

УДК 621.865.8: 517.912

А.В.Попов (асп., каф. РТК), В.П.Макарычев, к.т.н.

О МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ РОБОТОВ С ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

Целью данной работы является разработка методики решения обратной кинематической задачи для избыточных манипуляторов с оптимизацией решения исходя из возможностей манипулятора и минимизации энергетических затрат.

Будем использовать управление обобщенными скоростями с помощью псевдообратной матрицы Якоби. Так как потребление энергии может быть связано с нормой обобщенных скоростей, а псевдообратная матрица находит решение минимальной нормы, мгновенная энергия будет минимизирована. Близость к плохой обусловленности характеризуется высокими обобщенными скоростями, однако псевдообратная матрица заставляет систему избегать данных особенностей.

$$\dot{\theta} = J^T \cdot (J \cdot J^T)^{-1} \cdot \dot{x}. \quad (1)$$

Уравнение (1) вычисляется постоянно в течение движения, т.к. \dot{x} может измениться согласно измерениям датчика или интерактивным человеческим командам. Разнообразные методы предлагают решение этого уравнения для избыточных манипуляторов разными способами, которые уникальны в выборе $\dot{\theta}$ среди многих решений этого уравнения.

Чтобы избежать особенностей, препятствий и обобщенных ограничений, заменим критерий минимальной нормы минимизацией градиента потенциальных полей, т.е. будем использовать выражение следующего вида:

$$\dot{\theta} = J^+ \dot{x} + \alpha \cdot (J^+ J - I_n) \nabla H(0), \quad (2)$$

где $J^+ = J^T \cdot (J \cdot J^T)^{-1}$, $H(0)$ – критерий оптимизации, который минимизирует выражение к требуемой прямолинейной скорости, I_n является единичной матрицей n -го порядка, α – масштабирующая константа.

Реалистический критерий для избыточного манипулятора может и должен быть решен для обобщенных углов так, что каждый угол задается в физических пределах, вызванных механическими ограничениями. Определяя только позицию конечного исполнительного элемента, манипулятор избыточен, и дополнительные степени свободы используются для оптимизации по методу наименьших квадратов с учетом допустимого диапазона.

Если θ_{ci} является центром для i -го соединения и максимальное одностороннее отклонение равно $\Delta\theta_{ci}$, то оценочная функция H имеет вид:

$$H_2 = \sum_{i=1}^n ((\theta_i - \theta_{ci}) / \Delta\theta_{ci})^2. \quad (3)$$

Норма наименьших квадратов используется во многих задачах. Как альтернативу, можно использовать критерий для обобщенных углов, который должен минимизировать:

$$H_\infty = \max |\theta_i - \theta_{ci}| / \Delta\theta_{ci}. \quad (4)$$

Таким образом, в работе были проведены расчеты для простой схемы манипулятора, исследованы вопросы сходимости и плохой обусловленности решения, а также рассмотрены приемы, позволяющие их избежать. Проведен расчет для реально существующего избыточного манипулятора.