

# Об управлении трафиком в Умном городе

О.Н. Покусаев, Д.Е. Намиот, А.Е. Чекмарев

**Аннотация**— В этой статье речь идет об управлении транспортными потоками в Умном городе. Необходимость обеспечивать функционирование и устойчивое развитие городов в условиях роста и диверсификации транспортных потоков приводит городские власти по всему миру к осознанию необходимости систем управления транспортом и транспортными потоками. Сейчас уже недостаточно имеющихся на уровне отдельных транспортных компаний систем управления. Городские службы должны иметь доступ ко всем транспортным данным, причем не только в режиме отчетности, но и в режиме управления. Город должен иметь возможность, при необходимости, устанавливать приоритетность в движении, перенаправлять потоки и т.д. При этом речь идет обо всех транспортных средствах в городе, включая современные самокаты и беспилотники. Одно из самых первых решений в этой области – это стандарт Open Mobility Foundation, активно внедряемый в США и некоторых городах Европы.

**Ключевые слова**—цифровой двойник, транспорт, моделирование.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Хорошо известно, что автомобили вносят значительный вклад в загрязнение воздуха в городах. Соответственно, управление транспортом в городе является одной из обязательных задач в плане поддержки экологии и обеспечения городского развития. Такое управление невозможно без сбора информации о транспортных потоках в городе. Логично предположить, что должен быть единый источник данных (хранилище информации), который содержит информацию обо всех перевозках. Городское управление предполагает, конечно, не только сбор и анализ данных, но и управление этим процессом. Обсуждению таких систем и посвящена данная статья.

Известно, что основным вызовом для загрязнения атмосферного воздуха во всех мегаполисах мира является автомобильный транспорт. 90% всех вредных выбросов в атмосферу осуществляют автомобили [1].

На транспорт во всем мире приходится 26% выбросов CO<sub>2</sub>. И основным (81%) здесь является вклад автомобильного транспорта. В академической литературе отмечается, что автомобильные выбросы есть источник большего загрязнения воздуха, чем любой другой вид человеческой активности [2]. Соответственно, управление транспортом в городе

является одной из обязательных задач в плане поддержки экологии и обеспечения городского развития [3].

Управление транспортными потоками очень важно с точки зрения безопасности. В чрезвычайных ситуациях важна согласованная работа всех городских служб для наиболее эффективного использования всех возможных ресурсов. Соответственно, для городских служб очень важно координировать действия, устанавливать приоритеты для транспортных средств и т.д. Это не исключает и запреты, при необходимости, каких-то маршрутов или вообще использования определенных видов транспорта. Эпидемия COVID наглядно это подтвердила [4].

При этом, естественно, что у всех транспортных субъектов в городе существуют свои собственные платформы для управления транспортом. Их размеры, значение и роли только увеличиваются со временем. Собственно говоря, такого рода платформы и есть часть (суть) цифровизации процессов [5]. Эти платформы могут быть достаточно развитыми, они могут оказывать (и оказывают) серьезное влияние на соответствующие бизнесы [6]. Такие платформы существуют для разных (всех) видов транспорта, включая железнодорожный [7]. При этом, конечно, необходимо отметить, что данная статья написана с точки зрения ИТ-систем, а в реальности здесь существует еще и огромная правовая деятельность по регуляции таких систем [8].

Вместе с тем, очевидно, что изолированные системы управления и аналитики ведут к тому, что называется силосом – изолированным данным [9, 10]. К тому же, если участники рынка и готовы делиться, например аналитическими отчетами о функционировании транспортных систем [11], то внешнее управление (фактически – вмешательство в их деятельность), естественно, не встречает их понимания.

В настоящей статье рассматривается одна из первых попыток представить городским службам единую систему управления транспортными потоками - инициатива Open Mobility Foundation [12].

Оставшаяся часть статьи структурирована следующим образом. В разделе II приводится описание Open Mobility Foundation. В разделе III обсуждается платформа “Mobility Data Specifications” (MDS).

Статья получена 12 марта 2021.

О.Н. Покусаев – РУТ (МИИТ); РОАТ (e-mail: o.pokusaev@rut.digital).

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова; РУТ (МИИТ) (e-mail: dnamiot@gmail.com)

А. Е. Чекмарев - РУТ (МИИТ) (email: a.chekmarev@rut.digital)

## II. OPEN MOBILITY FOUNDATION

Открытый в 2019 году фонд Open Mobility Foundation описывает себя как «частно-государственный форум», призванный помочь местным органам власти получить контроль над своими дорогами у частных мобильных компаний, используя большие данные и открытый код. Центральная часть миссии OMF состоит в том, чтобы управлять новым стандартом данных о мобильности. Этот стандарт – MDS - Mobility Data Specifications был предложен департаментом транспорта Лос-Анджелеса. В настоящее время MDS получает в режиме реального времени обширную информацию о статусе самокатов без док-станции и общих велосипедов. Многие другие города в США (Майами, Сиэтл, Портленд, Сан-Франциско, Остин, Миннеаполис и другие), а также некоторые города в Европе [13] приняли этот стандарт.

Еще до выпуска стандарта, города по всему миру начали использовать MDS как инструмент, обеспечивающий связь между городами и поставщиками услуг мобильности. Сегодня города Европы, такие как Брюссель, Рим и Париж используют MDS.

С помощью MDS OMF также применяет интересный новаторский подход к разработке спецификации, полагаясь на методы разработки с открытым исходным кодом. Разработка ведется на GitHub, а фонд входит в OASIS Open [14]. Эта организация, которая традиционно была организацией по разработке стандартов (SDO), с Open Projects решила на конвергенцию открытого исходного кода и стандартизации.

В последнее время все больше европейских городов становятся членами OMF: Дублин, Ульм и государственный проект ODIN (Открытые данные о мобильности в Северной Европе) [15] стали полноправными участниками инициативы, что свидетельствует о повышенном интересе и принятии в Европе.

Как возможный сценарий работы городского управления транспорта для того же Лос-Анджелеса, описывается гипотетическая ситуация, когда крупная авария парализовала магистраль, но городские службы, имея информацию обо всей дорожной ситуации, смогли предоставить оптимальный маршрут для машины Скорой помощи на выезде, в том числе, за счет того, что уведомили соответствующим образом все подключенные беспилотные автомобили о необходимости пропуска специального транспорта. Фактически – отвели их на время в сторону.

В современном городе имеется множество традиционных средств перемещения (общественный транспорт, личные автомобили, такси, городские железные дороги и т.д.), появляются новые (car-sharing, электросамокаты и т.д.). В перспективе дроны и

аэротакси также будут относиться к городскому транспорту. Это означает, что город должен собирать информацию о таких поездках. Именно обо всех поездках, и не только в историческом разрезе, а и в реальном времени. Информация должна быть обезличена в плане пользователей (водителей, пассажиров), но в ней должны присутствовать тип транспортного средства, время начала (окончания) поездки и начальная (конечная) точка маршрута.

Информацию о маршрутах, естественно, собирают транспортные компании. При заказе такси – фиксируется маршрут. Кар-шеринговая компания знает, где пользователь сел в автомобиль и где он его покинул. Для аренды велосипеда (самоката) известно, где его взял пользователь, и где он его оставил. Вся эта информация нужна таким компаниям непосредственно для осуществления их основной деятельности. В первую очередь, на основании таких данных выставляются счета пользователям. Во-вторых, это, естественно, нужно для управления парком собственных средств – где в каждый конкретный момент времени находятся основные средства (имущество) компании.

Получается, что для оптимизации использования транспорта на уровне города нужна такая же и информация, но уже на уровне города. Эта информация должна приходиться от различных компаний, каждая из которых может использовать (и использует) свои собственные ИТ-системы. Соответственно, первой задачей становится выработка стандартов для предоставления таких данных.

Информация, которая будет получаться в реальном времени, позволит городу реализовать так называемый цифровой двойник для городской мобильности.

Большинство публикаций, посвященных цифровым двойникам (типичные примеры – работы [16, 17]) как раз и посвящены именно эксплуатации.

Цифровой двойник может рассматриваться как расширение давно известных систем имитационного моделирования. Системы имитационного моделирования (дискретно-событийные, непрерывные) широко используются уже более 50 лет. У них уже достаточно богатая история применения, в том числе, и для моделирования транспортных систем. Естественно, что любое моделирование начинается с имеющихся данных, и любая система транспортного моделирования должна сделать какие-то предположения о своих входящих потоках. Собственно говоря, моделирование и заключается в оценке работы системы при разных исходных данных.

Цифровой двойник, согласно классическому определению – это цифровая копия живого или искусственного физического объекта [18]. Термин цифровой двойник относится к цифровой копии потенциальных и реальных физических активов (физический двойник), процессов, людей, мест, систем и устройств, которые могут использоваться для различных целей. Цифровые двойники призваны облегчать

средства контроля, понимания и оптимизации функций всех физические активы, обеспечивая беспрепятственную передачу данных между физическим и виртуальным миром [18].

По факту, цифровой двойник можно представлять, как передачу (поставку) реальных данных в имитационную модель. Но есть и отличия.

Все цифровые двойники, потенциально, имеют дело с разнородными и многомерными данными, поступающими из разных источников. Естественно, что в таком случае эти данные не поступают сами по себе, и для цифрового двойника должна быть характерна поддержка множества соединений. Это необходимо для получения данных от физического объекта, а также от внешних сервисов. Эти связи представлены на рисунке 1.

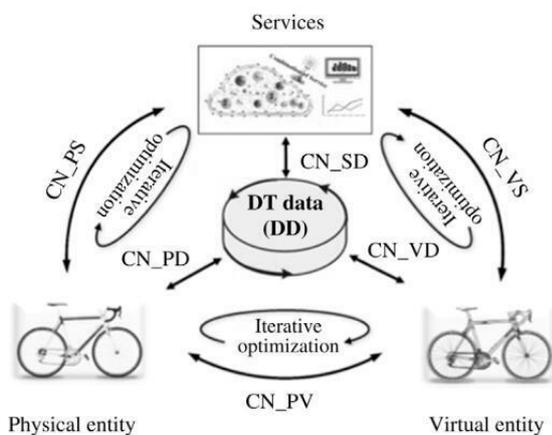


Рис. 1. Соединения в цифровом двойнике [19]

Основное отличие цифрового двойника от имитационной модели может быть сформулировано следующим образом. Моделирование – это анализ “что будет если ...”, тогда как цифровой двойник – это “что происходит сейчас и что будет если ...”.

Цифровой двойник – это моделирование в реальном времени. Традиционное моделирование выполняется в виртуальных средах, которые могут представлять физические среды, но не объединяют данные в реальном времени. Регулярная (постоянная) передача информации между цифровым двойником и соответствующей физической средой делает возможным моделирование в реальном времени. Это повышает точность прогнозных аналитических моделей, а также качество управления и мониторинга [20].

Аккумуляция больших наборов данных в цифровом двойнике повышает его значимость по сравнению с имитационной моделью. Цифровой двойник становится неотъемлемой частью процесса эксплуатации физического объекта, который используется для прогнозной аналитики, технического обслуживания и т.п. В итоге, цифровой двойник влияет на физический

объект, например, предоставляет данные для его улучшения, оптимизации процессов и т.п. Чисто имитационные модели, как правило, используются только на этапе проектирования [20].

По определению (видению) Open Mobility Foundation «В будущем каждый город должен управлять своим собственным цифровым двойником, который предоставит основные данные, от которых зависят услуги мобильности». И далее – в качестве основополагающих принципов проектирования указывается, что работа OMF будет «основана на модели «цифрового двойника», которая определяет, что муниципалитеты владеют и контролируют окончательную цифровую модель данных о городской мобильности». Наличие виртуальной копии реальных потоков мобильности – для скутеров и мотоциклов, автомобилей, беспилотных автомобилей и дронов позволит местным органам власти как отслеживать движения отдельных транспортных средств, так и, до некоторой степени, контролировать их движение.

Естественно, что на этом пути немедленно возникли вопросы приватности данных. Как уже указывалось выше, все транспортные компании в обязательном порядке собирают и анализируют такого рода данные. Но делается это ими для своих собственных целей. Эти цели могут не совпадать с целями города. Частные компании могут иметь свой собственный взгляд на то, что есть (и главное – как осуществляется) управление движением.

Основой для проекта в Лос-Анжелесе послужило понимание того, во что город может превратиться с беспилотными автомобилями. Например, они легко могут блокировать улицы или даже районы города. Именно отсюда возникла идея о постоянном информировании о своем местонахождении: “наша работа заключается в том, чтобы перемещать людей и товары как можно быстрее и безопаснее, но мы можем сделать это только в том случае, если у нас будет полная картина того, что и где находится на наших улицах”.

### III. MOBILITY DATA SPECIFICATIONS

Спецификация данных о мобильности (MDS) – это стандарт для обмена данными между операторами мобильности и городами или другими регулирующими органами. Состоящий из нескольких API-интерфейсов, он позволяет агентствам анализировать данные операторов мобильной связи в стандартизированном формате, а также осуществлять регулирование в цифровом виде. Изначально был ориентирован на самокатах без док-станции, велосипедах и каршерингах. Вместе с тем MDS может расширяться до дополнительных видов транспорта и услуг.

MDS состоит из нескольких API: Provider, Agency, Policy, Geography, Metrics, Jurisdiction.

Provider API предназначен для реализации операторами мобильности (перевозчиками).

Регулирующие органы могут использовать API провайдера, чтобы запросить историческую информацию о поездках и статусе транспортного средства.

Agency API разработан для внедрения регулирующими органами. Провайдеры запрашивают API агентства, когда в их системах происходят определенные события, такие, например, как начало поездки. Это позволяет агентствам отслеживать службы мобильности в режиме реального времени.

Policy API политики предназначен для внедрения регулирующими органами. Он содержит любые местные

правила, которые может установить агентство, которые влияют на работу сервисов мобильности. Например, возможно установить более низкий предел скорости для скутеров в центре города или запретить им проезд в определенном квартале во время работы уличного рынка. В отличие от API агентства, его не нужно запрашивать в режиме реального времени. Спецификация MDS предусматривает, что отдельные регулирующие органы будут определять минимальные интервалы обновления, достаточные для информирования операторов мобильности об изменениях правил.

Диаграмма состояний изображена на рисунке 2

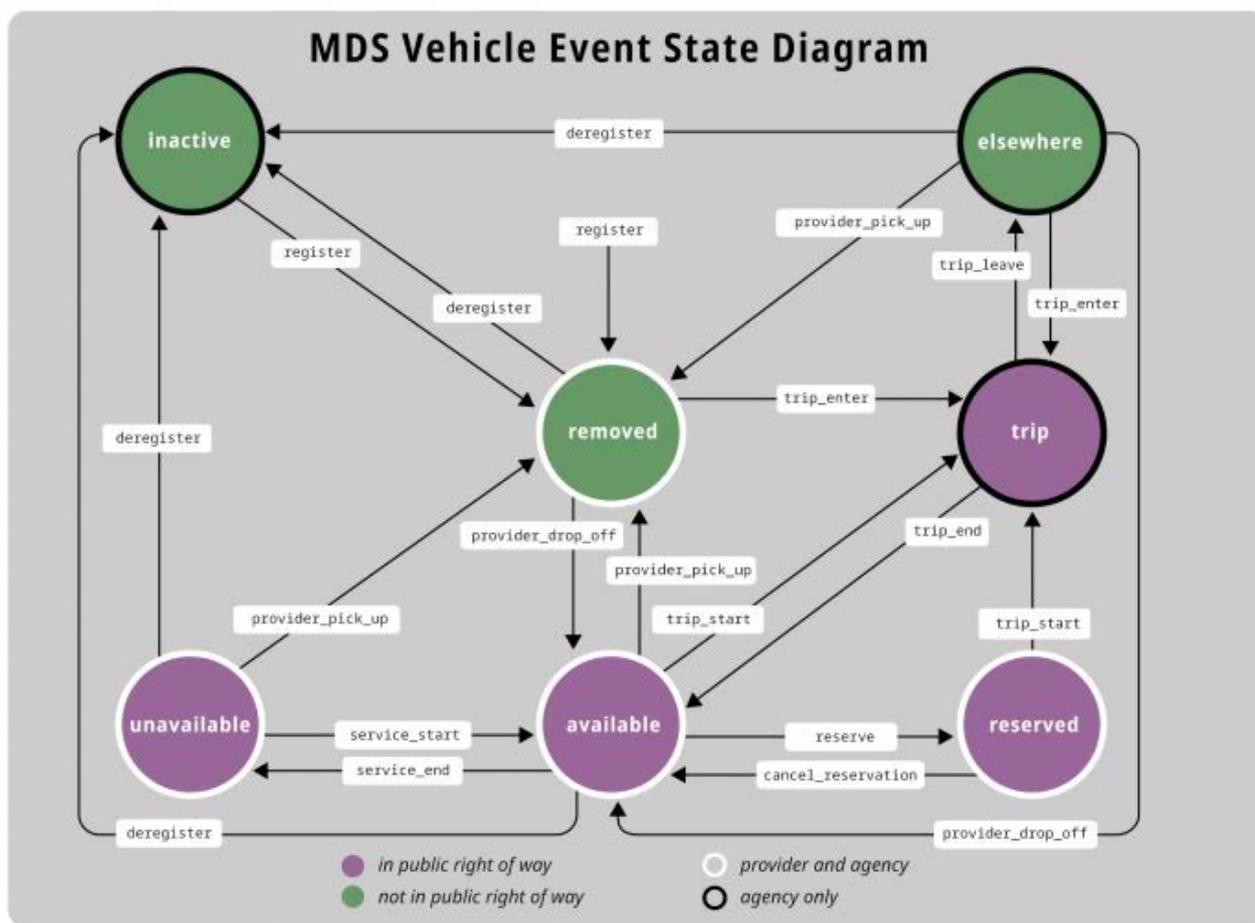


Рис. 2. Диаграмма состояний [21]

API Geography предназначен для внедрения регулирующими органами и использования поставщиками услуг мобильности. Поставщики запрашивают API, чтобы получить информацию о географических регионах для нормативных и других целей. Впервые он был выпущен в октябре 2019 года и изначально был включен в спецификацию Policy.

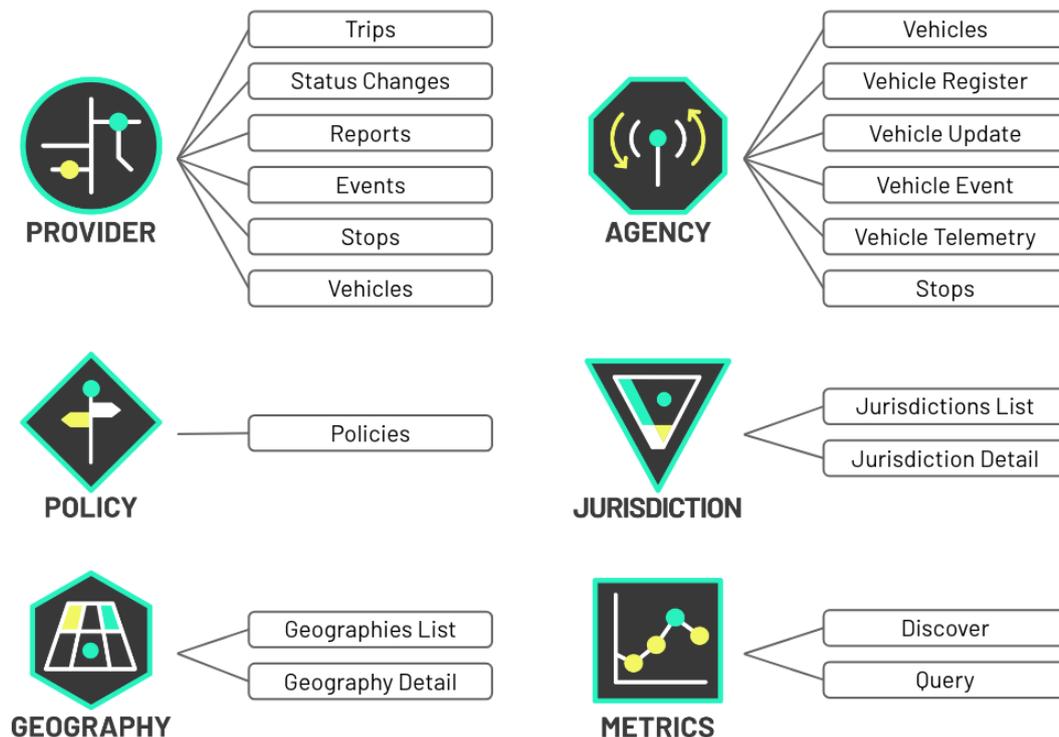
API Jurisdiction предназначен для внедрения регулирующими органами, которым необходимо координировать действия друг с другом. Конечные точки юрисдикции позволяют городам согласовывать границы между собой и с поставщиками услуг мобильности. Первая версия API была выпущена в

марте 2021 года. Это показывает, как быстро развивается данная спецификация [22].

API Metrics предназначены для внедрения регулирующими органами или назначенными ими сторонними представителями, чтобы иметь стандартный способ единообразного описания доступных метрик и создания расширяемого интерфейса для запроса метрик MDS. Впервые он также был выпущен в марте 2021 года.

Как видно из этого описания, MDS активно развивается, и это реально представляет самый актуальный на сегодняшний день уровень управления транспортными потоками в городе.

Более детальное содержание предлагаемых API представлено на рисунке 3.



#### IV ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье кратко рассмотрен подход Open Mobility Foundation по управлению транспортными потоками на уровне города. Проблемы, которые решает эта система, абсолютно аналогичны проблемам, которые существуют, например, в Москве. Точно также есть частные компании такси и кар-шеринга, у всех таких компаний есть свои собственные цифровые платформы, и все они, в общем, независимы от городских служб. И точно также перед городским управлением стоит задача эффективного управления транспортом. Соответственно, Open Mobility Foundation является, по крайней мере, хорошим прототипом решения, которое можно использовать для построения системы управления транспортными потоками в городе.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Абдуллина Л. А. Экологическая безопасность эксплуатации автомобиля на уличной сети города // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования. – 2012. – С. 223-226.
- [2] McBain, Bonnie, et al. "Reducing the ecological footprint of urban cars." *International Journal of Sustainable Transportation* 12.2 (2018): 117-127.
- [3] Куприяновский В. П. и др. О работах по цифровой экономике // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – Т. 12. – №. 1. – С. 243-249.
- [4] Axhausen K. W. COVID19 and a sustainable transport system // ETH Klimarunde. – IVT ETH Zurich, 2020.
- [5] Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Синягов С. А. Демистификация цифровой экономики // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – Т. 4. – №. 11.
- [6] Cramer J., Krueger A. B. Disruptive change in the taxi business: The case of Uber // *American Economic Review*. – 2016. – Т. 106. – №. 5. – С. 177-82.
- [7] Kupriyanovsky V. et al. On Internet of Digital Railway // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – Т. 4. – №. 12. – С. 53-68.
- [8] Montero J. J. *Regulating transport platforms: The case of carpooling in Europe // The governance of smart transportation systems*. – Springer, Cham, 2019. – С. 13-35.
- [9] Dmitry, Namiot, and Sneps-Snepe Manfred. "On m2m software platforms." *International Journal of Open Information Technologies* 2.8 (2014).
- [10] Куприяновский В. П. и др. Цифровая экономика и Интернет Вещей – преодоление силоса данных // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2016. – Т. 4. – №. 8. – С. 36-42.
- [11] Liu M., Brynjolfsson E., Dowlatabadi J. Do digital platforms reduce moral hazard? The case of Uber and taxis // *Management Science*. – 2021.
- [12] Open Mobility Foundation <https://www.openmobilityfoundation.org/>
- [13] Open Mobility Foundation Europe <https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatory-osor/news/open-mobility-foundation>
- [14] Oasis Open <https://www.oasis-open.org/>
- [15] OPEN MOBILITY DATA IN THE NORDICS <https://nordicopenmobilitydata.eu/>
- [16] Khajavi, Siavash H., et al. "Digital twin: vision, benefits, boundaries, and creation for buildings." *IEEE Access* 7 (2019): 147406-147419.
- [17] Kurganova, Nadezhda, et al. "Digital twins' introduction as one of the major directions of industrial digitalization." *International Journal of Open Information Technologies* 7.5 (2019): 105-115.
- [18] El Saddik, Abdulmotaleb. "Digital twins: The convergence of multimedia technologies." *IEEE multimedia* 25.2 (2018): 87-92.
- [19] Qi, Qinglin, et al. "Enabling technologies and tools for digital twin." *Journal of Manufacturing Systems* (2019).
- [20] Namiot, Dmitry, et al. "Digital twins and discrete-event simulation systems." *International Journal of Open Information Technologies* 9.2 (2021): 70-75.
- [21] MDS [https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Mobility\\_Data\\_Specification](https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Mobility_Data_Specification)
- [22] MDS Github <https://github.com/openmobilityfoundation/mobility-data-specification>

# On traffic management in the Smart City

Oleg Pokusaev, Dmitry Namiot, Alexander Chekmarev

**Abstract—** This article is about traffic management in a Smart City. The need to ensure the functioning and sustainable development of cities in the face of growth and diversification of traffic flows leads city authorities around the world to realize the need for transport and traffic management systems. The management systems available at the level of individual transport companies are no longer sufficient. City services should have access to all transport data, not only in reporting mode, but also in management mode. The city should be able, if necessary, to prioritize traffic, redirect traffic, etc. In this case, we are talking about all vehicles in the city, including modern scooters and drones. One of the earliest solutions in this area is the Open Mobility Foundation standard, which is being actively implemented in the United States and some European cities.

**Keywords—** digital twin, transport, modeling.

## REFERENCES

- [1] Abdullina L. A. Jekologicheskaja bezopasnost' jekspluatacii avtomobilja na ulichnoj seti goroda //Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodopol'zovanija. – 2012. – S. 223-226.
- [2] McBain, Bonnie, et al. "Reducing the ecological footprint of urban cars." *International Journal of Sustainable Transportation* 12.2 (2018): 117-127.
- [3] Kuprijanovskij V. P. i dr. O rabotah po cifrovoj jekonomike //Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. – 2016. – T. 12. – #. 1.- S. 243-249.
- [4] Axhausen K. W. COVID19 and a sustainable transport system //ETH Klimarunde. – IVT ETH Zurich, 2020.
- [5] Kuprijanovskij V. P., Namiot D. E., Sinjagov S. A. Demistifikacija cifrovoj jekonomiki //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 11.
- [6] Cramer J., Krueger A. B. Disruptive change in the taxi business: The case of Uber //American Economic Review. – 2016. – T. 106. – #. 5. – S. 177-82.
- [7] Kuprijanovskij V. et al. On Internet of Digital Railway //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 12. – S. 53-68.
- [8] Montero J. J. Regulating transport platforms: The case of carpooling in Europe //The governance of smart transportation systems. – Springer, Cham, 2019. – S. 13-35.
- [9] Dmitry, Namiot, and Sneps-Sneppe Manfred. "On m2m software platforms." *International Journal of Open Information Technologies* 2.8 (2014).
- [10] Kuprijanovskij V. P. i dr. Cifrovaja jekonomika i Internet Veshhej-preodolenie silosa dannyh //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – #. 8. – S. 36-42.
- [11] Liu M., Brynjolfsson E., Dowlatabadi J. Do digital platforms reduce moral hazard? The case of Uber and taxis //Management Science. – 2021.
- [12] Open Mobility Foundation <https://www.openmobilityfoundation.org/>
- [13] Open Mobility Foundation Europe <https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatory-osor/news/open-mobility-foundation>
- [14] Oasis Open <https://www.oasis-open.org/>
- [15] OPEN MOBILITY DATA IN THE NORDICS <https://nordicopenmobilitydata.eu/>
- [16] Khajavi, Siavash H., et al. "Digital twin: vision, benefits, boundaries, and creation for buildings." *IEEE Access* 7 (2019): 147406-147419.
- [17] Kurganova, Nadezhda, et al. "Digital twins' introduction as one of the major directions of industrial digitalization." *International Journal of Open Information Technologies* 7.5 (2019): 105-115.
- [18] El Saddik, Abdulmotaleb. "Digital twins: The convergence of multimedia technologies." *IEEE multimedia* 25.2 (2018): 87-92.
- [19] Qi, Qinglin, et al. "Enabling technologies and tools for digital twin." *Journal of Manufacturing Systems* (2019).
- [20] Namiot, Dmitry, et al. "Digital twins and discrete-event simulation systems." *International Journal of Open Information Technologies* 9.2 (2021): 70-75.
- [21] MDS [https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Mobility\\_Data\\_Specification](https://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php/Mobility_Data_Specification)
- [22] MDS Github <https://github.com/openmobilityfoundation/mobility-data-specification>.