

Процесс выявления и обработки критических сценариев дорожных ситуаций в формате OpenX

А.А. Мишкина, Д.Р. Ларин, А.С. Королев

Аннотация — Процесс выявления и обработки критических сценариев (КС) дорожных ситуаций играет важную роль при разработке высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС), поскольку позволяет повысить их безопасность и адаптивность к реальным условиям эксплуатации. Современные системы автоматического управления (САУ) ВАТС требуют проверки корректности реакции на широкий спектр дорожных ситуаций, включая КС. Без детального анализа КС невозможно обеспечить высокий уровень безопасности ВАТС, особенно в сложных условиях городского и загородного движения, в которых встречаются совершенно разные, но оттого не менее опасные ситуации.

В данной работе рассматриваются методы выявления и обработки КС дорожного движения с использованием стандарта ASAM OpenX, включая условия, поведение транспортных средств, параметры инфраструктуры и др.

Особое внимание в работе уделяется использованию инструментов моделирования дорожного движения, таких как Eclipse SUMO и esmini. SUMO применяется для симуляции потоков транспорта, анализа поведения автомобилей, выявления потенциально опасных маневров и расчета ключевых параметров КС. На основе полученных данных создавались сценарии в формате OpenSCENARIO [1], которые затем воспроизводились в esmini для верификации поведения транспортных средств в КС.

Предложенный подход направлен на поддержку процесса обоснования безопасности ВАТС в рамках концепции SOTIF [2]. Он интегрируется в этап архитектурной разработки системы и ориентирован на инженеров функциональной безопасности, сталкивающихся с трудностями при идентификации и анализе КС. Автоматизированный анализ дорожных сценариев с использованием предложенного метода помогает выявлять потенциально опасные ситуации, способствуя более полному и аргументированному обоснованию безопасности. Это, в свою очередь, формирует основу для повышения уровня безопасности не только автоматизированной системы, но и дорожного движения в целом.

Ключевые слова — автономные системы, моделирование дорожных ситуаций, критический сценарий, ASAM OpenSCENARIO.

I. ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированные функции вождения многократно демонстрировались в прототипах и на тест-драйвах, однако, несмотря на заявления автопроизводителей, системы уровня 3 (L3-ADS) и выше пока не вышли на рынок. Одной из главных причин является отсутствие четкой правовой и нормативной базы для оценки их безопасности [3], [4].

Обоснование безопасности ВАТС является ключевой задачей на этапе их проектирования. Этой деятельностью занимаются инженеры по функциональной безопасности (ФБ), опираясь на стандарты, в том числе ISO/PAS 21448 (SOTIF) [2], который описывает методологию обеспечения безопасности с учетом нештатных или неизвестных условий эксплуатации. Одним из важных шагов, предусмотренных SOTIF, является анализ дорожных сценариев, включая выявление тех, которые могут привести к опасным или непредвиденным ситуациям.

Для демонстрации безопасного поведения ВАТС необходимо предоставить убедительные доказательства их надёжности, что требует масштабного тестирования. С ростом уровня автоматизации ответственность водителя уменьшается, а сложность системы — возрастает. Чтобы сократить объёмы дорогостоящих натурных испытаний, активно применяются виртуальные симуляции, хотя полностью заменить реальные тесты они не могут.

В рамках исследовательских проектов, таких как PEGASUS [5], были разработаны подходы к оценке безопасности с использованием сценарного метода. В центре таких подходов находится база данных дорожных сценариев, формируемая из различных источников: статистики аварий, полевых испытаний, данных с симуляторов и натурных наблюдений. Эти сценарии используются как основа для генерации тестов в виртуальной среде и на испытательных полигонах.

В данной работе рассматривается подход, поддерживающий этап анализа сценариев в процессе обоснования безопасности в соответствии с SOTIF. Предлагается метод извлечения конкретных сценариев из записанных траекторий движения, полученных из симуляций. Это позволяет инженерам по ФБ

Статья получена 23 апреля 2025.

Мишкина Анна Андреевна, аспирант - Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Институт искусственного интеллекта, кафедра системной инженерии, направление подготовки 23.1 «Системный анализ, управление и обработка информации», (e-mail: mishkina@mirea.ru).

Ларин Даниил Русланович, студент - Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Институт искусственного интеллекта, кафедра системной инженерии, направление подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление», (e-mail: daniil03112002@mail.ru).

Королев Антон Сергеевич, заведующий кафедрой системной инженерии, доцент, к.т.н. - Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), Институт искусственного интеллекта, кафедра системной инженерии, (e-mail: korolev@mirea.ru).

идентифицировать потенциально критические ситуации, анализировать поведение системы в реальных условиях и формировать наборы реалистичных сценариев. Полученные сценарии описываются в формате OpenSCENARIO [1], что обеспечивает их интеграцию в популярные инструменты моделирования и способствует более полному и аргументированному обоснованию безопасности БАТС.

В разделе II дается краткое теоретическое введение в соответствующую работу, в разделе III представлено описание метода выявления сценариев и преобразования в формат OpenX, раздел IV освещает создание симуляции для дальнейшего выявления траекторий, в разделе V описан разработанный анализатор сценариев, полученных из симуляции, в разделе VI описан процесс моделирования сценариев, заключение представлено в разделе VII.

II. НЕОБХОДИМАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

A. Сценарии и критические сценарии

В данной работе важно иметь общее понимание термина «сценарий». Сценарий относится к абстракции и общему описанию временной и пространственной совокупности транспортных потоков [6]. Если упростить, то сценарий — это описательная модель дорожной ситуации, включающая параметры окружающей среды, поведение участников движения и действия тестируемой системы. Сценарии классифицируются по уровням абстракции (см. раздел II, B).

В рамках этого подхода особое значение приобретают так называемые КС — это частный, но важный класс сценариев, при которых система сталкивается с наибольшими трудностями или рисками. Критические сценарии — сценарии с набором параметров, которые с высокой вероятностью выявляют непреднамеренное и небезопасное поведение систем, которое может привести к столкновению или ситуации, близкой к столкновению, для транспортного средства и других участников дорожного движения [7].

B. Описание уровней абстракции сценариев

В области моделирования и анализа сценариев дорожного движения существует иерархия уровней описания сценариев — от абстрактных до максимально конкретных, а именно: функциональные, логические, конкретные, также иногда выделяется отдельно средовой уровень [8].

Функциональный сценарий используется на стадии разработки требований, системного проектирования и представляет собой общую идею ситуации без конкретных деталей [9], например: «Целевое ТС обгоняет другое ТС на шоссе». Как правило, каждому функциональному сценарию соответствует один логический сценарий (соотношение один к одному).

Логический сценарий используется для генерации множества конкретных сценариев и описывается с параметрами и допусками, но ещё без конкретных значений [9], например: «Целевое ТС двигается по прямому участку дороги со скоростью от 60 до 90 км/ч,

ТС №2 — впереди, расстояние между ними от 10 до 30 м». Один логический сценарий может быть основой для большого числа конкретных сценариев (соотношение один ко многим).

Конкретный сценарий используется в симуляциях, верификации, тестировании и содержит конкретные числовые значения всех параметров [9], например: «Целевое ТС движется со скоростью 80 км/ч, ТС №2 — на расстоянии 15 м впереди, дорога прямая, покрытие сухое».

C. Среда штатной эксплуатации (ODD).

ODD (Operational Design Domain) — среда штатной эксплуатации — определяет рабочую среду и условия, для которых разрабатывается и безотказно функционирует БАТС. Приведем пример таких условий:

- Тип дороги (например, автомагистрали, городские улицы, сельские дороги);
- Дорожная разметка и инфраструктура;
- Ограничения скорости;
- Погодные условия (дождь, снег, туман);
- Освещённость (день, ночь);
- Типы участников движения (пешеходы, велосипедисты, другие автомобили);
- Уровень трафика и др.

III. МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КОНКРЕТНЫХ СЦЕНАРИЕВ НА ОСНОВЕ СИМУЛЯЦИИ

В данной работе было реализовано выявление сценариев из параметров траекторий, полученных из симуляций, в виде многоступенчатого процесса, см. рисунок 1.

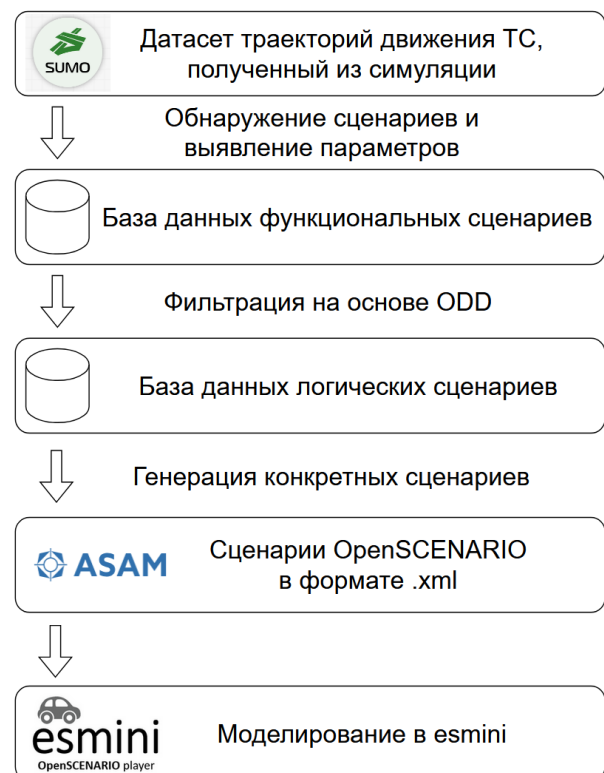


Рисунок 1. Методология создания конкретных сценариев на основе симуляции.

Сначала была сформирована обобщённая база сценариев, не привязанная к конкретной ситуации и ориентированная на обеспечение максимального охвата возможных дорожных условий. Для этого использовалась среда Eclipse SUMO (подробнее см. раздел IV). Выходными данными симуляции в SUMO являются записи, состоящие из траекторий движения каждого транспортного средства, а также информации о назначениях полос движения и относительном расположении других участников дорожного движения. Эти данные анализируются с точки зрения каждого транспортного средства (ТС) в отношении конкретных манёвров, совершаемых, например, целевым ТС (ego vehicle), а также других транспортных средств (challenging vehicles), таких как перестроение, торможение, обгон и т. д.

На основе выявленных манёвров определяются различные типы функциональных сценариев (см. раздел V). На этом этапе применяется анализатор сценариев SUMO, и в дальнейшем он будет дополнен функционалом автоматической генерации функциональных сценариев.

Следующим этапом является генерация логических сценариев, которая включает обогащение абстрактных ситуаций наборами параметров с диапазонами допустимых значений (например, скорости, дистанции, погодные условия). Для этого также разрабатывается более сложный алгоритм, учитывающий параметры окружающей среды и поведение участников движения.

Для генерации конкретных сценариев из логических будет применяться нейросетевая модель, обученная на симуляционных и полевых данных. Она позволит реалистично подобрать значения всех параметров в рамках заданных диапазонов и с учётом вероятностной структуры дорожных ситуаций.

На следующем этапе учитывается среда штатной эксплуатации (ODD), т.е. при формировании базы сценариев важно исключить те, которые выходят за пределы допустимых условий функционирования системы.

Для повышения точности отбора могут применяться дополнительные критерии фильтрации, например:

- Исключение сценариев с плохими погодными условиями, если рассматриваемая система предназначена только для ясной погоды;
- Отбор только тех сценариев, где движение происходит по автомагистралям без перекрестков, если необходимо;
- Учет времени суток, если рассматриваемая система ограничена, например, дневным режимом.

Такой подход позволяет создать релевантную и реалистичную выборку сценариев, в которых система действительно может и должна функционировать.

Параметры остальных сценариев используются для заполнения ранее созданных шаблонов сценариев и создания отдельных файлов OpenSCENARIO. Поскольку реализации этого стандарта современными средствами моделирования (пока) не полностью совместимы, для каждого поддерживаемого инструмента создаются отдельные выходные файлы. На

данный момент их возможно запустить в симуляторах esmini и CARLA. В данной работе рассматривается использование симулятора esmini (см. раздел VI, А) из-за его простоты и доступности, а также благодаря возможности использовать заранее созданные стандартные блоки: файл OpenDrive и файл, содержащий визуальную 3D-информацию, такую как текстуры, столбы, здания и листва.

IV. СОЗДАНИЕ СИМУЛЯЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В SUMO

В работе используется среда SUMO (Simulation of Urban Mobility) для создания симуляций дорожного движения.

Дискретный симулятор SUMO предоставляет несколько подходов к созданию дорожных сценариев. Один из них заключается в ручном описании параметров через конфигурационные файлы. Другой способ основан на импорте готовых дорожных сетей из внешних источников, таких как OpenStreetMap (OSM) [10], VISSIM, VISUM и другие. Для использования карты из OSM необходимо сначала скачать нужный участок, затем преобразовать его в формат SUMO с помощью утилиты «netconvert», например, с использованием команды «netconvert --osm-files map.osm -o test.net.xml». После этого при помощи скрипта «randomTrips.py» можно автоматически сгенерировать маршруты и добавить их в дорожную сеть. Далее создаётся конфигурационный файл, в котором указываются параметры запуска симуляции, включая сетевой файл, файл маршрутов, а также временные рамки. Полученную карту можно дополнительно отредактировать в графическом редакторе netedit, после чего она открывается в SUMO-gui для проведения моделирования (рисунок 2).

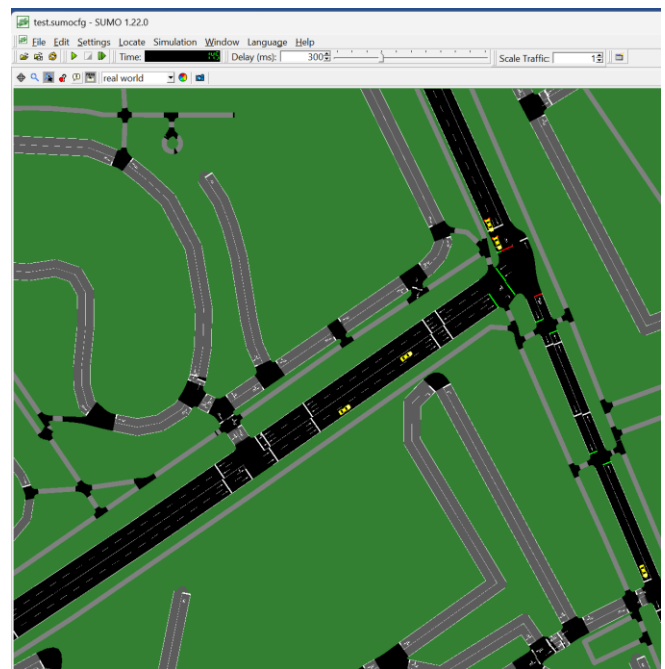


Рисунок 2. – Симуляция дорожного движения в SUMO.

V. РАЗРАБОТКА ПАРСЕРА ДЛЯ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ И МАНЕВРОВ АВТОМОБИЛЕЙ

В ходе работы был разработан парсер на языке программирования Python версии 3.11, который анализирует выходные данные из SUMO (а именно, файл с расширением .rou.xml, который генерируется при создании симуляции для её запуска) и определяет тип совершаемого маневра, например, разворот, смена полосы, ускорение, торможение, движение по прямой и другие (рисунок 3).

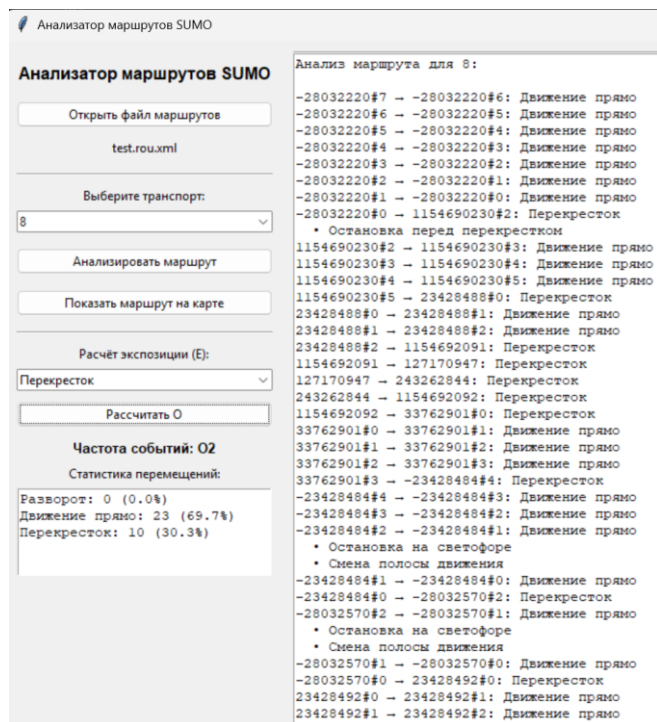


Рисунок 3. – Анализатор маршрутов в симуляции.

Анализатор маршрутов определяет не только маневры, но и рассчитывает статистику перемещений (выраженную в процентном соотношении ко всему пути транспортного средства) конкретного транспортного средства для более быстрого анализа. Также рассчитывается частота событий (Occurrence) (согласно ISO 21448, например, O0, O1, O2, O3, O4) согласно нижеприведенной формулы (1). Частота событий не измеряется напрямую во времени или в относительных процентах внутри одного сценария, а скорее в терминах частоты возникновения опасной ситуации в целом на дороге — по статистике или расчету вероятностей. Если из симуляции видно, что опасная ситуация (например, смена полосы при наличии другого ТС в мёртвой зоне) возникает в 50% поездок или, скажем, раз в час езды — то это высокая экспозиция, вероятно, O3 или O4. А если такая ситуация случается только 1 раз на 1000 поездок — это ближе к O1–O2.

$$f = \frac{\text{Нопас}}{T}, \quad (1)$$

где:

- f — частота опасной ситуации (раз в час или

на 1 км)

- Нопас — количество опасных ситуаций, обнаруженных в симуляции.
- T — общее время симуляции (в часах) или пробег (в км).

ISO 21448 не вводит собственных уникальных уровней для частоты событий, а наследует шкалу экспозиции по частоте из ISO 26262 [11], просто заменяя термин Exposure на Occurrence. ИСО 26262 не даёт точных значений частоты для уровней E0–E4, но в приложениях и рекомендациях используется экспертная оценка и логика сопоставления с интенсивностью дорожного движения и типичностью сценариев.

Тем не менее, в индустриальной практике и некоторых официальных комментариях (например, в документах от AUTOSAR, ISO/PAS 21448) встречаются условные ориентиры — их используют OEM-производители и разработчики систем. Часто они опираются на логарифмическую шкалу — по аналогии с вероятностями в других стандартах безопасности (например, IEC 61508), таким образом будем считать, что Exposure = Occurrence, см. таблицу 1 со значениями.

Таблица 1. Частота событий

Уровень экспозиции	Вероятность или частота опасной ситуации	Интерпретация
O0	Практически невозможно ($\approx <10^{-8}$)	Почти никогда не встречается
O1	Очень редко ($\approx 10^{-8} - 10^{-7}$)	Раз в миллионы часов вождения
O2	Редко ($\approx 10^{-7} - 10^{-6}$)	Раз в сотни тысяч часов
O3	Часто ($\approx 10^{-6} - 10^{-5}$)	Раз в десятки тысяч часов
O4	Очень часто ($>10^{-5}$)	Обычные ситуации, случаются часто

VI. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКРЕТНЫХ СЦЕНАРИЕВ В esmini И SUMO

A. Использование esmini

Esmini (Environment Simulator Minimalistic) – Минималистичный симулятор окружающей среды – это программное средство для воспроизведения файлов xml, написанных по стандарту OpenSCENARIO.

Конкретный КС №1 «Столкновение из-за резкого перестроения перед препятствием» был воспроизведен в esmini. В таблице 2 описаны параметры для данного сценария, необходимые для создания симуляции (challenging vehicle №1 – красное ТС, challenging vehicle №2 – синее ТС). Ниже также представлен функциональный сценарий для наиболее удобного восприятия.

Таблица 2. Параметры для конкретного сценария №1.

Параметры	Единицы измерения
Начальная скорость ego vehicle	м/с
Начальная скорость challenging vehicle	м/с

Параметры	Единицы измерения
№1	
Начальная скорость challenging vehicle №2	м/с
Начальное расстояние до challenging vehicle №1	м
Начальное расстояние до challenging vehicle №2	м
Начальная полоса движения challenging vehicle №1	..., -1, 0, +1, ...
Начальная полоса движения ego vehicle	..., -1, 0, +1, ...
Начальная полоса движения challenging vehicle №2	..., -1, 0, +1, ...
Расстояние перестроения challenging vehicle №1	м
Конечная полоса движения challenging vehicle №1	..., -1, 0, +1, ...
Расстояние от ego vehicle до challenging vehicle №1 при перестроении	м
Расстояние остановки challenging vehicle №1	м
Расстояние перестроения ego vehicle	м
Конечная полоса движения ego vehicle	..., -1, 0, +1, ...
Конечная скорость challenging vehicle №1	м/с
Конечная скорость challenging vehicle №2	м/с

Функциональный сценарий: первым по полосе движется ТС №1 (красное ТС), за ним — целевое ТС (белое ТС), а замыкает колонну ТС №2 (синее ТС). В определенный момент ТС №1 резко тормозит перед препятствием. Целевое ТС успевает отреагировать и совершает экстренное перестроение на соседнюю полосу (рисунок 4). Однако ТС №2 не успевает затормозить или перестроиться и врежется в остановившееся ТС №1 (рисунок 5).

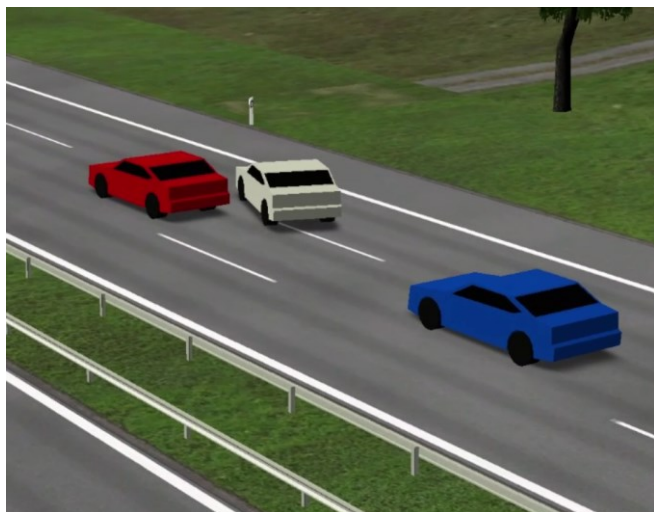


Рисунок 4. – Целевое ТС сворачивает перед препятствием (красным ТС).

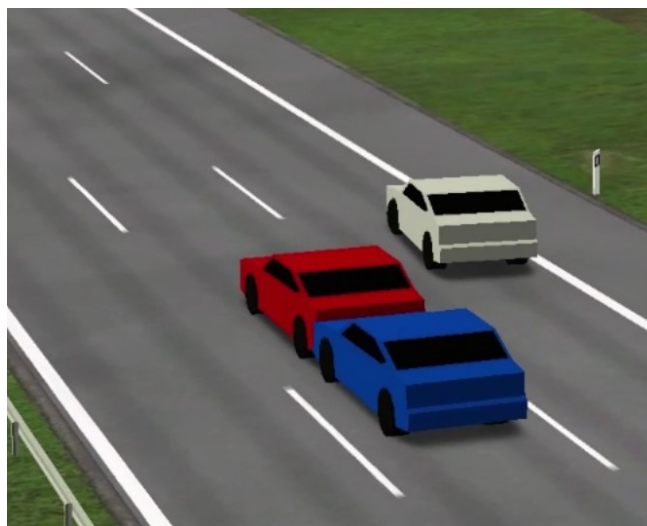


Рисунок 5. – Столкновение красного и синего ТС.

Ниже представлен фрагмент кода, описывающий перестроение красного ТС и его торможения.

```
<Story name="CutInAndBrakeStory">
  <ParameterDeclarations>
    <ParameterDeclaration
      parameterType="string"          name="owner"
      value="OverTaker"/>
  </ParameterDeclarations>
  <Act name="CutInAndBrakeAct">
    <ManeuverGroup
      maximumExecutionCount="1"
      name="CutInAndBrakeSequence">
      <Actors>
        <EntityRef
          entityRef="$owner"/>
      </Actors>
      <Maneuver
        name="CutInManeuver">
          <Event
            name="OverTakerStartSpeedEvent"
            priority="overwrite">
            <Action
              name="OverTakerStartSpeedAction">
                <PrivateAction>

<LongitudinalAction>
                                <SpeedAction>

<SpeedActionDynamics      dynamicsShape="step"
value="0.0" dynamicsDimension="time" />

<SpeedActionTarget>

<RelativeTargetSpeed entityRef="Ego"

value="1.2"
speedTargetValueType="factor"

continuous="true"/>

```

В. Использование TraCI в SUMO

Также возможно моделирование сценариев, полученных из SUMO, снова в SUMO, но с использованием расширения TraCI - это сокращенное название от "Traffic Control Interface" (интерфейс управления дорожным движением). Предоставляя доступ к

запущенному симулятору дорожного движения, он позволяет извлекать значения моделируемых объектов и управлять их поведением "в режиме онлайн". В работе TraCI использовался для столкновения автомобилей в следующем логическом сценарии «Столкновение из-за резкого торможения перед препятствием»:

ТС №1 (red_car) резко снижает скорость перед препятствием, замедляясь до 3-5 м/с за 2-4 секунды. Целевое ТС (yellow_car) едет следом с постоянной скоростью от 10 до 15 м/с не успевает отреагировать и затормозить. Из-за малого расстояния (от 0,5 до 2 м) между целевым ТС и ТС №1 происходит столкновение.

Далее был разработан конкретный сценарий на основе данного логического сценария. Ниже представлена часть кода на Python версии 3.11 для TraCI.

```
vehicles_list = traci.vehicle.getIDList()
if 'red_car' in vehicles_list and
'yellow_car' in vehicles_list:
    pos_red = traci.vehicle.getPosition('red_car')
    pos_yellow = traci.vehicle.getPosition('yellow_car')
    distance = ((pos_red[0] - pos_yellow[0]) ** 2 + (pos_red[1] - pos_yellow[1]) ** 2) ** 0.5
    if distance < 2: # Если машины
слишком близко, считаем, что произошло
столкновение
        print("Collision detected
between red_car and yellow_car!")

traci.vehicle.setSpeed('red_car', 0) #
Красная машина резко тормозит из-за
препятствия спереди

traci.vehicle.setSpeedMode('yellow_car', 0)
# Желтая машина не меняет полосу, т.к. не
успевает отреагировать

traci.vehicle.setLaneChangeMode('yellow_car',
0)
    if 'red_car' in vehicles_list:
        traci.vehicle.slowDown('red_car',
5.1, 5) # Красная машина замедляется за пять
секунд до препятствия
    if 'yellow_car' in vehicles_list:

traci.vehicle.setSpeed('yellow_car', 15) #
Двигается прямо

traci.vehicle.setSpeedMode('yellow_car', 0)
# Желтая машина не меняет полосу, едет вслед
за красной

traci.vehicle.setLaneChangeMode('yellow_car',
0)
```

В строке вывода отображается, что произошла авария (рисунк 6), но симуляция продолжается, т.к. можно создать большое количество таких КС.

Simulation started with time: 0.00.
Warning: Teleporting vehicle 'yellow_car': collision with vehicle '1.0', lane=10.0, gap=0.97, latGap=1.50, times=7.50, stages=move.
Warning: Vehicle 'yellow_car' has teleported on edge 112.24, times=7.50.
Simulation ended at time: 33.80. (TraCI requested termination.)

Рисунок 6. – Логирирование аварии двух ТС в SUMO.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чтобы существенно снизить или вовсе обойтись без ручного и субъективного выбора параметров для составления конкретных сценариев, в данной работе предлагается метод выявления значимых параметров на основе данных, полученных из симуляций. Результаты показывают, что предложенный подход позволяет формировать реалистичные и репрезентативные сценарии движения, близкие к реальному поведению ТС. Использование данных симуляции отражает разнообразие поведения участников дорожного движения.

Полученные конкретные сценарии представлены в формате OpenSCENARIO для обеспечения их совместимости с такими симуляторами, как CARLA и esmini. Данные сценарии используются для тестирования функций систем управления ТС в виртуальной среде, а также могут быть полезны для разработки систем управления автомобилем.

В дальнейшем планируется обработка дополнительных данных для повышения точности и полноты сценариев. Также будет проведён статистический анализ параметров, чтобы охватить не только значения, описывающие маневры ТС, но и другие, например, нестандартные погодные условия. Кроме того, сценарии будут усложняться за счёт включения дополнительных элементов, таких как перекрёстки и ограничения на действия участников дорожного движения.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] ASAM OpenSCENARIO: [Электронный ресурс]. Ссылка: <https://www.asam.net/standards/detail/openscenario/>
- [2] ISO/PAS 21448:2019. Road vehicles — Safety of the intended functionality (SOTIF). Geneva: International Organization for Standardization, 2019. — 42 p.
- [3] Anton Korolev, Oleg Kirovskii. MBSE and Safety Lifecycle of AI-enabled systems in transportation// International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.11, 2023, pp. 100-104.
- [4] Королев А.С., Кировский О.М. Проблема стандартизации и технического регулирования в области безопасности высокоавтоматизированных транспортных средств// Сборник трудов XII Международной научной конференции «ИТ-Стандарт 2023» - М.: Издательство «Проспект», 2023. – С. 209-216
- [5] H. Winner, K. Lemmer, T. Form, and J. Mazzega, “Pegasus—first steps for the safe introduction of automated driving,” in Road Vehicle Automation 5. Springer, 2019, pp. 185–195.
- [6] SAE International, “Terms and Definitions Related to Testing of Automated Vehicle Technologies,” 2019
- [7] Klück, F., Zimmermann, M., Wotawa, F., & Nica, M. (2019). Genetic algorithm-based test parameter optimization for ADAS system testing. In IEEE 19th International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS) (pp. 418–425). IEEE.
- [8] G. Bagschik, T. Menzel, A. Reschka, and M. Maurer, “Szenarien für Entwicklung, Absicherung und Test von automatisierten Fahrzeugen,” in 11. Workshop Fahrerassistenzsysteme. Hrsg. von Uni-DAS e. V, 2017, pp. 125–135.
- [9] T. Menzel, G. Bagschik, and M. Maurer, “Scenarios for development, test and validation of automated vehicles,” in 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, 2018, pp. 1821–1827.
- [10] OpenStreetMap: [Электронный ресурс]. Ссылка: <https://www.openstreetmap.org/>
- [11] ГОСТ Р ИСО 26262-3-2020 Дорожные транспортные средства. Функциональная безопасность. Часть 3. Стадия формирования концепции. – Москва: 2020. – 36 с.

The process of identifying and handling critical scenarios of traffic situations in the OpenX format

Anna Mishkina, Daniil Larin, Anton Korolev

Abstract – The process of identifying and processing critical scenarios (CS) of road situations plays an important role in the development of highly automated vehicles, as it improves their safety and adaptability to real-world operating conditions. Modern automatic control systems of highly automated vehicles require checking the correctness of the response to a wide range of traffic situations, including CS. Without a detailed analysis of the CS, it is impossible to ensure a high level of safety of the highly automated vehicles, especially in difficult conditions of urban and suburban traffic, in which there are completely different, but therefore no less dangerous situations.

This paper discusses methods for detecting and processing traffic CS using the ASAM OpenX standard, including conditions, vehicle behavior, infrastructure parameters, etc.

Special attention is paid to the use of traffic modeling tools such as Eclipse SUMO and esmini. SUMO is used to simulate traffic flows, analyze vehicle behavior, identify potentially dangerous maneuvers, and calculate key CS parameters. Based on the data obtained, scenarios were created in the OpenSCENARIO format, which were then reproduced in esmini to verify the behavior of vehicles in the CS.

The proposed approach is aimed at supporting the process of substantiating the safety of highly automated vehicles within the framework of the SOTIF concept. It integrates into the architectural development stage of the system and is aimed at functional safety engineers who face difficulties in identifying and analyzing CS. Automated analysis of road scenarios using the proposed method helps to identify potentially dangerous situations, contributing to a more complete and reasoned justification of safety. This, in turn, forms the basis for improving the safety level not only of the automated system, but also of road traffic in general.

Keywords — simulation, critical scenario, highly automated vehicle, traffic, ASAM OpenSCENARIO

REFERENCES

- [1] ASAM OpenSCENARIO: [Online]. Available: <https://www.asam.net/standards/detail/openscenario/>
- [2] ISO/PAS 21448:2019. Road vehicles — Safety of the intended functionality (SOTIF). Geneva: International Organization for Standardization, 2019. — 42 p.
- [3] Anton Korolev, Oleg Kirovskii. MBSE and Safety Lifecycle of AI-enabled systems in transportation// International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.11, 2023, pp. 100-104.
- [4] Korolev A.S., Kirovsky O.M. The problem of standardization and technical regulation in the field of safety of highly automated vehicles// Proceedings of the XII International Scientific Conference "IT Standard 2023" - Moscow: Prospekt Publishing House, 2023. — pp. 209-216
- [5] H. Winner, K. Lemmer, T. Form, and J. Mazzega, "Pegasus—first steps for the safe introduction of automated driving," in Road Vehicle Automation 5. Springer, 2019, pp. 185–195.
- [6] SAE International, "Terms and Definitions Related to Testing of Automated Vehicle Technologies," 2019
- [7] Klück, F., Zimmermann, M., Wotawa, F., & Nica, M. (2019). Genetic algorithm-based test parameter optimization for ADAS system testing. In IEEE 19th International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS) (pp. 418–425). IEEE.
- [8] G. Bagschik, T. Menzel, A. Reschka, and M. Maurer, "Szenarien für Entwicklung, Absicherung und Test von automatisierten Fahrzeugen," in 11. Workshop Fahrerassistenzsysteme. Hrsg. von Uni-DAS e. V, 2017, pp. 125–135.
- [9] T. Menzel, G. Bagschik, and M. Maurer, "Scenarios for development, test and validation of automated vehicles," in 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, 2018, pp. –1827.
- [10] OpenStreetMap: [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org/>
- [11] GOST R ISO 26262-3-2020. Road vehicles — Functional safety — Part 3: Concept phase. Moscow, 2020. 36 p.