

Катаргулова Р.А., Прудаева И.В.
**ЗАДАЧА ФОРМИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПО ЛИНИИ МОБИЛЬНОГО
РОБОТА**

***Аннотация.** Рассматривается задача движения мобильного робота по линии. Анализируются релейный, пропорциональный, дифференциальный, интегральный регуляторы для формирования движения робота по линии. Результатом исследования является универсальный алгоритм для ПИД регулятора.
Ключевые слова: мобильные роботы, движение по линии, робототехника, регулятор движения*

Katargulova R.A., Prudaeva I.V.
**THE PROBLEM OF FORMING MOTION ALONG THE LINE A MOBILE
ROBOT**

***Abstract.** In this article, we consider the problem of forming motion along the line a mobile robot. Analyzes relay, proportional, differential, integral regulator for create move robots on line. The result of research is a universal algorithm for PID regulator.*

***Keywords:** robots, motion along the line, robotics, algorithm*

Не так давно руководство РФ определило курс на модернизацию технического образования в России и повышение престижа инженерных профессий [4]. Идеология федеральных государственных образовательных стандартов позволяет на начальном этапе образования применять робототехнику как высокоэффективное средство обучения и воспитания обучающихся, поддерживающее инновационные процессы в школе на метапредметном уровне и закладывающее основы инженерного образования. Так на всех этапах образования внедряется образовательная робототехника. Одной из самых популярных сред робототехники в России является образовательная среда LEGO Education. Образовательные решения LEGO позволяют построить учебный процесс таким образом, что учащиеся становятся активными участниками процесса получения знаний, поскольку им понятен прикладной смысл изучаемого и очевидна цель получения знаний. Продукты LEGO являются идеальным инструментом для обучения таких дисциплин, как информатика, физика, технология, проектирование и математика [6].

Одной из важной составляющей образовательного процесса являются соревнования. Изучив спецификацию различных соревнований [5, 7] определяем, что движение по линии наиболее распространённая задача. К тому же данное умение является пропедевтикой компьютерного зрения.

Для разработки робота, способного перемещаться по линии необходимо решить такие задачи как:

- конструктивную – робот должен иметь возможность быстро передвигаться по линии (по сравнению с остальными участниками);
- сенсорную – робот должен обладать таким набором датчиков, который позволит ему точно знать, где на поле находится он сам, а где находится препятствие;
- поведенческую – программное управление без участия оператора должно быть в состоянии оценить обстановку и реализовать оптимальное действие.

Конструкция робота представляет собой больше творческий подход, поскольку он определяется возможностями разработчика и поставленной задачей для робота. При движении по линии конструкция должна включать в себя: 1 блок NXT или EV3, 2 сервомотора, для движения робота влево и вправо, датчик освещенности. Датчик освещенности позволяет различать яркость объектов или освещенность помещения, его

необходимо разместить, так чтобы вместе с ведущими колесами он образовывал равнобедренный или равносторонний треугольник.

Рассмотрим самый распространенный пример: поле белого цвета, линия черного. Движение по линии для робота реализовывают по краю линии - зигзагообразное, где для робота заложены два варианта движения для белого и черного цвета. Если датчик видит белый, то поворот налево (подается большая мощность на левый мотор, например, л.-50, п.-20), если черный, то направо (на правый мотор, например, л.-20, п.-50). Движение робота по прямой с помощью данного алгоритма будет идеальным, но в случае с поворотами и другими кривыми, робот не справится со своей задачей.

Простое решение проблемы – разделение типа движения на три вида: поворот вправо, влево и прямолинейное движение. Для данного случая алгоритм изменяется на: если датчик видит белый, то поворот налево (подается большая мощность на левый мотор, например, л.-50, п.-20), если черный, то направо (на правый мотор, напр. л.-20, п.-50), если значение датчика равно среднему значению, то вперед (на каждый мотор идет одинаковая мощность, например, 50).

Данный подход лучше, чем предыдущий, но он все равно не является эффективным: движение робота зависит от освещения и расположения датчика. Для сглаживания движений робота вводят дополнительные коэффициенты которые вычисляются, учитывая текущее значение датчика при движении по линии, максимально и минимально возможное значение датчика на поле:

1. В режиме калибровки определяются значения: L_{min} – минимальное значение датчика на поле (на черном); L_{max} – максимальное значение датчика на поле (на белом). Для большей эффективности во время движения по линии следует добавить блок обновления данных: если текущее значение датчика больше L_{max} или меньше L_{min} , то перезаписать переменные

2. Вычисляется среднее значение L_a :

$$L_a = \frac{L_{max} + L_{min}}{2} \quad (1)$$

3. Вычисляется error – текущая ошибка, величина определяющая отклонение от среднего, если она положительна, то робот на линии, если отрицательна, то робот съезжает с линии:

$$error = L_a - L \quad (2)$$

4. Задается T_r – мощность, подаваемая на моторы для движения вперед

5. Задается K_p – пропорциональная составляющая, для определения и исправления текущей ошибки

6. Задается K_i – интегральная составляющая, для коррекции данных и исправления предыдущих ошибок

7. Задается K_d – производная составляющая, для прогноза будущих ошибок

8. Считывается текущее значение датчика L , для учета данных и коррекции пути

9. Вычисляется $integral$ - содержит текущую сумму ошибки, вначале присваиваем 0

10. Вычисляется $lasterror$ – значение предыдущей ошибки, вначале присваиваем 0

11. Вычисляем $derivative$ – прогноз на будущую ошибку, вначале присваиваем 0

Тогда пересчет переменных происходит по алгоритму:

$$K_p = 10; \quad (3)$$

$$K_i = 1; \quad (4)$$

$$K_d = 100; \quad (5)$$

Считывание L_{min} , L_{max} , и вычисление L_a ;

$$T_r = 50; \quad (6)$$

$$integral = 0; \quad (7)$$

$$lasterror = 0; \quad (8)$$

$$derivative = 0; \quad (9)$$

Начало бесконечного цикла:

Инициализация L – считывание текущего значения датчика;

$$\text{error} = L - L_a; \quad (10)$$

$$\text{integral} = \text{integral} + \text{error}; \quad (11)$$

$$\text{derivative} = \text{error} - \text{lasterror}; \quad (12)$$

$$T = K_p * \text{error} + K_i * \text{integral} + K_d * \text{derivative}; \quad (13)$$

На первый мотор подаем $T_p + T$;

Если $T_p - T > 0$ то на второй мотор мощность $T_p - T$

Иначе подаем на второй мотор мощность $-(T_p - T)$;

Необходимо учесть, что итоговые значения для мощностей на моторы может быть отрицательным, поэтому добавляем дополнительный условный оператор. Если возникнет ошибка в выборе моторов, тогда необходимо поменять значения для моторов местами. Здесь K_p и T_p варьируемые значения, поэтому пользователь может их подстраивать под себя;

$\text{lasterror} = \text{error}$;

Конец цикла.

Данный алгоритм для движения робота по линии достаточно объемный. Коэффициенты K_p , K_i и K_d определяются пользователем и роботом, будут различаться при различном освещении или изменении конструкции (высота датчика). В итоге траектория робота станет оптимальной и гладкой.

Результаты работы можно будет в дальнейшем использовать в различных сферах человеческой деятельности. Как в промышленности, так и в быденной жизни. Например, это мобильный транспортный робот для обслуживания станков в промышленном цехе. Причем в цехе могут двигаться другие роботы, ходить рабочие и т.д. [3]. Другой пример – доставка лекарств в больничную палату. Здесь столы, шкафы, кровати стоят неподвижно, но в коридоре может появиться врач, а больному захочется посидеть за столом.

Список литературы

1. Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID control. – ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society), 2006. — 460 p
2. Софронова, Н. В. Теория и методика обучения информатике: М: Высшая школа, 2006. – 226 с.
3. Скотт П. Промышленные роботы — переворот в производстве: Сокр. пер. с англ./ Авт. предисл. и науч. ред. Л. И. Волчкевич. - М.: Экономика, 1978. — 304 с.
4. A PID Controller For Lego Mindstorms Robots [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.inpharmix.com/jps/PID_Controller_For_Lego_Mindstorms_Robots.html. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).
5. Встреча со студентами и преподавателями технических вузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/10759/work>. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).
6. Робофест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.russianrobotfest.ru/>. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).
7. LEGO EDUCATION [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – Инновационные технологии современного образования на фестивале старт ап - <http://www.startupfair.ru/novosti/LEGO-Education-innovaczionnyie-texnologii-sovremennogo-obrazovaniya-na-festivale-start-ap.html>. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).
8. WRO Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - <http://robolymp.ru/>. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).
9. Классический ПИД регулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - http://bookasutp.ru/Chapter5_2.aspx. Заглавие с экрана. - (Дата обращения: 15.05.2015).

ДАнные об авторах

Катаргулова Розалия Ахязмовна, студент 4 курса, направления «Математика и компьютерные науки», Тюменский государственный университет, ул. Перекопская 15а, г. Тюмень, 625000, Россия

Электронная почта: rose8mimi@gmail.com

Прудаева Ирина Владимировна, старший преподаватель кафедры «Математика и информатика», Тюменский государственный университет, ул. Перекопская 15а, г. Тюмень, 625000, Россия

Электронная почта: teacher13@yandex.ru