

MSU ROVER TEAM

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

УТВЕРЖДАЮ:

Научный эксперт проекта, к.ф.-м.н.


В.М. Буданов

.12.2025

Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне.

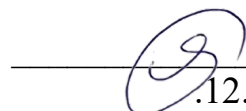
Описание применения.

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

MSUROVERTEAM-DC-V1.0.0

(открытая библиотека в сети Интернет)

ИСПОЛНИТЕЛИ:


А.А. Смирнов
.12.2025

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 управления движения ровером на низком уровне.

Описание применения.

MSUROVERTEAM-DC-V1.0.0

(открытая библиотека в сети Интернет)

Листов 6.

АННОТАЦИЯ.

Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне 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.

«Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» предназначена для преобразования и исполнения высокоуровневых команд библиотеки навигации в управление приводами ровера на низком уровне и передачи значений датчиков ровера системе навигации и компьютерного зрения, с целью оптимизации маршрута в процессе автономного движения ровера.

«Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» разработана на языке программирования C для STM32F4xxx и Python 3, для платформы ROS2 Humble (Robot Operating System 2 версии Humble).

СОДЕРЖАНИЕ.

АННОТАЦИЯ.	2
СОДЕРЖАНИЕ.	3
Назначение программы.	4
Условия применения.	5
Описание задачи.	6
Входные и выходные данные.	6

Назначение программы.

«Открытая библиотека управления движения ровером на низком уровне» предназначена для управления на низком уровне шести, или четырехколесным ровером с четырьмя поворотными колесами. Если управляемый ровер четырехколесный, то библиотека позволяет реализовать его движение в любом направлении (омни-движение). Эта же библиотека может использоваться при ручном дистанционном управлении ровером.

НАПРАВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

Данная открытая библиотека может быть использована на автономных мобильных платформах на земле и в космосе для геологической и экологической разведки, изучения и освоения труднодоступных территорий, мониторинга состояния энергетического оборудования (в т.ч. на АЭС) без вывода его из эксплуатации в условиях плохой связи и отсутствия актуальных карт местности. Дополнительными вариантами использования данной библиотеки могут быть:

- сельскохозяйственные беспилотные технологии, которые используют визуальные маркеры для ориентирования, например, при вспахивании поля;
- строительные автономные роботы способные работать в постоянно меняющейся местности.

Минимальные технические требования:

- Операционная система: Ubuntu 22.046.
- Процессор: x86_64 или ARM64 (например, Nvidia Jetson).
- ОЗУ: 4 GB минимум, 8 GB рекомендуется.
- GPU: NVIDIA GPU с поддержкой CUDA 11.0+ (опционально, но рекомендуется).
- Дисковое пространство: 2 GB для библиотеки и моделей.

Требования к низкоуровневому аппаратному обеспечению

- Микроконтроллер: STM32F407DISC.
- Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
- Среда программирования: STM32CubeIDE версии 1.16.1 или выше с настройками по умолчанию.

Рекомендуемые требования (тестированная конфигурация)

- Платформа: Nvidia Jetson Orin NX Super.
- ОЗУ: 16 GB.
- Микроконтроллер: STM32F407DISC.
- Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
- Среда программирования: STM32CubeIDE версии 1.16.1 или выше с настройками по умолчанию.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Библиотека состоит из двух модулей

1. STM32 C модуль eureka_dc_lib.h
 - Язык программирования: C.
 - Аппаратное обеспечение: STM32F4xxx.
 - Уровень абстракции: HAL для STM32 версии F4.
 - Назначение. Управление приводами ровера на низком уровне.
2. ROS2 Python3 Модуль eureka_movement_lib.py
 - Язык программирования: Python3.
 - Назначение.
 1. Снижение нагрузки с контроллеров.
 2. Реализация полной последовательности шагов (пайплайн) при управлении ровером.

Ограничения, накладываемые на область применения программы.

При изменении серии микроконтроллера работа библиотеки не может гарантироваться из-за серьезных отличий в функциях HAL и архитектурах чипов в разных поколениях STM32.

Для работы библиотеки требуется корректная настройка аппаратно-программного интерфейса и корректная работа радиоэлектроники ровера.

Условия применения.

Работа «библиотеки управления движения ровером на низком уровне» гарантируется при использовании аппаратного обеспечения ровера, указанного в таблице 1.

Таблица 1 - Утвержденная аппаратная конфигурация приводов, драйверов и контроллеров ровера

Компонент	Модель
Привод колёс (4, или 6 шт.)	Коллекторные DC-моторы
Рулевое управление, 4 шт.	Шаговый двигатель NEMA 17 + MKS TMC2160 OC
Контроллер, 2 шт.	STM32F407
Драйвер DC-моторов (4, или 6 шт.)	BTS7960
Драйвер шаговых моторов (4, или 6 шт.)	MKS TMC2160 OC

Тестирование и полевые испытания данной библиотеки проводились на платформе Nvidia Jetson Orin NX Super.

Описание задачи.

Линейные скорости по осям X и Y и угловая скорость ровера по оси Z , рассчитанные в модуле автономной модуля навигации считываются из топика ROS2 Humble и преобразуются «Открытой библиотекой управления движения ровером на низком уровне» в «команды» управления приводами на низком уровне. А показания с датчиков ровера передаются обратно системе навигации и компьютерного зрения, с целью оптимизации маршрута в процессе автономного движения ровера.

Входные и выходные данные.

- Входные данные. Линейные скорости по осям X и Y и угловая скорость ровера по оси Z в формате `[vel_x, vel_y, ang_z]` в топике `/cmd_vel`
- Выходные данные. `wheel_states` - угловые скорости колёс для дальнейшего расчёта колесной одометрии.