

## **MSU ROVER TEAM**

**ОТКРЫТЫЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ  
ШЕСТИКОЛЕСНОГО ПРОТОТИПА МАРСОХОДА (РОВЕРА) ПО УМЕРЕННО  
ПЕРЕСЕЧЁННОЙ НЕЗНАКОМОЙ МЕСТНОСТИ С ВИЗУАЛЬНЫМ  
РАСПОЗНАВАНИЕМ ЦЕЛИ НАВИГАЦИИ.**

**СОГЛАСОВАНО:**

Научный эксперт проекта, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ В.М. Буданов

05.12.2025

**УТВЕРЖДАЮ:**

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_ А.А. Смирнов

05.12.2025

**Открытая библиотека распознавания указателей направления движения,  
определения расстояния и направления к указателям.**

**Описание применения.**

## **ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**MSUROVERTEAM-CV-V1.0.0**

**(открытая библиотека в сети Интернет)**

**ИСПОЛНИТЕЛИ:**

\_\_\_\_\_ Я.И. Шейпак

03.12.2025

\_\_\_\_\_ М.Д. Реппо

03.12.2025

**2025**

## **MSU ROVER TEAM**

**УТВЕРЖДЕНО**

**ОТКРЫТЫЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ  
ШЕСТИКОЛЕСНОГО ПРОТОТИПА МАРСОХОДА (РОВЕРА) ПО УМЕРЕННО  
ПЕРЕСЕЧЁННОЙ НЕЗНАКОМОЙ МЕСТНОСТИ С ВИЗУАЛЬНЫМ  
РАСПОЗНАВАНИЕМ ЦЕЛИ НАВИГАЦИИ.**

**Открытая библиотека распознавания указателей направления движения,  
определения расстояния и направления к указателям.**

**Описание применения.**

**MSUROVERTEAM-CV-V1.0.0**

**(открытая библиотека в сети Интернет)**

**Листов 7.**

**2025**

## **АННОТАЦИЯ.**

Открытая библиотека распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям разработана в рамках проекта «Разработки открытых библиотек для автономной навигации шестиколесного прототипа марсохода (ровера) по умеренно пересечённой незнакомой местности с визуальным распознаванием цели навигации». Проект выполнен на средства выделенные «Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) по договору предоставления гранта № 64ГУКодИИС13-D7/102402 от 23 декабря 2024г.

Под полностью автономным режимом навигации (движения) в данном проекте понимается режим, при котором ровер с Аккермановой геометрией поворота самостоятельно, без команд оператора (человека), передвигается по умеренно пересечённой и незнакомой местности по указателям направления движения до указателя конечной цели, может выполнить заранее запрограммированные действия у каждого указателя и самостоятельно вернуться обратно к месту старта. При этом оператор может просматривать на своем мониторе видеоизображения и телеметрию, передаваемые с ровера. В качестве указателя направления движения применяется знак (с белым фоном и с черной стрелкой), размером 300 x 200 мм, поднятый на высоту 100 - 150 мм над поверхностью. Размеры стрелки на знаке приведены в Приложении А к настоящему Описанию. В качестве указателя конечной цели используется оранжевый дорожный конус, с размерами соответствующим п.4.3.1.1 ГОСТ32758-2014. «Открытая библиотека распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» предназначена для автоматического обнаружения/распознавания указателей направления движения и конечной цели, автоматического определения расстояния до них и передачи информации о детектированных навигационных объектах в модуль локализации для принятия решений о движении ровера.

«Открытая библиотека распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» разработана на языке программирования Python 3, с использованием нейросетевой модели YOLOv8 (Ultralytics), для платформы ROS2 Humble (Robot Operating System 2 версии Humble).

## **СОДЕРЖАНИЕ.**

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	2
<b>СОДЕРЖАНИЕ. ....</b>	3
<b>Назначение программы. ....</b>	4
<b>Условия применения. ....</b>	5
<b>Описание задачи.....</b>	5
<b>Входные и выходные данные. ....</b>	6
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А.....</b>	7

## **Назначение программы.**

«Открытая библиотека распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» предназначена для автоматического обнаружения/распознавания указателей направления движения и конечной цели, автоматического определения расстояния до них и передачи информации о детектированных навигационных объектах в модуль локализации для принятия решений о движении шестиколесного прототипа марсохода (ровера) с Аккермановой геометрией поворота по умеренно пересечённой незнакомой местности.

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.**

Платформа: ROS2 Humble (Robot Operating System 2 версии Humble).

Язык программирования: Python 3.

Нейросетевая модель: YOLOv8 (Ultralytics).

Зависимости:

- opencv-python (компьютерное зрение);
- numpy (численные вычисления);
- ultralytics (YOLO детекция);
- ROS2 (интеграция с роботом).

Измерения:

- калиброванное измерение расстояния методом кусочно-линейной интерполяции по таблице калибровки;
- измерение углов на основе модели камеры-обскуры.

Диапазон работы:

- расстояние: 1-10 метров (калибранный диапазон);
- угол обзора: зависит от параметров камеры.

## **Ограничения, накладываемые на область применения программы.**

Каждый указатель направления движения и конечной цели должен быть расположен внутри воображаемого круга радиусом 2м. При автономном движении ровер должен будет остановиться внутри этого круга, как минимум на 10 секунд, прежде чем начнет перемещаться к следующему указателю. По крайней мере половина ровера должна находиться внутри этого круга в течение минимум 10 секунд. Столкновения ровера с указателями недопустимы. Установленная пауза 10 секунд у каждого указателя предоставляет возможность дополнить код автономной навигации ровера дополнительными заранее запрограммированными действиями у каждого указателя (например, взятие проб грунта, или измерение параметров атмосферы).

## **Условия применения.**

Указатели направления движения и конечной цели должны быть распознаны при выполнении следующих условий.

1. Максимальная дальность распознавания не менее 10м
2. Максимальный угол крена ровера при автономном перемещении: не менее 30 градусов.
3. Высота преодолеваемого ровером порога: 100мм.
4. В реальном времени во время тряски при движении ровера по умеренно пересеченной местности, в том числе в условиях высокой температуры (30-40°C) окружающего воздуха и в условиях имитации марсианского рельефа и климата, включая ограниченную видимость из-за пыли.

В качестве указателя направления движения применяется знак (с белым фоном и с черной стрелкой), размером 300 x 200 мм, поднятый на высоту 100 - 150 мм над поверхностью. Размеры стрелки на знаке приведены в Приложении А к настоящему описанию. В качестве указателя конечной цели используется оранжевый дорожный конус, с размерами соответствующим п.4.3.1.1 ГОСТ32758-2014.

Работа программной библиотеки «распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» гарантируется при запуске на платформах с аппаратным GPU с близким к нулю энергопотреблением в состоянии простоя, при использовании видеокамер с глобальным затвором и на скорости движения ровера не более 5км/ч. Тестирование данной библиотеки проводилось на платформе Nvidia Jetson Orin NX Super с камерой Lucid Triton TRI016S-CC.

## **Описание задачи.**

Целью алгоритмов детекции является классификация и локализация объектов на изображении. В контексте текущего проекта целью алгоритма детекции является поиск навигационных маркеров строго определенной формы, цвета и размера, с помощью которых в дальнейшем должны определяться расстояние и направление (угол поворота) до локализованного маркера навигации, а также направление движения к следующей точке, на которое указывает сам маркер.

В программной библиотеке «распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» применен подход к детекции изображений на основе свёрточной нейронной сети YOLOv8n (YOLO версии 8, нано-модификация). При формировании датасета для ускорения процесса маркировки объектов применялась модель SAM 2.1 (Segment Anything Model 2.1). Использовались возможности автоматической сегментации и отслеживания объектов в видео (tracking with segmentation), что позволило пропагировать маски объектов между кадрами видеопоследовательности и обеспечить консистентность аннотаций.

## **Входные и выходные данные.**

Входными параметрами программной библиотеки «распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» всегда являются цветные изображения с камеры ровера в формате BGR.

Программная библиотека «распознавания указателей направления движения, определения расстояния и направления к указателям» предоставляет минимальный и достаточный набор объектов для передачи информации о навигационных объектах в модуль локализации:

- тип объекта (стрелка/конус);
- направление движения (left/right);
- расстояние до объекта (метры);
- угловое положение (градусы);
- уверенность детекции.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.**

Указатель направления движения.

