

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫМИ РОБОТАМИ

Ван Юйфэн

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: wangyf24680@163.com

Научный руководитель — Фомичёв Василий Владимирович

Робот-змея имеет длинное, узкое тело и множество степеней свободы. Роботы-змеи могут имитировать движения змей, что позволяет им выполнять различные задачи, которые не под силу другим роботам. Например, спасательные и разведывательные операции. Бесколесные роботы-змеи способны адаптироваться к более сложной среде, двигает с помощью трения о землю, соответствует движению биологической змей.

Робот-змея, движущийся по плоской поверхности, постоянно изменяет форму своего тела, чтобы вызвать силы трения о землю, которые двигают робота вперед. При движении по плоскости для движения робота-змеи очень важно, чтобы силы трения о землю на звеньях были анизотропными.

Предположим, что у робота-змеи есть N звеньев. Мы используем p_i, \dot{p}_i для обозначения положения центра масс каждого звена и его скорости, а $\theta_i, \dot{\theta}_i$ для обозначения угла и угловой скорости каждого звена в плоскости. С помощью сложных физических вычислений мы получаем нелинейную динамическую систему движения робота-змеи, которая описывает изменение состояния робота-змеи \mathbf{x} при управляющем моменте \mathbf{u} , приложенном в точке соединения каждого звена. В параметрах уравнения мы учитываем коэффициент трения о грунт, длину и массу звеньев и другие постоянные величины.

$$\mathbf{x} = \left[\boldsymbol{\theta}^T, \mathbf{p}^T, \dot{\boldsymbol{\theta}}^T, \dot{\mathbf{p}}^T \right]^T \in \mathbb{R}^{2N+4}$$

$$\dot{\mathbf{x}} = \left[\dot{\boldsymbol{\theta}}^T, \dot{\mathbf{p}}^T, \ddot{\boldsymbol{\theta}}^T, \ddot{\mathbf{p}}^T \right]^T = \mathbf{F}(\mathbf{x}, \mathbf{u})$$

Следующий вопрос - вывод уравнений регуляторов разными методами для разных задач:

Во-первых, метод управления, заставляющий робота двигаться вперед с равномерной скоростью.

Мы используем φ для обозначения угла между звеньями робо-

та. Мы ожидаем, что они будут изменяться в соответствии с синусоидальной функцией, чтобы робот мог имитировать волновое движение змеи.

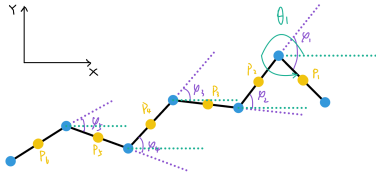
$$\varphi_{i,ref} = \alpha \sin(\lambda(t) + (i - 1) \delta), i = 1, \dots, N - 1$$

Используя ПД-регулятор, мы можем получить уравнение закона управления.

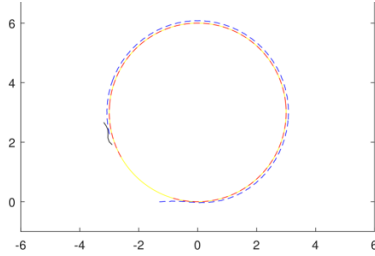
Во-вторых, управляя параметрами синусоидальной функции, мы можем изменять скорость движения робота, управляя углом первого звена, мы можем изменить направление движения робота. Обе эти задачи реализуются с помощью управления в скользящем режиме.

Описанный выше процесс доказывает возможность управления движением робота-змеи. Чтобы адаптировать робота к различным сложным условиям, можно использовать методы машинного обучения и нейронные сети, которые позволят роботу научиться оптимальному управлению в различных состояниях. Например, робот может обучиться методу попеременного управления "быстро-медленно" при котором различные суставы робота могут принимать решения в зависимости от текущего состояния робота (угол, угловая скорость и т. д.).

Иллюстрации



Состояния робота.



Результат моделирования отслеживания круговой траектории.

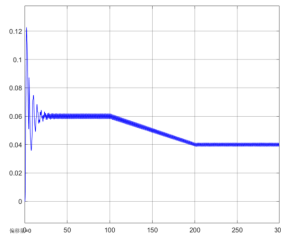


Рис. 3: desired velocity: $v_{ref} = 0.06, t < 100, v_{ref} = 0.04, t > 200$

Результат для изменения скорости робота.

Литература

1. Пшихопов В. Х. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями, 2015.
2. P.Liljeback, K.Y.Pettersen, Ø.Stavdahl and J. T. Gravdahl, “Snake robots: modelling, mechatronics, and control”, Springer-Verlag, London, 2013..
3. P. Liljeback, I. U. Haugstuen, and K. Y. Pettersen, “Path following control of planar snake robots using a cascaded approach”
4. Z. Bing, C. Lemke. Energy-efficient and damage-recovery slithering gait design for a snake-like robot based on reinforcement learning and inverse reinforcement learning