

УДК 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ КИНЕМАТИКОЙ РОБОТА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ПЛАТФОРМЫ СТЮАРТА

Танырбергенова Камила Ислямовна

kamila.tanyrbergen@gmail.com

докторант 1 курса кафедры Вычислительная техника ЕНУ им. Л.Н.Гумилева,

Нур-султан, Казахстан

Научный руководитель – Т. Мирғалиқызы

Роботы параллельных структур на сегодняшний день имеют большую практическую значимость в самых разных отраслях и имеют широкое применение. Именно поэтому оптимизация работы данных роботов всегда имеет актуальность и высокую значимость. [1]

Целью проведения данного исследования является построение модели робота параллельных структур, реализация алгоритма управления для решения и дальнейшего анализа полученных результатов, а так же повышение эффективности робототехнического комплекса введением алгоритма оптимизации.

В качестве моделирования робота параллельной кинематики выбрана платформа Стюарта, так как она наиболее проста и понятна для изучения роботов, имеющих замкнутые кинематические цепи, то есть параллельную кинематику. Платформа Стюарта – это разновидность параллельного манипулятора, в которой используется октаэдральная компоновка стоек. У платформы Стюарта имеется шесть степеней свободы (три вращательных и три поступательных, как абсолютно твердое тело). [2]

С точки зрения механики, современный робот предполагает собою контролируемую концепцию довольно непростой кинематической системы с большим количеством звеньев, сопряженных с помощью линейно или/и вращательно мобильных сочленений и взаимодействующих между собою и с находящимися вокруг предметами, приводимую в движение с помощью разных видов актюаторов и перемещающейся согласно случайным траекториям.

Звенья, образующие попарные соединения и допускающие условные передвижения, называют кинематическими парами. На относительное движение звеньев в кинематической паре накладывается $1 \leq s \leq 6$ связей, оставляя $6-s$ степеней свободы в паре, где s определяет класс кинематической пары.

Систему из звеньев, составляющих кинематические пары, именуют кинематической цепью. Если в кинематической цепи имеются звенья, входящие только в одну единственную кинематическую пару, то такую цепь именуют разомкнутой (последовательная кинематика). Если же каждое звено системы входит в две и более кинематические пары, цепь считают замкнутой (параллельная кинематика).

Под динамической моделью робототехнической системы подразумевается такое математическое описание, формализующее и более детально описывающее причинно-следственные взаимосвязи между входом и выходом в рассматриваемой системе, приводящие к возникновению данной системе механического движения, где под входом подразумеваются действующие силы и моменты, как внутренние так и внешние; а под выходом подразумевается изменение взаимного положения тел, составляющих систему, или их частей, то есть координат системы во времени.

Уравнение движения рассматриваемой механической системы предполагает собой, в общем случае, систему из задаваемых на основе законов движения дифференциальных уравнений, и определяющих эволюцию состояния системы во времени и пространстве.

Число степеней свободы, обозначаемое как n – это характеристика или свойство кинематической цепи, которое определяет минимальное количество независимых переменных, необходимых для полного описания конфигурации кинематической цепи. [3]

Механизм рассматриваемого робота имеет шесть независимых ножек, которые расположены на шарнирных соединениях. Длины данных ножек можно изменять и, таким образом, реализуется возможность менять ориентацию платформы. Прямая кинематическая задача, предполагающая, что для заданных длин ножек решается система уравнений, определяющая положение и ориентацию платформы, имеет до сорока различных решений. В противоположность, обратная кинематическая задача, предполагающая по заданному положению и ориентации платформы нахождение длины ножек, имеет единственное и очень простое решение.

Обобщенная схема платформы Стюарта, взятая из статьи Каганова Ю. Т. и Карпенко А. П. отображена на рисунке 1. Так же в статье описана математическая модель. [4].

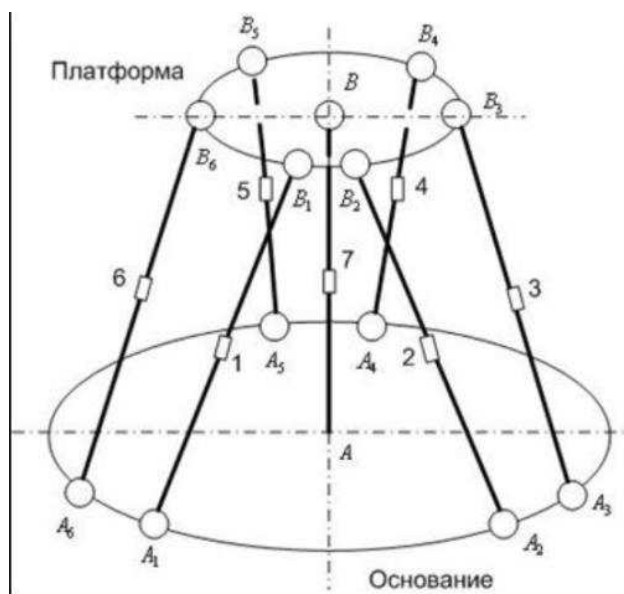


Рисунок 1 - обобщенная схема платформы Стюарта

Так же формулы механики были взяты из статьи Андриевского Б.Р. [5].

Для выполнения работы по моделированию выбрана среда Matlab, так как в ней имеются пакеты Simulink и Robot Simulation Toolbox. Разработана модель эмулятора робота – платформа Стюарта.

На рисунке 2 изображен интерфейс координат оснований платформы.

	xsi	ysi
Base 1	59.14	78
Base 2	59.14	-78
Base 3	37.98	-90.22
Base 4	-97.12	-12.22
Base 5	-97.12	12.22
Base 6	37.98	90.22

Рисунок 2 – координаты основания

На рисунке 3 изображены координаты платформы.

	xmi	ymi
Platform	83.14	3
Platform	83.14	-3
Platform	-38.97	-73.5
Platform	-44.17	-70.5
Platform	-44.17	70.5
Platform	-38.97	73.5

Рисунок 3 – координаты платформы

На рисунке 4 вводимые ограничения.

Constraints	min	ma
Roll(x):	-100	100
Pitch(y):	-100	100
Yaw(z):	-100	100
X:	-100	100
Y:	-100	100
Z:	-200	200

Рисунок 4 – ограничения

На рисунке 5 изображены длины ножек платформы, вычисленные решением обратной задачи кинематики.

Leg 1:	162.107
Leg 2:	116.891
Leg 3:	162.106
Leg 4:	116.89
Leg 5:	162.104
Leg 6:	116.891

Рисунок 5— длины ножек платформы

На рисунке 6 изображены координаты и углы центра платформы.

Roll(x):	0
Pitch(y):	0
Yaw(z):	-30
X:	0
Y:	0
Z:	0

Рисунок 6 – углы и координата центра платформы

На рисунке 7 изображена визуальная модель.

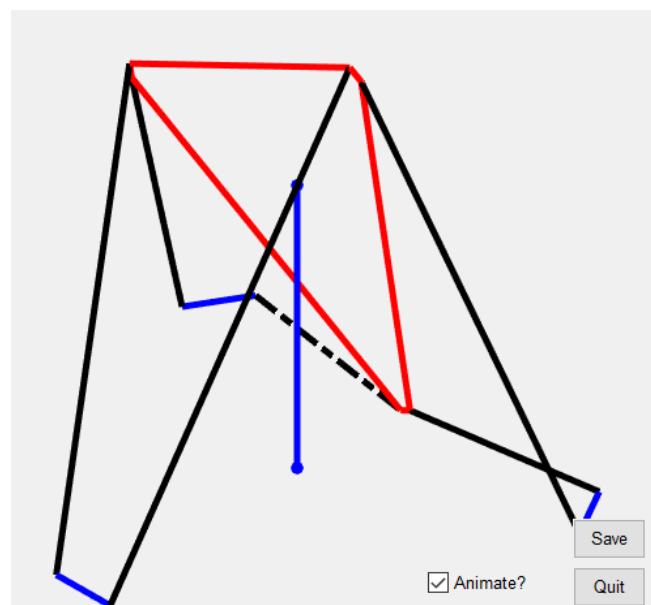


Рисунок 7 - внешний вид модели

Главный m файл имеет следующую основную функцию:
function stewsolve(fcn) и несколько дополнительных.

Например, функция `function load_data ()` берет и загружает входные данные из текстового файла.

Ниже функция, возвращающая координаты в качестве решения прямой задачи:

```
function coordtrans_return=coordtrans (TXdeg,TYdeg,TZdeg,px,py,pz,XSI,YSI,XMI,YMI)
    TXrad = TXdeg * pi/180;
    TYrad = TYdeg * pi/180;
    TZrad = TZdeg * pi/180;

    TGA =[1,0,0,-XSI(1);
          0,1,0,-YSI(1);
          0,0,1,0;
          0,0,0,1];

    TMB =[1,0,0,-XMI(1);
          0,1,0,-YMI(1);
          0,0,1,0;
          0,0,0,1];

    TBA =[cos(TYrad) * cos(TZrad), -cos(TYrad) * sin(TZrad),
          sin(TYrad), px;
          sin(TXrad) * sin(TYrad) * cos(TZrad) + cos(TXrad) * sin(TZrad), -sin(TXrad) *
          sin(TYrad) * sin(TZrad) + cos(TXrad) * cos(TZrad), -sin(TXrad) * cos(TYrad), py;
          -cos(TXrad) * sin(TYrad) * cos(TZrad) + sin(TXrad) * sin(TZrad), cos(TXrad) *
          sin(TYrad) * sin(TZrad) + sin(TXrad) * cos(TZrad), cos(TXrad) * cos(TYrad), pz;
          0,0,0,1];

    TGN =[1 0 0 0;
          0 1 0 0;
          0 0 1 111.31];

    TAG=inv (TGA);

    pm=[0; 0; 0; 1];

    rm=vpa (TGN * TAG * TBA * TMB * pm);

    coordtrans_return = rm;
```

Список использованных источников

1. Юревич Е.И. Основы робототехники /Учебное пособие. — 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 368 с.
2. A. Jubien, M. Gautier, and A. Janot. Dynamic identification of the Kuka LWR robot using motor torques and joint torque sensors data. IFAC Proc. Volumes, 19:8391–8396, 2014.
3. S. Kolyubin, A. Shiriaev, and A. Jubien. Refining dynamics identification for co-bots: Case study on KUKA LWR4+. In Preprints of the 20th IFAC World Congress, pages 15191–15196, July 2017.
4. Каганов Ю. Т., профессор, д.ф.-м.н. Карпенко А. П. Математическое моделирование кинематики и динамики робота-манипулятора типа хобот. Математические модели секции манипулятора, как механизма параллельной кинематики типа трипод. Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл № ФС 77 - 48211.ISSN 1994-0408. октябрь 2009.

5. Б. Р. Андриевский, Д. Г. Арсеньев, С. А. Зегжда, Д. В. Казунин, Н. В. Кузнецов, Г. А. Леонов, П. Е. Товстик, Т. П. Товстик, М. П. Юшков. Динамика платформы Стюарта. - Вестник Санкт-Петербургского университета, т.4, выпуск 3, 2017.