

УТВЕРЖДЕН

РОФ.НФДР.62.01.29.002-01 31 01-ЛУ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
«TramPilot»

Описание применения
РОФ.НФДР.62.01.29.002-01 31 01

Листов 9

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

АННОТАЦИЯ

Настоящий программный документ содержит описание применения программного обеспечения «TramPilot» (далее – программа).

В разделе «Назначение программы» приведено описание назначения программы, ее возможности, а также ее основные характеристики и ограничения, накладываемые на область применения программы.

В разделе «Условия применения» приведены условия, необходимые для выполнения программы (требования к техническим средствам и другим программам).

В разделе «Описание задачи» дано определение задачи, поставленной перед программой, и описаны методы ее решения.

В разделе «Входные и выходные данные» приведены сведения о входных и выходных данных.

Оформление программного документа «Описание применения» выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 19.502-78¹.

¹ ГОСТ 19.502-78 ЕСПД. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение программы.....	4
1.1. Назначение программы	4
1.2. Возможности программы.....	4
1.3. Основные характеристики программы.....	4
1.4. Ограничения на область применения программы.....	5
2. Условия применения.....	5
2.1. Требования к техническим средствам	5
2.2. Требования к программным средствам	6
3. Описание задачи	7
3.1. Определение задачи.....	7
3.2. Методы решения задачи.....	7
4. Входные и выходные данные.....	8
4.1. Входные данные.....	8
4.2. Выходные данные	8

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

1.1. Назначение программы

Программа предназначена для установки в вычислительный блок системы обеспечения активной безопасности и помощи водителю трамвая (далее – система) и обеспечивает управление системой.

1.2. Возможности программы

Программа обеспечивает возможность задавать и контролировать режимы работы системы обеспечения активной безопасности и помощи водителю трамвая. Взаимодействие с программой реализовано через графический интерфейс с сенсорным управлением на панели пульта водителя трамвая.

Программа выполняет следующие функции:

- обеспечение соблюдения безопасного скоростного режима – недопущение превышения водителем заранее заданного (внесенного в систему) профиля скорости;
- подача предупреждения о запрещающем сигнале светофора, при движении по маршруту, и плавное снижение скорости трамвайного вагона, вплоть до полной остановки, при отсутствии надлежащих действий со стороны водителя;
- подача предупреждения, при обнаружении на пути движения трамвайного вагона, транспортного средства или человека, с которым имеется опасность столкновения, и снижение скорости трамвайного вагона, вплоть до полной остановки, при отсутствии надлежащих действий со стороны водителя;
- передача на сервер логов и телеметрии в формате json.

1.3. Основные характеристики программы

1.3.1. Временные характеристики

Программа взаимодействует с оборудованием системы в режиме реального времени.

1.3.2. Режим работы

Программа запускается при включении сети электропитания трамвайного вагона и может работать в круглосуточном непрерывном режиме до момента выключения сети.

1.4. Ограничения на область применения программы

Программа является специальным программным обеспечением, предназначенным для установки в вычислительный блок системы обеспечения активной безопасности и помощи водителю трамвая.

2. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Требования к техническим средствам

Минимальные характеристики вычислительного блока:

- встроенный процессор CPU: не менее 4 ядра ARM Cortex-A53;
- графический сопроцессор: не хуже ARM Mali-T860MP4;
- производительность TPU вычислителя: не менее 21000 млрд. операций/с;
- вспомогательный MCU: не менее 1 ядра ARM Cortex-M4;
- интерфейс связи: Ethernet, не менее 100Base-T; CAN;
- постоянное запоминающее устройство, не менее: SSD 64 Гбайта.

Характеристики видеокамеры блока камер:

- разрешение сенсора: 2,6 (2048x1280) Мп;
- частота кадров: до 45 fps;
- динамический диапазон: до 140 дБ (HDR RAW Output, до 24-bit);
- цветность: цветная в видимом диапазоне цветов;
- формат видео данных: RAW12, RAW16;
- интерфейс передачи данных: FPDLink-III;
- тип объектива: M12x0,5 (S-Mount), HFoV 123°.

Характеристики блока навигации:

- поддержка сетей сотовой связи: HSPA+/HSDPA/UMTS/EDGE/GSM;
- LTE модем: LTE-FDD/LTE-TDD/UMTS/ HSDPA/HSUPA/HSPA+/GSM/GPRS/EDGE;

- диапазоны ГНСС: GPS/QZSS L1C/A, L2C ГЛОНАСС L1OF, L2OF BeiDou B1I, B2I Галилео E1B/C, E5b;

- число каналов: 184 шт.;
- частота обновления: 10 Гц;
- коэффициент усиления антенны ГНСС, не менее: 3 дБи;
- коэффициент усиления антенны 2G/3G/4G, не менее: 2,3 дБи;
- коэффициент усиления антенны LoRa, не менее: 0,7 дБи;
- объем внутреннего хранилища: 7 Гб;
- поддержка сим-карт типоразмера microSIM;
- интерфейс взаимодействия: Ethernet, не менее 100Base-T.

Характеристики универсального радара CPRR24.L:

- несущая частота: 24,150 ГГц;

- мощность излучаемого сигнала: не более 10 дБм;
- полоса сигнала: 200 МГц;
- максимальная дальность действия: 250 м;
- минимальная дальность действия: 0,5 м;
- точность оценки дальности: $\leq 0,2$ м, до 100 м, ЭПР 10 м^2 ;
- сектор обзора по азимуту:
 - 120° , до 100 м, ЭПР 10 м^2 ;
 - 90° , до 250 м, ЭПР 10 м^2 ;
- точность оценки угла: 1° ;
- точность оценки скорости: $\pm 0,4$ км/ч;
- интерфейс передачи данных и питания (гнездо M12, IP67): Ethernet (PoE).

2.2. Требования к программным средствам

Для функционирования программы необходимо программное окружение. В таблице 1 приведены минимальные требования к программному окружению.

Таблица 1 – Требования к программным средствам

Наименование программного обеспечения	Минимальная версия
Ubuntu (программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений)	18.04
Драйвера L4T (драйвер видеокарты)	
docker (ПО для автоматизации развёртывания и управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации)	19.03
docker-compose (инструмент для одновременного запуска нескольких docker -контейнеров)	1.28.5
В составе docker -образа:	
Ubuntu (программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений)	18.04
CUDA Toolkit (фреймворк для вычислений на GPU)	10.2
cuDNN (ускоренная на GPU библиотека примитивов для свёрточных нейронных сетей)	7.6.5
TensorRT (высокопроизводительный ускоритель инференса нейронных сетей)	7.1.3
OpenCV (библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения)	3.4.9

3. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

3.1. Определение задачи

Программа решает следующие основные задачи:

- выбор профиля скорости;
- управление режимом ограничения скорости;
- управление режимом автоторможения перед запрещающим сигналом светофора;
- управление режимом автоторможения при обнаружении на пути движения объектов типа трамвайный вагон, транспортное средство, человек;
- передача логов, описанных в json-файлы, на сервер.

3.2. Методы решения задачи

Метод ограничения и контроль скорости движения основан на сравнении текущей скорости движения трамвайного вагона в точке маршрута со значениями, заданными для этой точки в профиле скорости. Профиль скорости представляет собой базу данных рекомендованных значений скорости в каждой точке установленного маршрута. Данные о текущей скорости и местоположении передаются в программу от блока навигации и непосредственно от систем трамвайного вагона (через блок сопряжения). В случае превышения скорости, программа включает предупреждающий сигнал на панели пульта водителя, а также посылает сигнал на систему торможения трамвая. Система торможения выполняет плавное торможение, до момента пока скорость не станет меньше или равна разрешенной в профиле скорости, после чего торможение прекращается.

Для выявления запрещающего сигнала светофора и опасности столкновения с препятствием в системе используются технологии технического зрения и нейронных сегментирующих и детектирующих сетей. С помощью нейронных сетей выполняется анализ данных, поступающих от блоков камер и универсального радара, в результате которого выстраивается цифровая модель с задетектированными объектами реального мира. В случае выявления опасности столкновения с объектом выполняется цветовое информирование водителя трамвая и подается команда на торможение. Логика принятия решения заключается в следующем:

- алгоритм выполняет расчет времени до столкновения трамвайного вагона ($T_{ст}$) с задетектированным объектом при условии, что объект продолжит двигаться с собственной скоростью (V_0), а трамвайный вагон с собственной скоростью (V_T). Значение рассчитанного времени $T_{ст}$ сравнивается со значением времени

необходимого для полной остановки трамвайного вагона рассчитанным из его текущей скорости в конкретной ситуации;

- при условии $T_{ст} < 1,5T_{ост.с}$ – подаётся сигнал предупреждения о возможности возникновения опасной ситуации ($T_{ост.с}$ – время до полной остановки с текущей скоростью);

- если водитель выполняет торможение, при условии $T_{ст} > 1,5T_{ост.с}$ выполняется отключение предупреждающего сигнала;

- при условии $T_{ст} \leq T_{ост.с}$ – выполняется автоматическое плавное торможение до момента пока $T_{ст} > T_{ост.с}$ (погас запрещающий сигнал светофора, объект опасности покинул пути или удалился на безопасное расстояние) или до полной остановки.

Для передачи логов на сервер, программа выполняет формирование json-файлов, которые передаются через сеть оператора сотовой связи стандарта GSM 900/1800 посредством технологии пакетной передачи данных GPRS по защищенному каналу TLS.

4. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

4.1. Входные данные

Входными данными для программы являются:

- видеопоток, поступающий с камер;
- данные, поступающие от блока навигации;
- данные, поступающие от универсального радара CPRR24.L;
- данные, поступающие от систем трамвайного вагона;
- параметры, задаваемые с помощью панели пульта водителя.

4.2. Выходные данные

Выходными данными для программы являются:

- предупреждающие сигналы (на панели пульта водителя);
- сообщения о сбое в работе системы (на панели пульта водителя);
- сигнал на торможение (через блок сопряжения);
- json-файл событий.

[illegible]