УДК 681.3

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РОБОТОТЕХНИКИ МЕТОДОМ СИМПЛЕКСНОГО ПОИСКА

Сафаров К.А.,
научный руководитель канд. техн. наук Ткачев Н. Н.
Сибирский федеральный университет

Обратная задача робототехники состоит в определении переменных параметров манипулятора, его обобщенных координат при заданном положении выходного звена – схвата.

Определение обобщенных координат при заданном положении выходного звена манипулятора является сложной задачей.

Следует указать, что результаты решения обратной задача робототехники о положениях составляют основу построения кинематических алгоритмов управления: позиционных алгоритмов управления.

Позиционные алгоритмы строятся с целью приведения схвата робота в заданное положение на основе его кинематической схемы.

Методы решения обратной задачи робототехники о положении манипулятора робота делятся на точные и приближенные. В результате использования точных – искомый вектор обобщенных координат удается получить в виде аналитической зависимости параметров кинематической схемы манипулятора и от заданного вектора положения инструмента. В этом случае процесс нахождения искомого вектора обобщенных координат по заданному вектору положения для заданной кинематической схемы сводится к вычисления значений заранее полученных аналитических зависимостей.

К сожалению, точное решение удается получить не для любой кинематической схемы манипулятора.

Приближенные методы – это методы численного решения уравнений связи. Они оказываются работоспособными для любых кинематических схем. Однако это связано с использованием рекуррентных процедур.

Решение обратной задачи.

Конфигурация манипулятора, имеющего n-степеней свободы в произвольный момент времени t, задается n-мерным вектором управляемых координат:

$$\overline{q} = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t))^T$$

Положение рабочего органа r однозначно определяется по заданной конфигурации манипулятора с помощью уравнения кинематики вида:

$$\Phi(q) = r \qquad (1)$$

Обратная задача о положении заключается в определении обобщенных координат q, определяющих возможные конфигурации исполнительного механизма по заданному положению и ориентации его звеньев. Например, для манипуляционного робота часто требуется по заданному положению схвата r* найти, отвечающие ему векторы обобщенных координат q, то есть нужно решить уравнение кинематики (1) .

Различные алгоритмы решают обратную задачу либо путем решения уравнения (1) «в лоб», либо основываются на сведении решения (1) к решению задачи минимизации функционала вида

$$\Psi(q) = \| \Phi(q) - r^* \| \qquad (2)$$

содержательно $\Psi(q)$ означает расстояние между точкой $r = \Phi(q)$ и целевой точкой r*.

Для решения задачи минимизации функционала (2) в данной работе используется симплексный поиск

Приведем алгоритм последовательного симплексного метода (ПСМ):

1. Задаем вектор начальных координат центра симплекса $x_0 = (x_{01}, x_{02}, \ldots, x_{0n})$ и длину ребра симплекса L.
2. Расчет координат вершин

$$x_{ij} = x_{0i} + \eta L,$$

где i – номер координаты симплекса; j - номер вершины симплекса.

$$\eta = \begin{cases} 0, \quad при\ i < j-1, \\ -\dfrac{1}{\sqrt{2i(i+1)}}, \quad при\ i > j-1, \\ \sqrt{\dfrac{i}{2(i+1)}}, \quad при\ i = j-1. \end{cases}$$

3. Во всех вершинах симплекса вычисляем значение целевой функции $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$.
4. Выбираем вершину с координатами x_{s_i}, имеющую наихудшее (максимальное) значение Q_s: $Q_s = \max\limits_j Q_j$, где s – номер наихудшей вершины, принимающий значение $j = 1, \ldots, n+1$.
5. Проверяем колебание симплекса или запрет обратного шага. Если номер s равен номеру p вершины, отраженной на предыдущем шаге, то следует перейти к пункту 4 и выбрать вершину, имеющую следующее наихудшее значение целевой функции.

6. Рассчитываем координаты новой вершины симплекса V_s^* по следующей формуле

$$x_{s_i}^* = \frac{2}{n}\sum_{j=1}^{n+1} x_{ji} - \frac{2+n}{n} \cdot x_{s_i}, i = 1, n.$$

7. Для новой вершины проверяем позиционные и функциональные ограничения

$$x_i^- \le x_{s_i}^* \le x_i^+, i = 1, n,$$

$$g_l(x_s^*) \le b_l, l = 1, m$$

где x_i^-, x_i^+ - нижнее и верхнее допустимое значение i - ой переменной; $g_l(x_s^*) \le b_l$ - l-ое заданное (вычисляемое) функциональное ограничение. Если нарушено хотя бы одно из ограничений, то $p = s$ и переход к пункту 4, и выбор следующей наихудшей вершины. Если все вершины, кроме одной не удовлетворяют ограничениям, то полагают $p = s$ и выполняют шаг в обратном направлении.

8. Проводим вычисление $Q(x_s^*)$ в новой вершине V_s^*.

9. Рассчитываем $m_j = m_j + 1$, где m_j - число шагов поиска, в котором вершина с номером j не отражалась, $m_s = 0$.

10. Проверяем условие

$$m_j \le 1.65n + 0.05n^2$$

Если условие выполняется, то переход к пункту 4 и продолжение поиска, иначе останов и выбор лучшей вершины с номером j. Симплекс зациклился относительно экстремума (лучшей вершины).

Для робота модели *MiniMover Microbot* решим обратную задачу. Решение задачи реализуем в среде MATLAB 7.

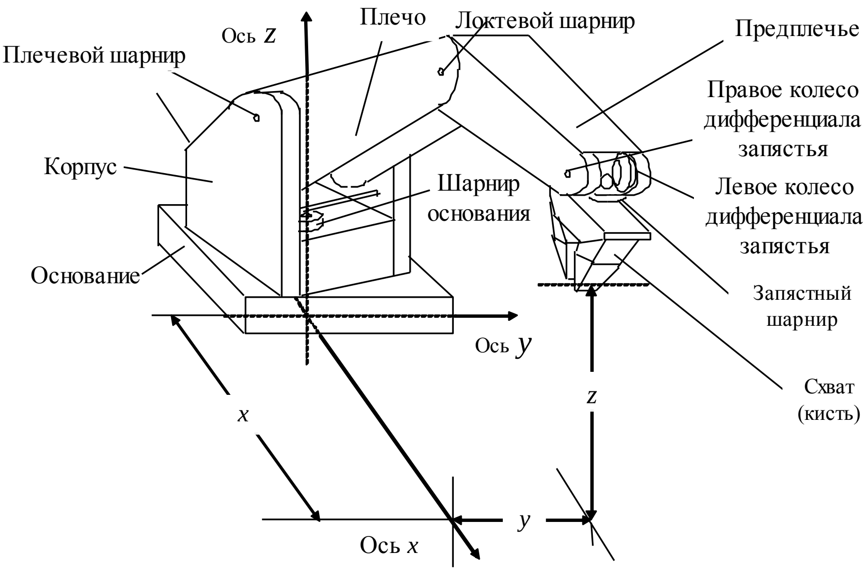

Рисунок 1. Конфигурация робота *MiniMover Microbot*.

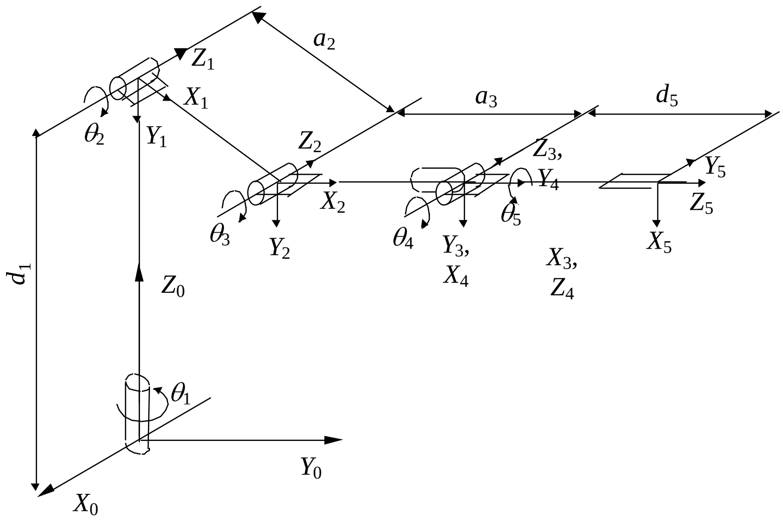

Рисунок 2. Расположение систем координат.

Рисунок 3. Исходные данные для решения задачи.

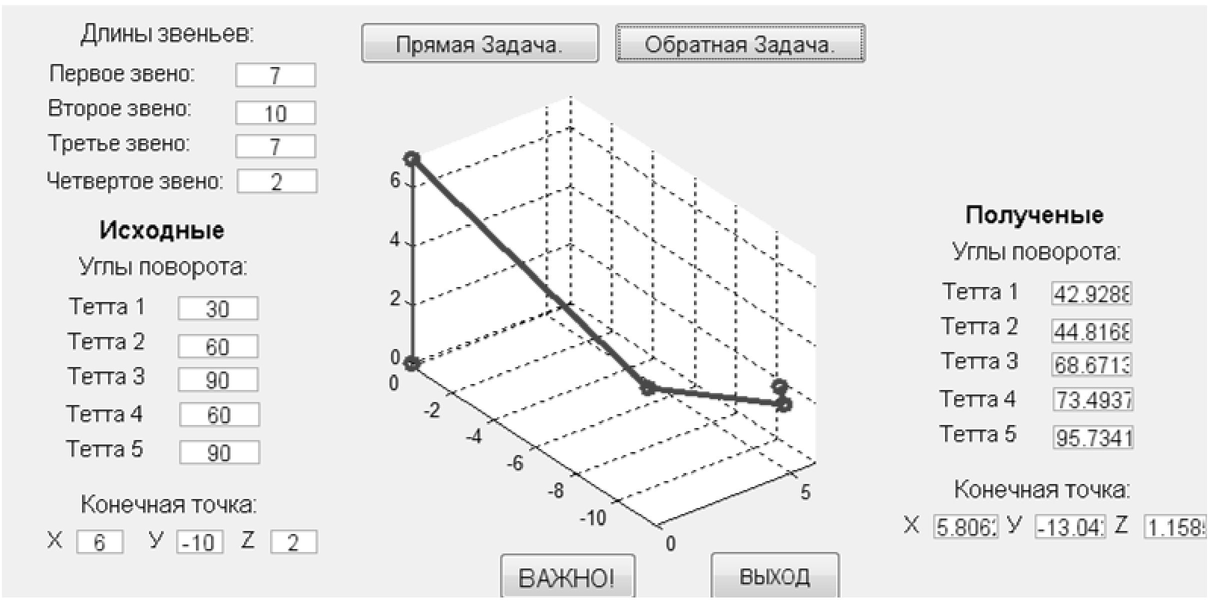

Рисунок 4. Вид рабочего окна после выполнения Обратной задачи.