

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА ЗАКРЫТОЙ КИНЕМАТИКИ РОБОТА

Иволга Д.В. (Университет ИТМО), Насонов К.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Борисов И.И.

(Университет ИТМО)

**Введение.** Одним из способов реализации конструкции элемента робота, такого как нога, рука, спина, подвес, палец и т.п., является использование механизма открытой кинематики, приводимого в действие приводами. Однако такое решение требует от моторов высокие показатели крутящего момента и как следствие большего расхода энергии. Альтернативным решением является создание элемента робота с закрытой кинематической структурой, тем самым делегируя механике часть желаемого поведения, снизив итоговое необходимое усилие и количество приводов. В то же время процесс проектирования подобных механизмов требует от человека более высокую квалификацию и знания в области. Чтобы нивелировать этот недостаток, сделав процесс синтеза механизма закрытой кинематики менее трудоемким, разработан алгоритм автоматической генерации. Входными параметрами являются геометрические параметры механизма открытой кинематики, требуемое движение и количество упраздняемых степеней подвижности. Предложенный метод синтеза за счет оптимизации механической конструкции, геометрических параметров позволяет получить энергоэффективного робота с минимальной сложностью системы управления, реализующего поставленную задачу.

**Основная часть.** Процесс проектирования начинается с инициализации, полноприводной механической конструкции, выполняющую желаемое движение. Механизм представляет собой набор абсолютно жестких звеньев, последовательно соединенных между собой шарнирами. Желаемое поведение механизма является совокупностью периодически изменяющимися во времени углов шарниров.

На первом этапе работы алгоритма количество активных шарниров не изменятся. К исходному механизму присоединяется дополнительная цепочка, соединяющая основание и последнее звено. Места присоединения определяются квази-случайно. Количество звеньев и точек присоединяемой структуры определяется по формуле Чебышева. За основу берется желаемое количество степеней подвижности в результирующем плоском механизме. Так как количество возможных решений бесконечно много, вводится ограничение и рассматриваются только первые возможные три пары звено-шарнир. После присоединения закрывающей цепочки производился анализ структуры путем имитационного моделирования. Целью анализа является определение возможности исходного механизма совершать движение.

На втором этапе производится определение соединений между исходным механизмом и присоединённой цепочкой исходя из параметров пар звено-шарнир. Длины звеньев и места присоединений определяются путем оптимизации структуры. Алгоритм производит отбор наиболее перспективных структур среди всех возможных вариантов посредством поиска по дереву Монте-Карло. В качестве метрики для определения качества потенциальной структуры при анализе и оптимизации выбрана минимизация суммы наименьших квадратов отклонения от желаемой траектории [1].

Как итог, алгоритм позволяет сделать процесс проектирования более доступным. Апробация метода для решения частных задач [2, 3] показывает себя перспективной при проектировании роботизированных устройств. В рамках работы алгоритм реализован в виде программного компонента на языке Python. Моделирование структур механизма и их движений производилось с использованием физического движка PyChrono [4]. Для оптимизации геометрических параметров и точек крепления добавочных структур механизмов применялся алгоритм имитации отжига.

**Выводы.** Разработан алгоритм автоматической генерации плоского механизма закрытой кинематики. Алгоритм позволяет предоставить пользователю варианты конструкций и их параметры для осуществления желаемого движения. Алгоритм понижает количество приводов в исходной конструкции, тем самым повышая энергоэффективность. Разработанный метод применим для проектирования подвижных различных робототехнических конструкций, таких как ноги, руки, пальцы и т.п.

#### **Список использованных источников:**

1. Thomaszewski B. et al. Computational design of linkage-based characters //ACM Transactions on Graphics (TOG). – 2014. – Т. 33. – №. 4. – С. 1-9.
2. Иволга Д. В., Насонов К. В., Борисов И. И. Содизайн неполноприводного прыгающего робота: сравнительный анализ виртуального и натурального экспериментов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2022. – Т. 65. – №. 12. – С. 863-873.
3. Хомутов Е. Э. и др. Структурно-параметрический синтез плоских неполноприводных механизмов для антропоморфных роботизированных кистей //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2022. – Т. 65. – №. 3. – С. 155-163.
4. Project Chrono. Chrono: An Open Source Framework for the Physics-Based Simulation of Dynamic Systems. – Мадисон, Висконсин, США, 2023. – URL: <http://projectchrono.org> (дата обращения 15.02.2023).

Иволга Д.В. (автор)

Подпись

Борисов И.И. (научный руководитель)

Подпись