МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЗАХВАТА РОБОТА

Л.В. Маркова, Д.В. Бирюкова, А.В. Шидловский
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

Класс роботов-манипуляторов занимает особое место среди различных классов роботов последнего поколения. Робот манипулятор представляет собой конгломерат из двух устройств: исполнительного устройства в виде одного или нескольких механических манипуляторов, каждый из которых обладает несколькими степенями свободы, а так же устройствами программного управления. Программное управление роботом направлено на приспособление робота к специфике решаемых им задач. Выделяют ряд основных задач управления роботами, такие как планирование и программирование положений захвата, а так же движений как самого робота-манипулятора, так и отдельных его частей.

Создаваемый нами робот манипулятор предназначен для выполнения задач, которые требуют точного позиционирования за наименьшее количество шагов, поэтому первоочередной задачей управления этим механизмом является планирование положения захвата.

Цель данной работы – выбор и обоснование метода решения задачи однозначного положения захвата манипулятора в трехмерном пространстве.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили модели роботов манипуляторов. При проведении исследований применялись математические и физические методы прямой кинематики.

Результаты и их обсуждение. Рассматривается модель робота в виде механизма, объединяющего шесть вращательных сочленений. Положение захвата механизма описывается положением особой точки P в пространстве, которая называется полюсом захвата. Необходимо однозначно описать положение захвата манипулятора, исходя из пространственной ориентации каждого звена. Исходными данными при этом служат:

- кинематическая схема манипулятора;
- типы кинематических пар манипулятора;
- начальное положение звеньев.

Данная задача называется задачей прямой кинематики, которая состоит в том, чтобы по известным изгибам звеньев определить положение рабочего механизма, а именно точки P в пространстве относительно базовой системы $A(x_0,y_0,z_0)$ координат [1]. Для расчета этой задачи применяются методы, основанные на уравнениях Лагранжа, Ньютона-Эйлера, Даламбера, Гаусса, Аппеля, Кейна. Исходной информацией для этих методов служит постулат: ориентация и положение твердого тела в трехмерном пространстве однозначно определяются шестью параметрами, а именно тремя декартовыми координатами x, y, z и тремя углами Эйлера α, β, γ.

Ученые Жак Денавит и Ричард Хартенберг предложили матричный метод решения задачи, который называется представлением Денавита–Хартенберга. Данный метод позволяет для определения положения точки в пространстве использовать всего 4 параметра. Сутью метода является составление матрицы преобразований относительно соседних звеньев, которая однозначно опишет координаты звена относительно предыдущего звена. Матрица преобразований является однородной, а так же служит для последовательного преобразования системы координат захвата манипулятора из локальной системы отсчета в базовую систему отсчета и имеет размерность 4x4.

Для предоставления каждого звена используются координаты (x, y, z) в трехмерном пространстве относительной базовой системы координат робота. Одновременно на оси соединения каждого звена сформируем локальную ортонормированную декартову система координат (x_i, y_i, z_i), где $i=1, 2, 3…n$, , где n будет равно количеству степеней свободы робота манипулятора. Вращательные соединения имеют только одну степень свободы, то есть угол поворота сочленения. Исходя из этого каждая из систем координат манипулятора соответствует {i+1} сочленению и связана с ним i-м звеном [2].

Совместим начало отсчета системы координат и локальной системы нулевого звена, которую обозначим как (x_0, y_0, z_0). Каждое последующее звено обозначается (x_1, y_1, z_1), ... , (x_6, y_6, z_6).

По методу Денавита-Хартенберга для расчета прямой кинематики требуется правильно сориентировать системы координат звена, а именно, для каждой системы координат должны выполняться следующие требования:

1) ось z_{i-1} должна проходить вдоль оси i-го сочленения двух звеньев
2) ось x_i строится перпендикулярно оси z_{i-1} и направлена от нее вдоль $\{i+1\}$ сочленения
3) ось y_i строится по правилу «правой руки» и тем самым дополняет оси до трехмерной системы координат.

Для определение звеньев выделяют четыре параметра, которые привязываются к каждому звену. Параметры определяются следующим образом:

Q_i – переменная величина, которая характеризует угол вращения i-го звена относительно $\{i-1\}$ -го, и показывает на сколько нужно повернуть ось x_{i-1} вокруг оси z_{i-1} чтобы она стала сјнаправлена с осью x_i ;

a_i – фиксированный параметр, который описывает угол, на который надо повернуть ось z_{i-1} вокруг оси x_i, чтобы она стала сонаправленной с осью z_i ;

d_i – параметр описывающий фиксированное расстояния между пересечением оси z_{i-1} с осью x_i и началом $\{i-1\}$ системы координат, отсчитываемое вдоль оси;

a_1 – фиксированный параметр, который показывает кратчайшее расстояние между осями z_{i-1} и z_i отсчитываемое вдоль оси x_i.

Для нахождения отношений между звеньями, определяющее систему отсчета $\{i\}$ относительно системы отсчета $\{i-1\}$ применяется преобразование (1).

Общий вид преобразования ${}^{i-1}_{\ \ i}\mathbf{T}$ для сочленений вращательного типа выглядит следующим образом:

$$ {}^{i-1}_{\ \ i}\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ \sin\theta_i\cos\alpha_{i-1} & \cos\theta_i\cos\alpha_{i-1} & -\sin\alpha_{i-1} & -\sin\alpha_{i-1}d_i \\ \sin\theta_i\sin\alpha_{i-1} & \cos\theta_i\sin\alpha_{i-1} & \cos\alpha_{i-1} & \cos\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1) $$

где матрица состоит из матрицы поворота, вектора переноса, а также из перспективы и коэффициента масштабирования.

Заключение. В данной работе представлен матричный метод для решения задачи прямой кинематики при планировании положения захвата робота манипулятора.

1. John J. Craig. Introduction to Robotics: Mechanics and Control / John J. Craig - Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.,75 Arlington Street, Suite 300 Boston, MA United States. –450 p.
2. StudBooks [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studbooks.net/2410885/informatika/pryamaya_zadacha_kinematiki - Дата доступа: 02.12.2019.

АВТОИЗОМЕТРИИ АЛГЕБРЫ ЛИ $\mathcal{A}(1)\times\mathcal{R}^2$

М.Н. Подоксёнов[1], А.К. Гуц[2]
[1]Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова
[2]Омск, ОмГУ имени Ф.М. Достоевского

В работе [1] были найдены все автоморфизмы четырёхмерной алгебры Ли $\mathcal{H}s\times\mathcal{R}$ и все способы задания лоренцевого скалярного произведения на ней, при которых эта алгебра Ли допускает однопараметрическую группу автоподобий, а также найдены однопараметрические группы автоизометрий.

Цель данной работы: найти полную группу автоморфизмов ещё одной четырёхмерной алгебры Ли, и найти её автоизометрии, при условии задания на ней евклидова скалярного произведения.

Материал и методы. Рассматривается алгебра Ли $\mathcal{G}_4=\mathcal{A}(1)\times\mathcal{R}^2$, относящаяся к VI типу Бианки (подтип VI_1). Находится полная группа автоморфизмов этой алгебры Ли, и среди автоморфизмов выделяются те, которые сохраняют евклидово скалярное произведение (будем на-