиваемыми параметрами для адаптации к будущим пандемиям.
2. Будут использоваться соответствующие функции существующих систем, но приспособленные для применения в Африке.
3. В конструкцию войдут механизмы сохранения конфиденциальности.
4. Приложение будет определять надлежащую степень предоставления данных сверх предпочтений в отношении конфиденциальности, указанных пользователем в устройстве.

Данные для обучения будут относиться к пандемиям согласно рекомендациям Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и других органов здравоохранения. Полученные модели прогнозирования подверженности риску (обученные и установленные с центрального сервера) также будут относиться к пандемиям.

В настоящее время мы ведем сбор необходимых данных и планируем представить эти данные на будущих конкурсах МСЭ по применению ИИ и машинного обучения в сетях 5G и последующих поколений. ■



Почему для получения новых данных нам нужны новые партнерства

Игнасио Родригес Ларрад, научный сотрудник лаборатории беспроводных сетей связи [Университета Ольборга](#), Дания

■ На конкурсе МСЭ "ИИ/машинное обучение (ML) для 5G" различные отраслевые и академические организации представили свыше 20 сформулированных задач. Участники со всего мира соревнуются в поиске алгоритмов на основе нейронных сетей, приводящих к оптимальному решению.

Сформулированные задачи сгруппированы по разным направлениям, связанным с такими темами, как сеть, безопасность, операторы или вертикальные рынки.

В будущих конкурсах МСЭ "ИИ/ML для 5G" сформулированных задач, несомненно, станет значительно больше. Технологии ИИ и машинного обучения все шире применяются в сетях промышленных предприятий и учебных заведений, и конкурс МСЭ "ИИ/ML для 5G" будет привлекать все больше и больше студентов, исследователей и инженеров.

“

Большой финал конкурса в декабре – захватывающее событие.

”

Игнасио Родригес Ларрад

Большой финал конкурса в декабре – захватывающее событие, которое, несомненно, прольет новый свет на то, каким образом технологии ИИ и машинного обучения помогут нам оптимизировать работу в сети.

Новые партнерства для расширения доступа к данным

Главной проблемой, стоящей перед инновациями в области искусственного интеллекта и машинного обучения, остается доступ к высококачественным данным.

Ввиду трудностей, связанных с доступом к данным из действующих сетей, в ходе конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G" важную роль сыграли синтетические наборы данных, созданные с помощью моделирования. И хотя некоторые из задач были весьма актуальны и хорошо сформулированы, в них отсутствовали какие бы то ни было источники данных – участникам приходилось искать и предоставлять свои собственные наборы данных в рамках разрабатываемых ими решений.

Большинство сформулированных задач были открыты для международных участников, но некоторые ограничены рамками национальных конкурсов. Однако необходимо понимать, что данные принадлежат учреждению, которое их предоставляет, и, следовательно, на них распространяются внутренние/национальные

экспортные правила и законы о защите данных.

Законодательные нормы, деловые отношения и характер данных – все это в значительной степени влияет на доступность данных, а доступность данных в значительной степени влияет на успех международных конкурсов, подобных конкурсу МСЭ "ИИ/ML для 5G".

Это также подчеркивает важность конкурса МСЭ "ИИ/ML для 5G" для обеспечения доступности данных.

МСЭ старается привлечь новые организации, готовые предложить свои сформулированные задачи и поделиться данными с международным сообществом.

Для создания точных функциональных алгоритмов ML/ИИ необходимы высококачественные исходные данные.

Идеальными исходными данными для алгоритмов ML/ИИ были бы обширные наборы данных из действующих сетей. Однако в настоящее время чрезвычайно трудно получить такие наборы данных от операторов коммерческих сетей. Для сбора, обработки и обеспечения анонимности конкретных данных требуются определенные усилия. Операторам необходимо защищать конфиденциальность своих клиентов, и они неохотно делятся данными, содержащими критически важную для их бизнеса информацию о рабочем состоянии или характеристиках их сетей.

“

Для создания точных функциональных алгоритмов ML/ИИ необходимы высококачественные исходные данные.

”

Игнасио Родригес Ларрад

В ближайшие годы ключевую роль в сборе данных для обработки алгоритмами ML/ИИ будут по-прежнему играть исследовательские сети – реальные действующие сети, управляемые государственными научно-исследовательскими организациями.

Для сбора данных из исследовательских сетей также требуются определенные усилия и, как правило, последующая обработка и обеспечение анонимности собранных данных, но с исследовательскими сетями возникает меньше сложностей, когда дело доходит до обмена наборами данных с другими организациями.

Научно-исследовательские организации всего мира участвуют в движении за открытые данные, причем научное сообщество выступает за открытый доступ к данным экспериментальных исследований и связанным с ними результатам научных исследований и статьям.

Однако построить исследовательскую сеть непросто.

Если исследовательские сети, работающие в нелицензируемом спектре, такие как сети Wi-Fi, или беспроводные сети интернета вещей (IoT), такие как LoRa, довольно распространенное явление, то в системах сотовой связи 4G или 5G это редкость.

Такие сети обходятся гораздо дороже, и научно-исследовательские организации будут зависеть от спонсорской поддержки и тесного сотрудничества с поставщиками и операторами.

Как университет Ольборга сотрудничает с отраслевыми предприятиями для оснащения своей лаборатории "умного" производства AAU 5G

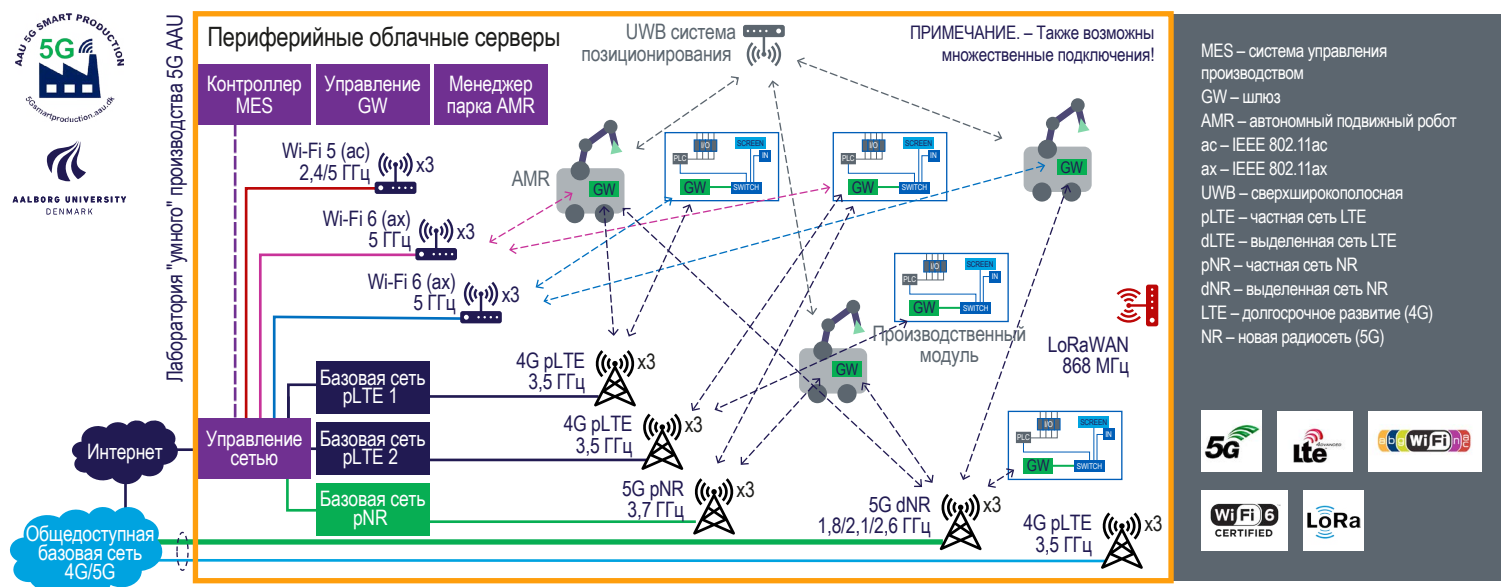
Примером исследовательской сети с большим потенциалом ML/ИИ, созданной в государственном научно-исследовательском институте в сотрудничестве с поставщиками и операторами, может служить одна из самых передовых беспроводных сетей поколения Индустрия 4.0 в Европе, разработанная университетом Ольборга (AAU) в Дании.

Недавно учрежденная лаборатория "умного" производства 5G AAU – это небольшая промышленная

исследовательская лаборатория, имеющая доступ к широкому спектру действующего промышленного производственного оборудования от разных поставщиков, включая модули производственных линий, роботы-манипуляторы и автономные подвижные роботы.

Исследовательская лаборатория, сотрудничающая с Nokia Bell Labs и оператором электросвязи Telenor Denmark, оснащена сетями 4G (две частные сети), 5G (одна автономная частная сеть) и Wi-Fi 6 (две сети). Это позволяет ученым AAU и промышленным партнерам вместе работать над интеграцией и тестированием передовых промышленных систем интернета вещей для предприятий будущего.

Лаборатория "умного" производства 5G AAU



Лаборатория также оснащена исследовательской сетью LoRa, спонсируемой компанией Cibicom Denmark, и сверхширокополосной системой позиционирования.

Все исследовательские беспроводные сети в лаборатории связаны между собой через центральный выделенный интерфейс управления сетью, который позволяет осуществлять не только управление и настройку различных сетей, но и контроль и трассировку сетевых данных на выделенных периферийных облачных серверах.

Возможность записи сетевой информации без ограничений одновременно с измерениями с различных пользовательских устройств открывает перед ААУ и участниками международного научного сообщества, работающими

над приложениями ИИ и машинного обучения в сети, новые возможности для исследований.

Давайте вместе расширять нашу работу

Исследовательские сети, созданные совместно научно-исследовательскими организациями и промышленными предприятиями, способны создавать обширные и актуальные наборы данных о работе различных технологий в самых разных областях. Эти данные могут оказаться чрезвычайно полезными для разработки и оптимизации передовых решений в беспроводных сетях, ориентированных на различные потребности в услугах связи в реальных сценариях использования промышленного интернета вещей. ■

Недавно основанная лаборатория "умного" производства ААУ 5G



Источник: Университет Ольборга, Дания, 2020 год.

Оборудование лаборатории "умного" производства ААУ 5G



Источник: Университет Ольборга, Дания, 2020 год.

Индустрия 4.0



Источник: techstartups.com, 2020.



Оркестровка функций машинного обучения для сетей связи будущих поколений

Шагуфта Хенна, преподаватель информатики
Технологического института Леттеркенни, Ирландия

■ Операторы сетей пятого и последующих поколений заинтересованы в том, чтобы задействовать потенциал машинного обучения (ML) для решения сложных задач с использованием больших объемов данных.

Однако им приходится прилагать немалые усилия для интеграции машинного обучения в свои сети, и часто для создания конвейера ML, то есть всей цепочки процессов от сбора данных до внедрения модели, они обращаются к специалистам по обработке и анализу данных. Конвейер ML, если он не оркестрован и не управляется должным образом, может создать проблемы. К тому же отсутствие стандартизированных механизмов оркестровки ML может привести к очень сложному и дорогостоящему решению.

“

Операторы сетей пятого и последующих поколений заинтересованы в том, чтобы задействовать потенциал машинного обучения (ML) для решения сложных задач с использованием больших объемов данных.

”

Шагуфта Хенна

К другим проблемам в контексте сетей будущих поколений относятся обновление модели ML, оптимизация модели, построение цепочки конвейера ML, контроль эффективности функционирования конвейера ML, оценка, разделение конвейера, внедрение конвейера ML на основе политики, а также управление работой в сети нескольких экземпляров конвейера ML и ее координация.

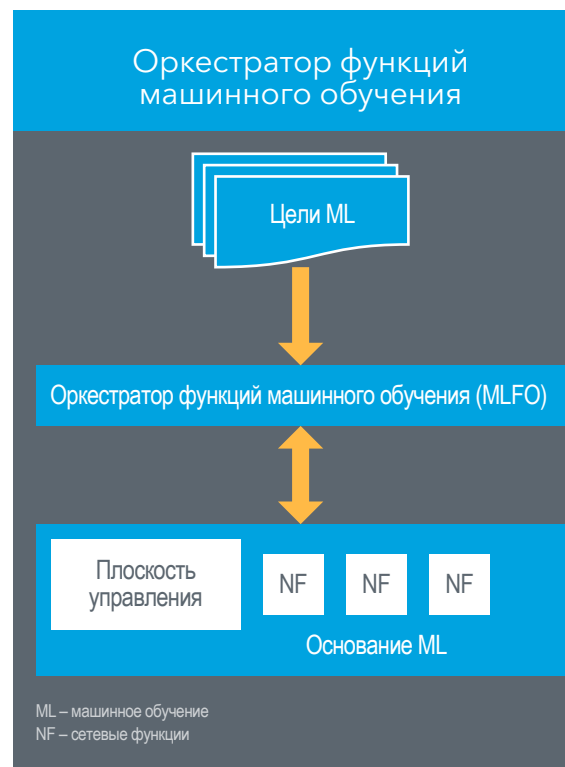
Для этих сложных операций требуются инструменты, поддерживающие работу с большими данными, которые способны собирать, хранить и предварительно обрабатывать данные для обучения моделей ML. В настоящее время крупные компании, включая Uber, Netflix, Google, Facebook и Airbnb, принимают усилия по решению некоторых из вышеперечисленных проблем с помощью специальных платформ для оркестровки ML.

Однако их решения направлены на управление конвейером ML внутри своей компании и не удовлетворяют требованиям сценариев использования в других сетях 5G и последующих поколений. Для создания собственных решений по оркестровке ML требуются значительные инвестиции, а их преимущества не приносят реальной отдачи в масштабе всей отрасли.

Решение проблем с помощью оркестратора функций машинного обучения

Основная цель оркестратора функций машинного обучения (MLFO) в соответствии с проектом Рекомендации Сектора стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) "Требования, архитектура и конструкция для осуществления функции машинного обучения" заключается в преодолении вышеупомянутых проблем интеграции, оркестровки и управления узлами конвейера, а также зависимостей в конвейере ML при одновременном снижении эксплуатационных расходов. Оркестратор предоставляет унифицированную архитектуру для облегчения оркестровки сквозных рабочих процессов ML, то есть процессов сбора данных, предварительной обработки, обучения, логического вывода, оптимизации и внедрения модели. Он способен отслеживать и оценивать экземпляры конвейера ML в целях оптимизации их работы.

Задача оркестратора – скрыть сложные внутренние детали организации работы узлов конвейера ML, предоставляя пользователям и разработчикам абстрактную модель с помощью высокоуровневых интерфейсов прикладного программирования (API), как показано на рисунке. Архитектура оркестратора обеспечивает гибкость, возможность повторного использования и расширение конвейера



ML для адаптации к происходящим быстрыми темпами изменениям в узлах конвейера.

В будущем планируется рассмотреть распределенную реализацию оркестратора, отличающуюся минимальными накладными расходами и сложностью. Кроме того, будет интересно протестировать концепции, связанные с оркестратором функций машинного обучения, в различных сценариях использования в сетях 5G и последующих поколений. ■

Возможности для спонсоров в 2021 году

Каковы преимущества спонсирования конкурса МСЭ "ИИ/машинное обучение для 5G" в следующем году?

Размещение торговой марки в течение всего года

- на веб-сайте конкурса
- в рамках успешной серии вебинаров МСЭ "ИИ/ML для 5G"
- на заключительном мероприятии конкурса

Возможности реализации программ

Возможности, связанные с вниманием СМИ

Наставничество

Индивидуальные рабочие семинары-практикумы

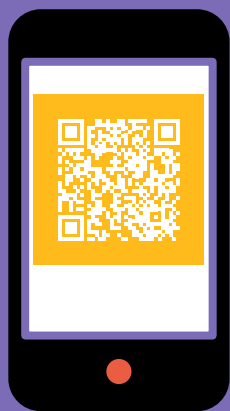


Если вы заинтересованы в том, чтобы стать спонсором конкурса МСЭ "ИИ/машинное обучение для 5G" в 2021 году, обратитесь по адресу: ai5gchallenge@itu.int

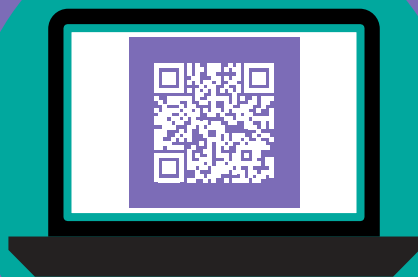
Знакомьтесь с новым // // Будьте в курсе

Станьте участником

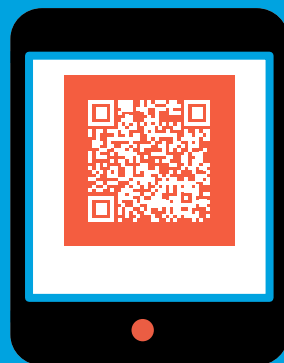
// Основные тенденции в области ИКТ во всем мире //
Идеи ведущих экспертов в области ИКТ //
// Последние новости о мероприятиях и инициативах МСЭ //



//
Каждый вторник
//



//
Регулярно обновляемые
блоги
//



//
Выходит шесть раз в год
//



//
Следите за подкастами
//



//
Получайте последние новости
//

Присоединяйтесь
к онлайн-сообществам
МСЭ в предпочитаемой вами
социальной сети