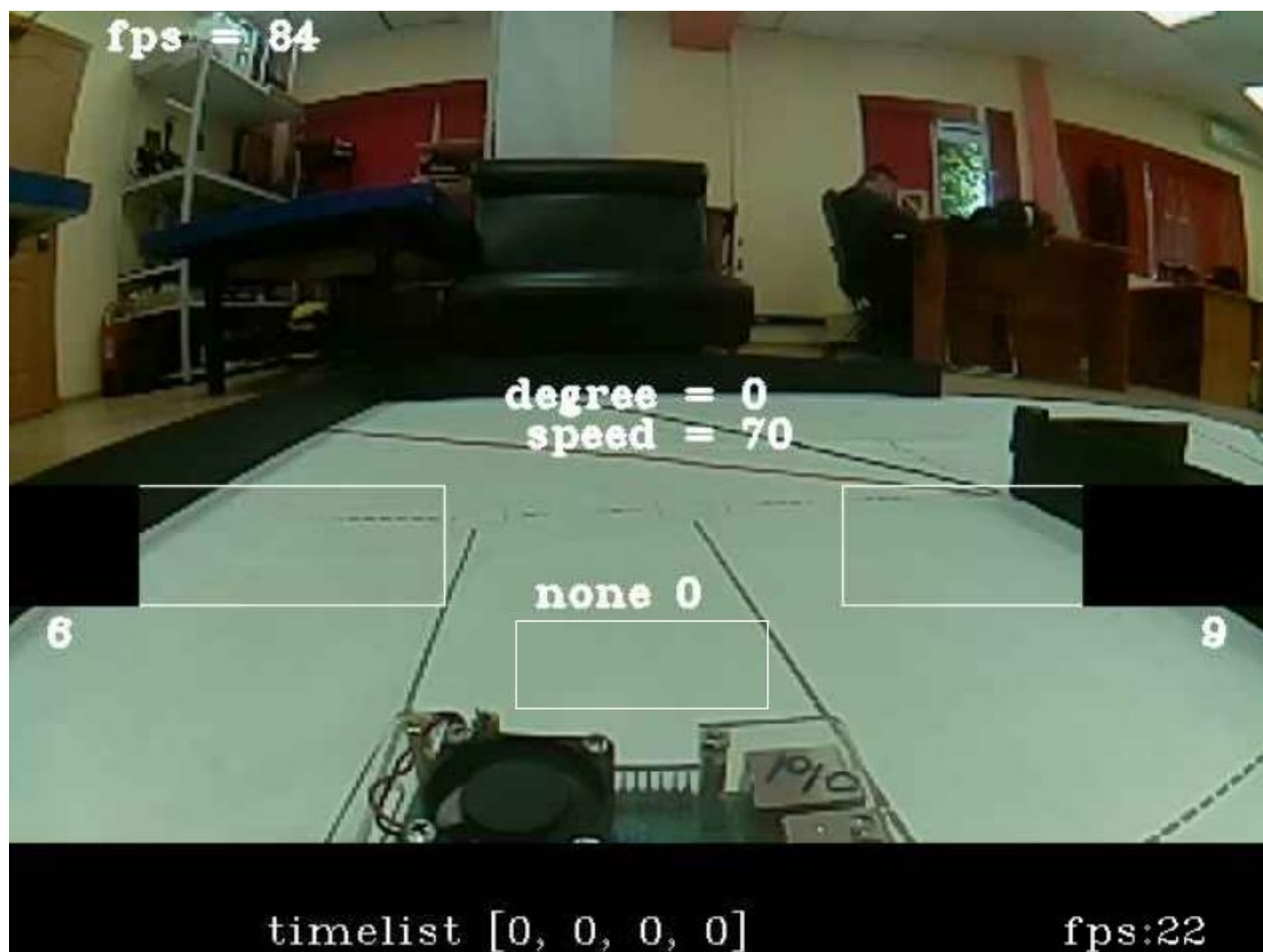


Обсуждение систем распознавания препятствий

Квалификация

Для начала следует взглянуть на поле глазами робота



На этом фото мы можем видеть поле, телеметрию (текст на экране), а также прямоугольники. Эти прямоугольники — это графическое отображения областей интереса. Они очерчивают границы области поиска тех или иных объектов, например, два прямоугольника по бокам кадра очерчивают границы областей поиска бортиков, а небольшой прямоугольник по центру — область поиска синей и оранжевой линии. В дальнейшем для простоты и краткости область интереса и прямоугольник мы объединим в понятие датчик. То есть на кадре присутствует 3 датчика: 2 датчика бортика и один датчик перекрёстков (перекрёстком называется синяя или оранжевая линия, в зависимости от направления движения).

Датчики

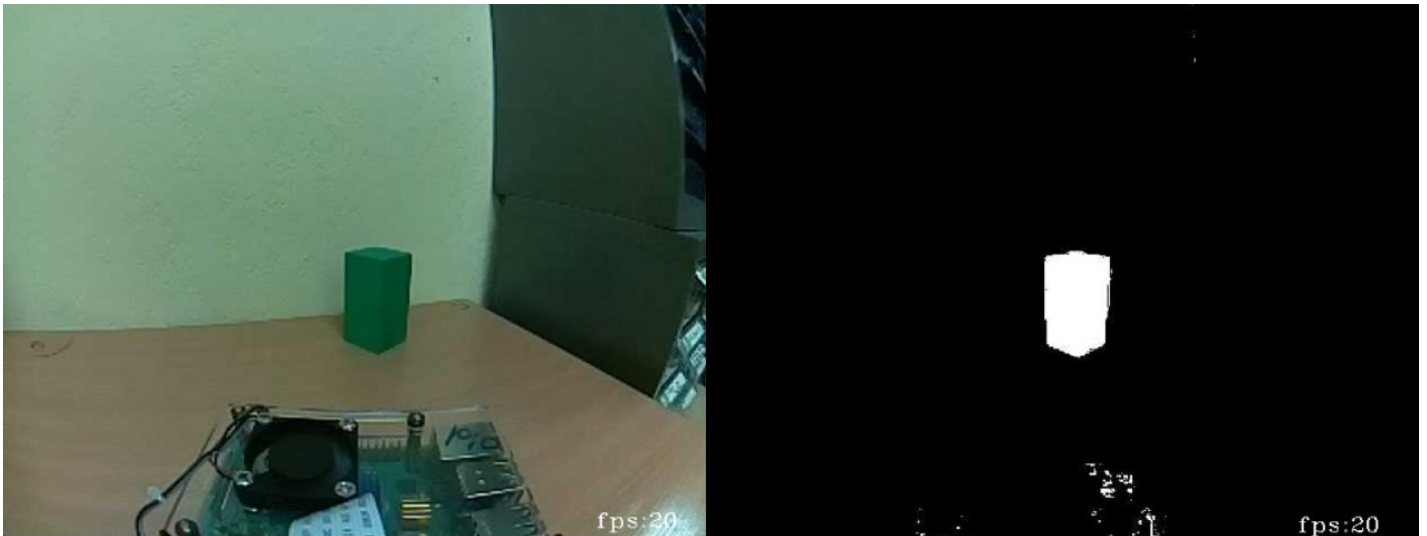
Датчики нужны для того, чтобы определить позицию объекта (бортика, знака, линии) по цвету в модели HSV. Все датчики устроены похожим образом и имеют базовый набор действий:

1) Скопировать часть кадра 2) перевести полученное изображение в цветовую модель HSV 3) создать маску 4) найти на этой маске контуры 5) найти наибольший контур 6) передать его координаты.

Создание маски — это процесс создания массива нулей и единиц на основе изображения в цветовом пространстве HSV и диапазона значений. Алгоритм создания таков:

Если цвет пикселя на исходном изображении входит в данный диапазон, то пиксель с такими же координатами на маске становится белым, иначе пиксель будет чёрным.

Наглядная демонстрация создания маски



Алгоритм движения

После разбора основных составляющих можно перейти к общему алгоритму движения, он будет представлен ниже в форме псевдокода.

Получить кадр с камеры

Если робот находится в фазе движения:

 Обработать датчики бортиков

 ПД регулятор

 Обработать датчик перекрёстка

Если робот находится в фазе активного торможения:

 Если с перехода в фазу активного торможения прошло менее 100 миллисекунд:

 скорость = -100

 Иначе:

 перейти в фазу остановки

Если робот находится в фазе остановки:

 Скорость = 0

 Угол поворота = 0

Если количество перекрёстков равно 12 и флаг опущен:

 Поднять флаг

 Засечь время

 Количество перекрёстков = 13

Если с момента 12-го перекрёстка прошло больше времени чем нужно для преодоления половины зоны:

 Перейти в фазу активного торможения

 Засечь время

 Опустить флаг

Передать значение угла поворота из ПД регулятора на микроконтроллер

В данном фрагменте упущены некоторые части кода, не влияющие на прохождение траектории, такие как индикация или подсчёт кадров в секунду.

Но если рассматривать более подробно, то для начала следует посмотреть на код программы.

```
wait_for_key()
while 1:
    frame = robot.get_frame(wait_new_frame=1)

    if state == 1:
        red, green, blue = 0, 0, 0
        detect_line_pro()
        pd_regulator(dat1, dat2)
        search_cross()
        if search_cross_time + 0.5 > time.time():
            if color_line == 'orange':
                red = 84
                green = 54
            if color_line == 'blue':
                blue = 80
                green = 20
```

Этот код мы взяли из программы qualification.py и убрали все комментарии. Тут, очевидно, не вся программа, это только фаза движения, которая, в прочем, представляет собой весь алгоритм.

`wait_for_key()` — это функция ожидания нажатия кнопки, она посылает на микроконтроллер сообщение '99999999999999999999999999999999\$', которое свидетельствует о том, что raspberry запустилась, и начала выполнять программу. Параллельно происходит чтение сообщений с микроконтроллера, которые содержат всего одну цифру, ноль либо единицу. Ноль — кнопка не нажата, один — кнопка нажата. Как только приходит сообщение о нажатой кнопке, raspberry выходит из этой функции.

`frame = robot.get_frame(wait_new_frame=1)` — этой строчкой мы получаем снимок с камеры, который мы будем использовать в дальнейшем.

`if state == 1:` — переменная state отвечает за режимы работы робота, 1 — выполнение задания, 2 — активное торможение, 3 — остановка.

`red, green, blue = 0, 0, 0` — эти три переменные отвечают за цвета RGB светодиода.

`detect_line_pro()` — эта функция отвечает за работу датчиков бортиков, но не отрисовывает их на экране. Внутри у неё не так много кода, потому что она использует две другие функции и упрощает работу с ними. Её задача просто приравнять глобальные переменные dat1 и dat2, к показаниям датчиков.

`pd_regulator(dat1, dat2)` — эта функция обыкновенный пропорционально-дифференциальный регулятор с некоторыми дополнениями в виде частных случаев, в роде: если левый датчик равен нулю, следовательно мы на повороте и только что проехали угол, следовательно сейчас необходимо сделать поворот влево.

`search_cross()` — эта функция занимается поиском перекрёстков на соответствующем датчике. Эта же функция записывает время зон в список.

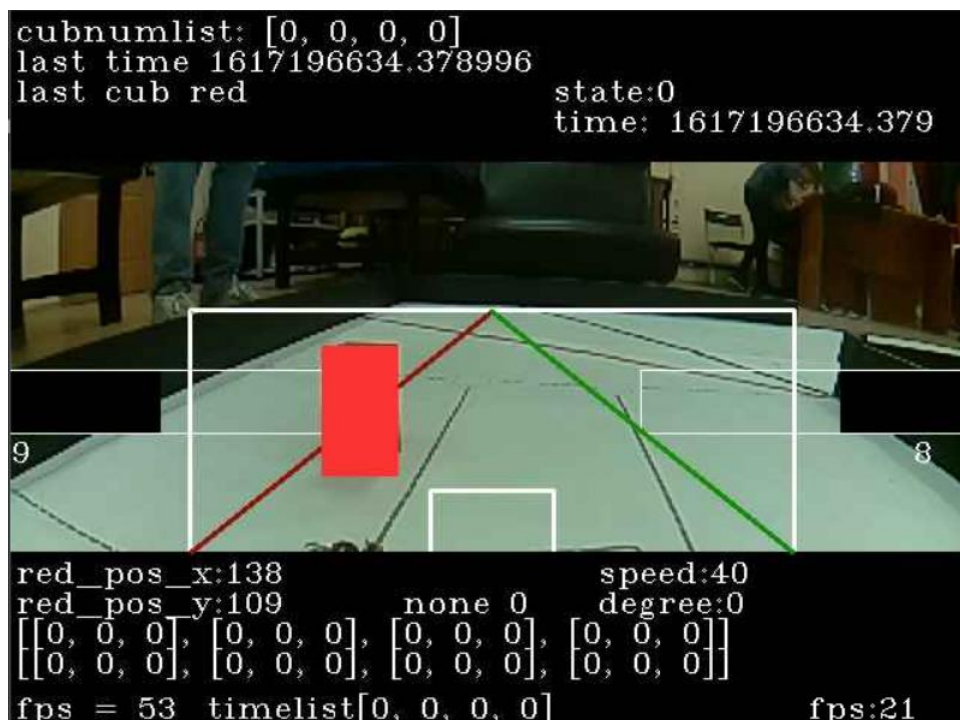
А далее идет индикация обнаружения перекрёстков.

И это весь алгоритм движения, дальше только активное торможение и остановка.

Финал

Финальный заезд отличается от квалификационного только знаками на поле, соответственно, программа будет отличаться только алгоритмами, связанными со знаками.

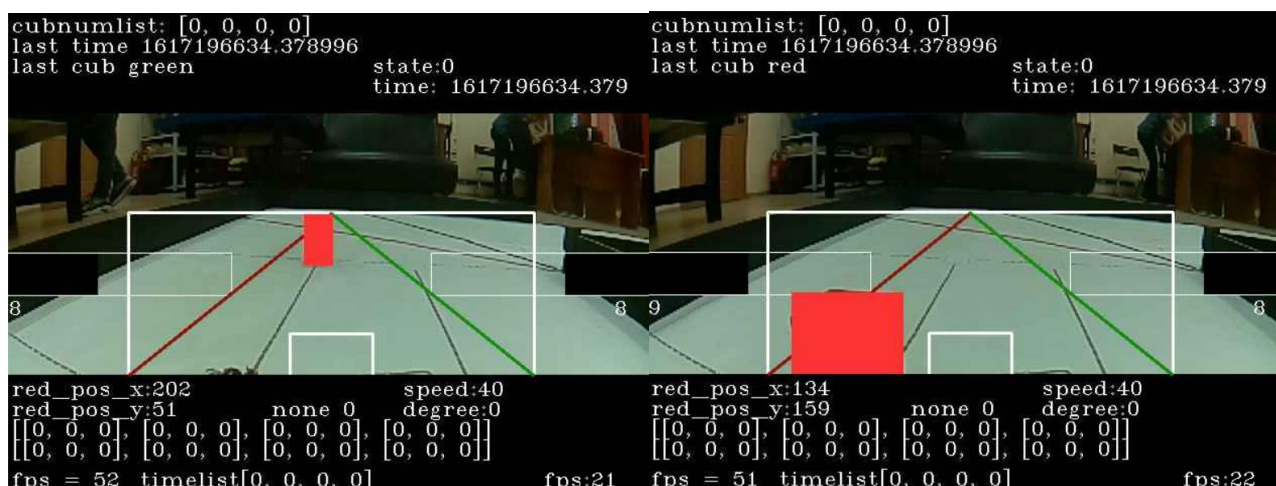
Знаки мы определяем по HSV с помощью датчика, как и остальные объекты.



Экран финального заезда отличается от квалификационного только датчиком знаков. Так как знаки могут быть где угодно и на любом расстоянии от робота, датчик должен быть довольно большим. Когда робот замечает знак, он начинает ориентироваться только по нему, игнорируя бортики. Для этого у нас есть отдельная функция с ПД регулятором (`pd_regulator_cube`). Эта функция отличается от обычного ПД регулятора тем, что в ней ошибка высчитывается исходя из перспективы, которая изображена зелёной и красной линиями на экране. Перспектива подразумевает, что в зависимости от расстояния до знака мы должны занимать разные позиции в пространстве относительно него. Например, если красный знак на камере высоко, то он достаточно далеко от робота (рис. 1), и чтобы к нему правильно подъехать, нужно фиксировать его по середине кадра, а если он низко на камере, то есть находится возле робота (рис. 2), то, чтобы его не сбить, робот должен находиться максимально справа. То есть существует зависимость положения знака по X координате от положения знака по Y координате, и эту зависимость можно представить в виде функции: $x = k * y + b$, а в нашем случае для красного это $-x = 240 - y * 1.23$, и для зеленого $-x = 160 + y * 1.23$. И это значение X - это установка, к которой стремится ПД регулятор.

Рис. 1

Рис. 2



Алгоритм фазы движения финального заезда выглядит так:

Обработать датчики знаков

Если ни одного знака не обнаружено:

Обработать датчики бортиков

Двигаться с помощью ПД регулятора

Если знак, который нужно объезжать с внешней стороны, пропал менее 400 миллисекунд назад:

Совершить поворот в сторону движения

#это сделано для того, чтобы быстро вернуться на траекторию

Иначе если есть зеленый и он ближе:

Двигаться с помощью ПД регулятора для знаков

Иначе

Двигаться с помощью ПД регулятора для знаков

Обработать датчик перекрёстков

А фазы активного торможения и остановки абсолютно идентичны с квалификацией

Далее будет представлен фрагмент кода, и более подробный его разбор.

```
if state == 1: # езда
    red, green, blue = 0, 0, 0
    if search_cross_time + 0.5 > time.time():
        if color_line == 'orange': # если цвет перекрёстка оранжевый зажечь оранжевый
            red = 60
            green = 50
        if color_line == 'blue': # если цвет перекрёстка синий зажечь синий
            blue = 80
            green = 20
    green_pos = cube_g()
    red_pos = cube_r()
    green_pos_x = green_pos[0] - 1
    green_pos_y = green_pos[3]
    red_pos_x = red_pos[2] + 1
    red_pos_y = red_pos[3]

    if green_pos_x == 0 and red_pos_x == 0: # если нет знаков
        detect_line_pro() # ищем бортики
        pd_regulator(dat1, dat2, kp, kd)

        if cube_green_exist + 0.4 > time.time() and color_line == 'orange':
            degree = -50
        if cube_red_exist + 0.4 > time.time() and color_line == 'blue':
            degree = 50

    elif green_pos_x > 0 and green_pos_y > red_pos_y:
        cube_color = "Green"
        cube_exist_tim = time.time()
        if color_line == 'blue':
            b_g = 150
        elif color_line == 'orange':
            b_g = 180
        else:
            b_g = 160
        pd_regulator_cube(green_pos_x, (b_g + green_pos_y * 1.23))
        red, green, blue = 0, 100, 20

    else: # если есть красный
        cube_color = "Red"
        cube_exist_tim = time.time()
        if color_line == 'blue':
            b_r = 230
        elif color_line == 'orange':
            b_r = 220
        else:
            b_r = 240
        pd_regulator_cube(red_pos_x, (b_r - red_pos_y * 1.23))
        red, green, blue = 100, 0, 0

search_cross()
```


Начало кода в программе для финала взято из квалификации, где мы, в зависимости от цвета перекрёстка, зажигаем RGB светодиод, если перекрёсток был замечен менее 500 миллисекунд назад.

Далее мы объявляем переменные: `green_pos`, `red_pos`, `green_pos_x`, `green_pos_y`, `red_pos_x` и `red_pos_y`.

`cube_g()` и `cube_r()` – это функции, которые определяют положение зелёного и красного знаков на камере и возвращают их координаты. То есть в списках `green_pos` и `red_pos` находятся координаты зелёного и красного знаков, а в переменных `green_pos_x`, `green_pos_y`, `red_pos_x` и `red_pos_y` находятся координаты нижнего левого угла зелёного знака и координаты правого нижнего угла красного знака.

Затем идет условие, что если знаков не обнаружено, то робот едет по обычному ПД – регулятору. В это условие встроено ещё два условия, для красного и зеленого знаков. Они нужны для того, чтобы вернуться на траекторию после объезда знака с внешней стороны.

Потом идет ещё одно условие. Если робот замечает зелёный знак, и он ближе красного, то мы:

1. Присваиваем переменной `cube_color` значение `"Green"`;
2. Засаекаем таймер;
3. Устанавливаем коэффициент “b” прямой в зависимости от цвета перекрёстка (коэффициент нужен для объезда знака);
4. Объезжаем знак по специальному ПД регулятору `pd_regulator_cube()` (ошибка считается исходя из перспективы);
5. Зажигаем RGB светодиод зелёным цветом.

Иначе, если ни одно из вышеперечисленных условий не сработало, то перед роботом красный знак и мы:

1. Присваиваем переменной `cube_color` значение `"Red"`;
2. Засаекаем таймер;
3. Устанавливаем коэффициент “b” прямой в зависимости от цвета перекрёстка (коэффициент нужен для объезда знака);
4. Объезжаем знак по специальному ПД регулятору `pd_regulator_cube()` (ошибка считается исходя из перспективы);
5. Зажигаем RGB светодиод красным цветом.

В конце, как и в квалификации, ищем перекрёсток с помощью функции `search_cross()`.