

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра систем управления и информатики

Отчет по практической работе  
«РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПАРКОВКИ  
РОБОТА-МАШИНКИ»

по дисциплине  
«Бесконтактные средства локальной ориентации роботов»

Выполнили: студенты гр. Р4235  
Антонов Е. С.,  
Артемов К. А.

Преподаватель: Власов С. М.,  
ассистент каф. СУиИ

Санкт-Петербург  
2017

# Содержание

Введение	3
1 Особенности строения робота	4
2 Управление движением робота	6
2.1 Кинематическая модель . . . . .	6
2.2 Локализация робота . . . . .	6
2.3 Структура системы управления . . . . .	7
3 Поиск парковочного места	9
4 Планирование траекторий движения	10
Заключение	11
Список использованных источников	12
Приложение А Описание экспериментов по проверке состоятельности использованных методов локализации робота с помощью сторонней системы технического зрения	13

# Введение

Данный документ призван познакомить читателей с результатами работы авторов над задачей создания системы управления для робота-машинки, которая бы давала ему способность автоматически (самостоятельно) выполнять параллельную парковку.

Более конкретно ее можно описать примерно так.

Имеется робот-машинка, ходовая часть которого устроена примерно так же, как у настоящего заднеприводного автомобиля: один из пары его двигателей приводит во вращение задние колеса, второй отвечает за поворот передних, рулевых колес. Данный робот должен проехать вдоль возможного места парковки, обозначенного с помощью посторонних объектов, имитирующих собой другие стоящие неподвижно транспортные средства (см. рисунок 1), оценить его геометрические параметры, необходимые для совершения маневра, характерного для параллельной парковки, и, собственно, проделать последний.

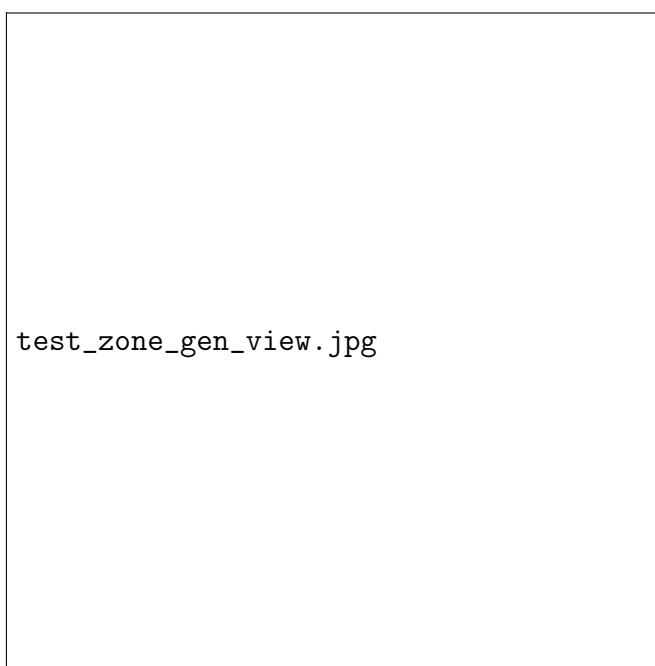


Рисунок 1 – Общий вид зоны проведения экспериментов.

Для ее решения авторам пришлось проработать следующие технические вопросы:

- создание упомянутого робота из конструктора LEGO Mindstorms EV3;
- подбор для него датчиков и программная реализация алгоритмов обработки поступающей с них информации;
- проектирование системы управления движением робота;
- создание алгоритма картирования парковочного места и его окрестностей.

Описанию их ключевых моментов и посвящена основная часть этого документа.

# 1 Особенности строения робота

Особенности строения использованного в работе робота-машинки (см. рисунок 3) даются следующим перечислением:

- робот собран из конструктора LEGO Mindstorms EV3;
- робот имеет два двигателя со встроенными энкодерами, один из которых (тяговый) приводит в движение задние колеса, а второй (рулевой) поворачивает передние;
- усилие с тягового двигателя на задние колеса передается через дифференциал с передаточным отношением, обеспечивающим равенство угловой скорости вращения вала двигателя с полусуммой угловых скоростей задних колес;
- рулевые колеса связаны друг с другом и с рулевым двигателем через рулевую трапецию, кинематическая схема которой изображена на рисунке 2;

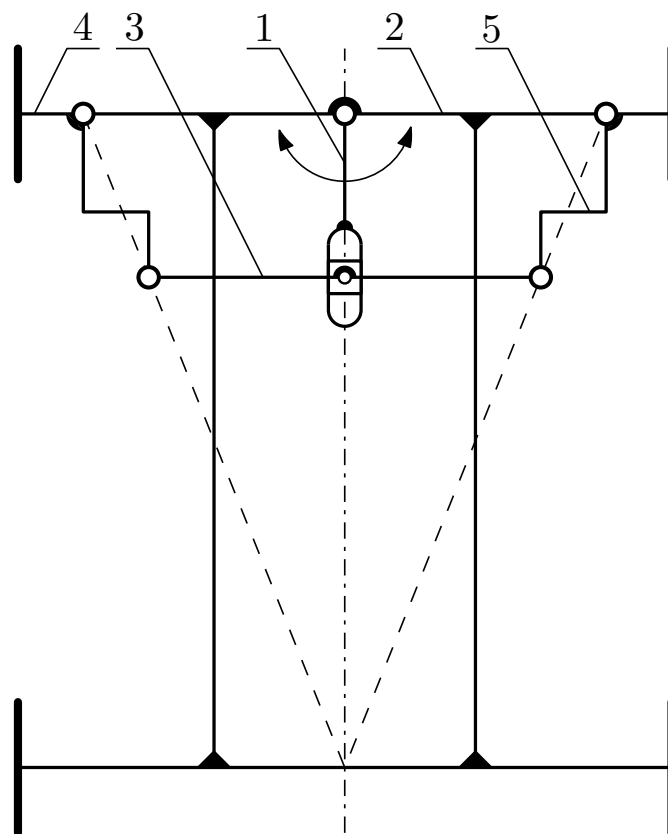
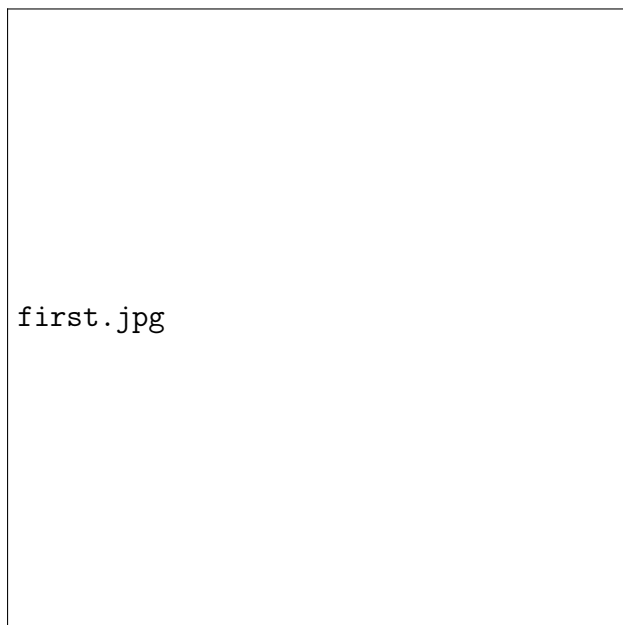


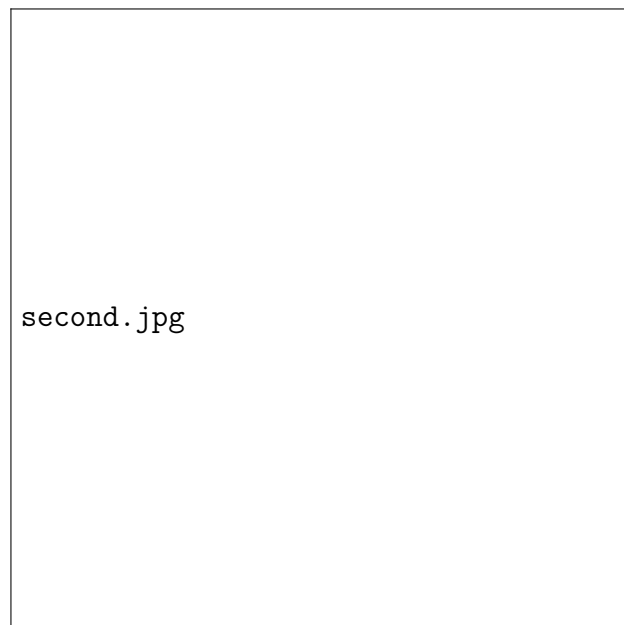
Рисунок 2 – Кинематическая схема рулевой трапеции: 1 — коромысло, приводимое в движение рулевым двигателем, 2 — шасси робота, 3 — шатун, 4,5 — коромысла, жестко соединенные с осями вращения передних колес.

- для измерения расстояний до объектов окружающей среды робот имеет два ультразвуковых датчика;
- для определения собственного угла поворота и угловой скорости робот снабжен возвращающим их датчиком-гироскопом.



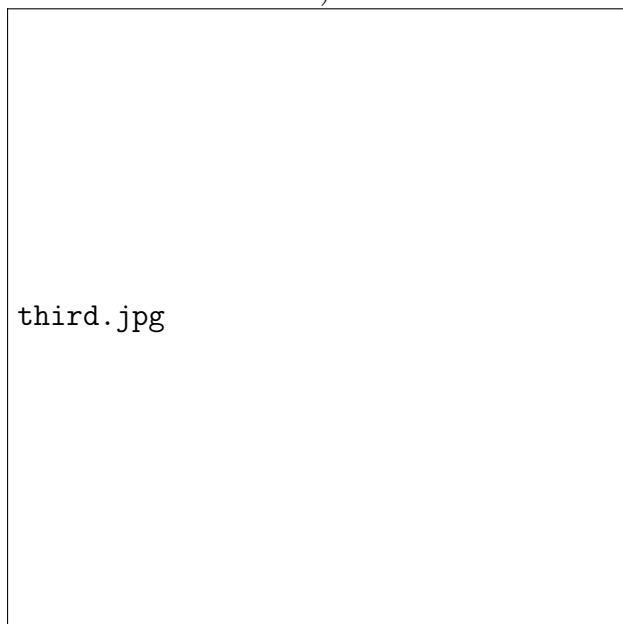
first.jpg

а)



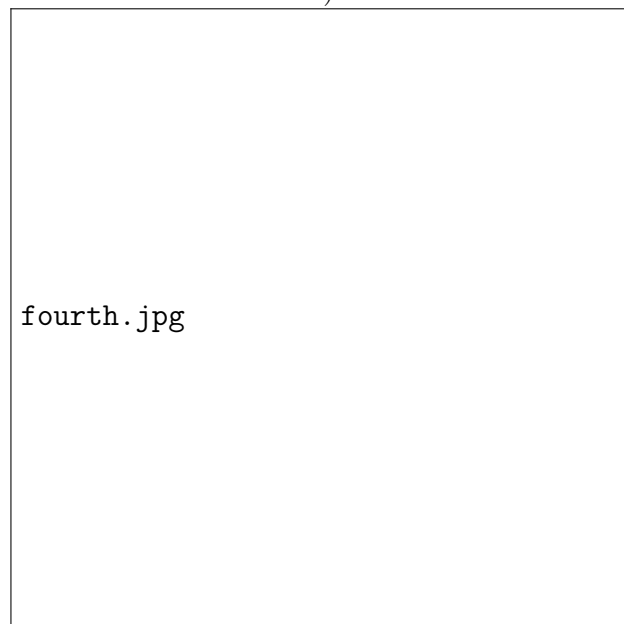
second.jpg

б)



third.jpg

в)



fourth.jpg

г)

Рисунок 3 – Внешний вид использованного в работе робота-машинки.

## 2 Управление движением робота

### 2.1 Кинематическая модель

Кинематическая модель робота имеет вид [1]:

$$\begin{cases} \dot{x} = v \cos \theta \\ \dot{y} = v \sin \theta \\ \dot{\theta} = \omega \end{cases} \quad (1)$$

где  $x, y$  — декартовы координаты точки  $C$ , являющейся серединой задней оси (см. рисунок 4);  $\theta$  — угол поворота робота (угол между осями абсцисс неподвижной системы координат  $Ox_0y_0$  и системы координат  $Ox_1y_1$ , жёстко связанной с роботом);  $v$  — проекция скорости  $\vec{v}$  точки  $C$  на ось абсцисс системы координат  $Ox_1y_1^*$ ;  $\omega$  — угловая скорость вращения робота.

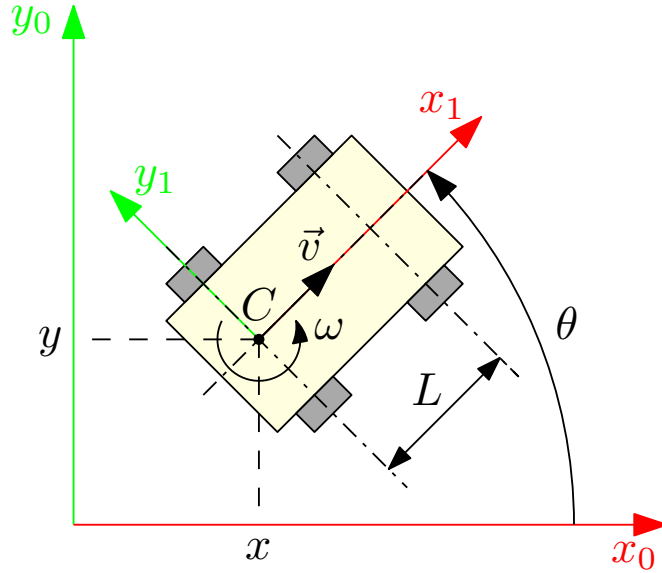


Рисунок 4 – Чертеж-пояснение к кинематической модели робота.

### 2.2 Локализация робота

В качестве угла  $\theta$  и угловой скорости  $\omega$  в работе использовались угол и угловая скорость, возвращаемые установленным на робота датчиком-гироскопом. Координаты  $x$  и  $y$ , в свою очередь, непосредственно не измерялись, а рассчитывались с использованием первых двух уравнений модели (1). При этом линейная скорость точки  $C$  с учетом третьего пункта перечня, представленного в разделе 1, определялась в соответствии со следующим выражением

$$v = \underline{\omega} R, \quad (2)$$

где  $\underline{\omega}$  — угловая скорость вращения вала тягового двигателя,  $R$  — радиус задних колес робота.

---

\* В данной работе проскальзывание задних колес робота считается отсутствующим, а, следовательно, вектор  $\vec{v}$  — всегда коллинеарным оси абсцисс системы координат  $Ox_1y_1$ .

Состоятельность описанного принципа локализации робота была проверена с помощью сторонней системы технического зрения. Подробности соответствующих экспериментов и полученные результаты доступны в Приложении А.

## 2.3 Структура системы управления

Общая структура системы управления движением робота, позволяющая ему двигаться по желаемой траектории, показана на рисунке 5. Указанные на ней физические величины, ранее не упоминавшиеся в тексте данного отчета, значат следующее:

$U_1$  ( $U_2$ ) — напряжение, подаваемое на тяговый (рулевой) двигатель, выраженное в процентах от максимального напряжения (знак определяет направление вращения);

$\bar{\varphi}$  — угол поворота вала рулевого двигателя;

$\bar{\varphi}_{min}$ ,  $\bar{\varphi}_{max}$  — его минимальное и максимальное значения ( $\bar{\varphi}_{min} = -\bar{\varphi}_{max}$ );

$x_r$  и  $y_r$  — координаты, которые должен иметь робот в данный момент времени, чтобы следовать по желаемой траектории;

$X_{des}$  — желаемое значение величины  $X$ .

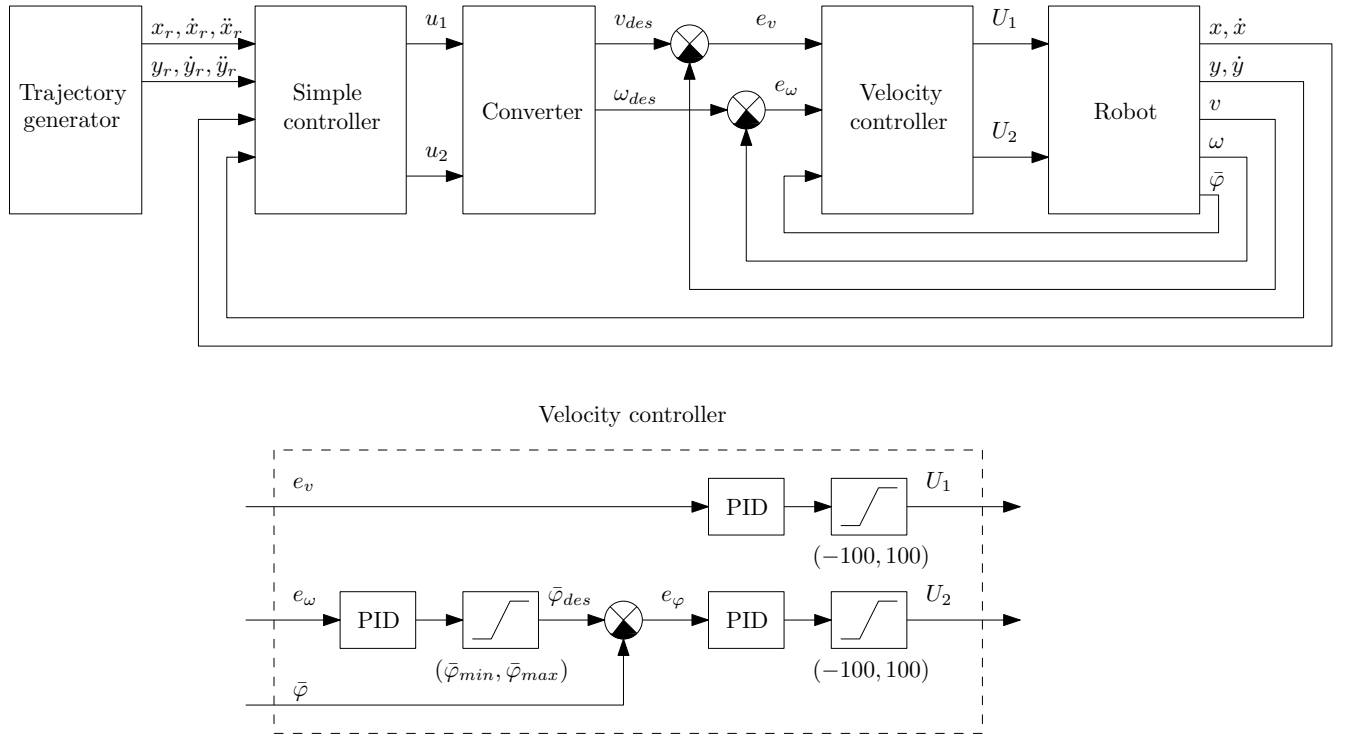


Рисунок 5 – Структура системы управления движением робота.

Формирование желаемых значений для линейной и угловой скоростей робота блоком Converter, а также расчет «предварительных» управляющих воздействий в блоке Simple Controller производятся в соответствии со следующими выражениями [2]:

$$\begin{cases} \dot{\xi} = u_1 \cos \theta + u_2 \sin \theta, \\ v_{des} = \xi, \\ \omega_{des} = \frac{-u_1 \sin \theta + u_2 \cos \theta}{\xi}, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} u_1 = \ddot{x}_r + k_{p1}(x_r - x) + k_{d1}(\dot{x}_r - \dot{x}), \\ u_2 = \ddot{y}_r + k_{p2}(y_r - y) + k_{d2}(\dot{y}_r - \dot{y}). \end{cases} \quad (4)$$



### 3 Поиск парковочного места

Текст

## 4 Планирование траекторий движения

Текст

## Заключение

Текст

## **Список использованных источников**

1. <https://arxiv.org/pdf/1604.07446.pdf>
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017380114>

## Приложение А

(обязательное)

### **Описание экспериментов по проверке состоятельности использованных методов локализации робота с помощью сторонней системы технического зрения**

Текст