

АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИКИ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.С. Беляев, аспирант А7-36

О.А. Брылев, студент гр. 8Е71

Е.А. Иванов, студент гр. 8Е71

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: eai13@tpu.ru

Введение

В связи с ростом применения мобильной робототехники на производстве все большее внимание уделяется проблеме автономной навигации мобильных платформ на неоднородной поверхности. Для реализации качественной автономной навигации необходимо решение ряда задач, среди которых задача планирования траектории передвижения. В предыдущей работе [1] было предложено строить оптимальный, с точки зрения проходимости, путь. При этом робот принимался за точку, движущуюся по поверхности между центрами различных зон. В текущей работе предлагается усложнение концепции формирования траектории передвижения путем учета кинематики мобильной платформы и детализированного разбиения карты, подобранного под размеры робота.

Целью данной работы является реализация и моделирование алгоритма планирования траектории движения мобильной платформы по неоднородной поверхности с учетом траектории движения колес робота FESTO Robotino.

Описание алгоритма

Для реализации указанного алгоритма необходимо разбиение всей карты на участки и составление сетчатого графа, по которому будет перемещаться мобильная платформа. В качестве карты, по которой движется робот используется полигон, имитирующий разнородные поверхности. На данном полигоне строится сетка, таким образом, чтобы каждый элемент (квадрат) внутри сетки имел сторону, равную диаметру колеса мобильной платформы. Такое разбиение позволяет достаточно точно учитывать поверхности, по которым движется каждое из колес и, в то же время, преобразовать карту в набор узлов, которые удобно использовать в теории графов. Для данного полигона и кинематики мобильной платформы получен набор моделей робота на разбитой поверхности для любой угловой ориентации (рис. 1). Серым отмечены поверхности, которые учитываются для данного колеса. Расчет кинематики и динамики данного мобильного робота представлен в работе [2].

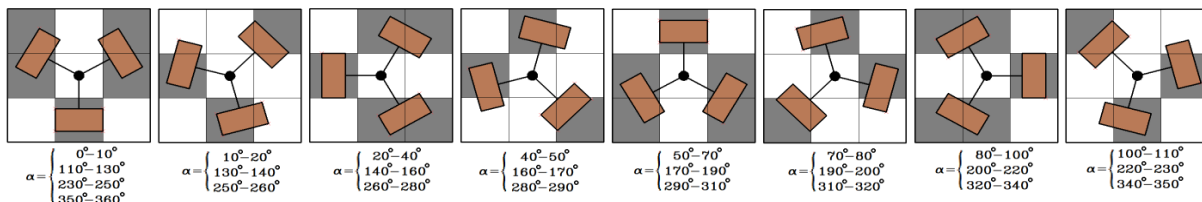


Рис. 1. Модель робота на разбитой на узлы поверхности

Каждому квадрату поверхности присваивается соответствующее значение трудоемкости, которое отражается токовой характеристикой при движении по поверхности. Токовые характеристики были получены для используемого полигона в работах [3-4].

Далее происходит аппроксимация поверхности блоками со стороной, равной трем сторонам исходного квадрата. Значения трудоемкости для каждого такого блока при этом берутся равными среднему значению всех исходных квадратов, входящих в него. По полученной карте, с использованием алгоритма Дейкстры, происходит построение пути с наименьшей трудоемкостью без учета траектории движения колес. Весь процесс, описанный выше, представлен на рисунке 2.

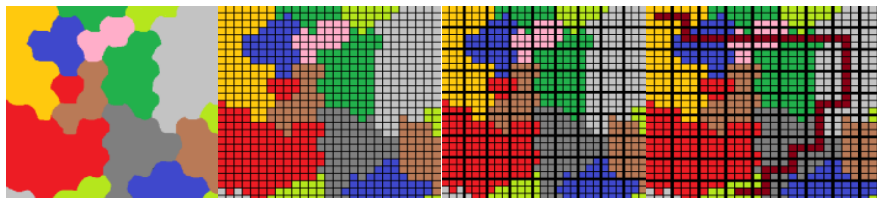


Рис. 2. Разбиение поля на узлы графа и построение траектории

После построения траектории через блоки происходит детальный анализ передвижения между каждой парой блоков. В ходе анализа происходит подбор типа передвижения мобильной платформы, в зависимости от трудоемкости данного передвижения для каждого колеса в отдельности. Основной задачей на данном этапе является подбор способа передвижения, при котором для каждой пары соседних квадрантов выполнялась минимизация следующего выражения:

$$\sqrt{H_X^2 + H_Y^2 + H_\varphi^2}, \quad (1)$$

Где H_X , H_Y , H_φ – трудоемкости передвижения относительно координатных осей и при повороте. Трудоемкости по координатным осям выражаются проекцией вектора токов для каждой оси локальной системы координат робота на вектор направления движения мобильной платформы.

$$H_X = -0.577 \cdot \text{sign}(V_1) \cdot I_1 + 0.577 \cdot \text{sign}(V_3) \cdot I_3,$$

$$H_Y = 0.333 \cdot \text{sign}(V_1) \cdot I_1 - 0.667 \cdot \text{sign}(V_2) \cdot I_2 + 0.333 \cdot \text{sign}(V_3) \cdot I_3,$$

$$H_\varphi = 0.333 \cdot \sum I_i$$

Где I_i – ток на i -м моторе, V_i – скорость вращения i -го колеса, θ_X , θ_Y – углы между вектором движения робота и соответствующей локальной осью.

На основании вышеприведенных выражений, путем минимизации выражения (1) формируется набор переходов между каждой парой соседних квадрантов.

Структурная схема данного алгоритма представлена на рисунке 3.

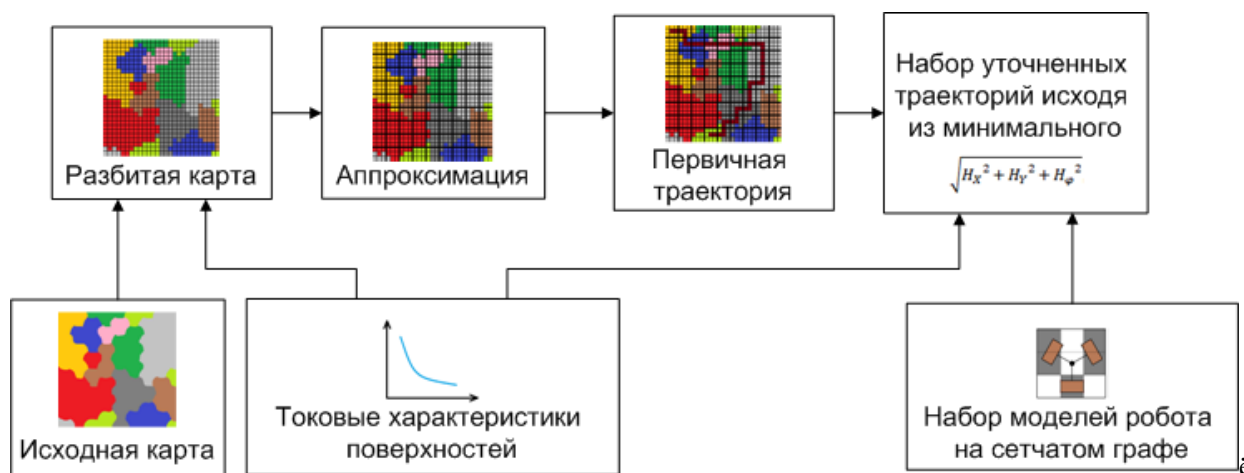


Рис. 3. Структурная схема алгоритма планирования траектории

Заключение

В результате был разработан алгоритм планирования траектории мобильной платформы в условиях неоднородной поверхности передвижения. Однако, данный метод не идеален, в некоторых случаях может иметь место неверное определение наилучшего пути по причине пренебрежения кинематикой при построении первичной траектории. В связи с этим будет вестись дальнейшая работа по улучшению концепции, описанной в текущей работе.

Список использованных источников

1. Иванов Е. А., Беляев А. С., Брылев О. А. Система планирования пути мобильного робота на базе Raspberry Pi // Современные проблемы машиностроения : сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26-30 октября 2020 г. — Томск : Томский политехнический университет, 2020. — 91-92 с.
2. Брылев О. А., Беляев А. С. Разработка динамической модели мобильного робота Robotino // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 17-20 февраля 2020 г., г. Томск. — Томский политехнический университет, 2020. — 204-205 с.
3. Andrakhanov A., Belyaev A. Navigation learning system for mobile robot in heterogeneous environment: Inductive modeling approach // Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017. , 2017, Lviv, - pp. 543-548.
4. Andrakhanov, A. Belyaev, A. GMDH-based learning system for mobile robot navigation in heterogeneous environment // Advances in Intelligent Systems and Computing -2018 - V. 689, pp 1-20.