

УДК 62-231.1

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ МЕХАНИЗМОВ НОГ ЛОКОМОЦИОННЫХ РОБОТОВ

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

Научный руководитель – к.т.н., проф. практики Борисов И.И. (ИТМО)

Введение. Локомоционные роботы представляют собой широкий класс роботов, которые способны решать такие задачи, как: инспекция, доставка, физический труд на производстве, итд. Их универсальность позволяет частично заменить человеческий труд. Разнообразии конструкций и механизмов порождает потребность в создании универсального метода, который бы позволил генерировать оптимальные решения под требуемые задачи. В конце XX – начале XXI века локомоционные роботы представляли собой тяжеловесные конструкции, способные работать в статике и/или квазистатике [1, 2]. Это обусловлено тем, что для создания таких роботов инженеры-разработчики руководствовались принципами, применяемыми в производстве промышленных роботов-манипуляторов. Согласно современной парадигме локомоционных роботов, они должны быть способны динамически контактировать с неструктурированной средой. В работе предлагается формализовать подход проектирования механизмов ног локомоционных роботов за счет разработки модуля оценки и оптимизации.

Основная часть. Для написания части модуля, связанной с оценкой, были исследованы работы в области локомоционных роботов, опубликованные за последние 5 лет. До недавнего времени универсальной метрикой для оценки механизмов и управления ими являлась стоимость перемещения (*Cost Of Transport*), рассчитываемой как отношение потребленной мощности к произведению единицы пройденного расстояния на вес робота [3]. Однако, результаты работы [4] показывают, что метрика является недостаточной для использования ее как опорной, позволяющей в комплексе оценить систему.

Работы [5-7] посвящены иным критериям оценки механизмов, таким как: коэффициент поглощения ударных нагрузок, значение приведенной инерции к ротору двигателя, передаточное число механизма, способность механизма развивать усилие, управляемость механизма. Их преимуществом является то, что независимо от системы управления, они позволяют оценить механизм с точки зрения кинематики.

В работе представлен модуль, который позволяет численно оценить механизм в соответствии с вышеперечисленными метриками. Для его работы требуется загрузить модель в универсальном формате описания роботов (*URDF*) и желаемую траекторию движения ступни в пространстве. Помимо оценки, он позволяет проводить оптимизацию механизма, задав в качестве целевой функции взвешенную оценку выбранных критериев. Модуль написан на языке программирования *Python* с использованием библиотеки *Pinocchio 2.99*, позволяющей выполнять расчет компонентов уравнения динамики для систем с замкнутыми кинематическими контурами.

Выводы. В результате выполнения работы написан модуль оценки и оптимизации механизмов ног локомоционных роботов. Работоспособность модуля проверена на собственных сгенерированных механизмах и уже известных, таких как *Cassie*, *Digit*, *Kangaroo*, *Talos*.

Список использованных источников:

1. Park I. W. et al. Mechanical design of humanoid robot platform KHR-3 (KAIST humanoid robot 3: HUBO) //5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2005. – IEEE, 2005. – С. 321-326. Kim S. et al. Design of dynamic legged robots //Foundations and Trends® in Robotics. – 2017. – Т. 5. – №. 2. – С. 117-190.

2. Sakagami Y. et al. The intelligent ASIMO: System overview and integration //IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems. – IEEE, 2002. – T. 3. – C. 2478-2483.
3. Kim S. et al. Design of dynamic legged robots //Foundations and Trends® in Robotics. – 2017. – T. 5. – №. 2. – C. 117-190.
4. Guenther F., Iida F. Energy-efficient monopod running with a large payload based on open-loop parallel elastic actuation //IEEE Transactions on Robotics. – 2016. – T. 33. – №. 1. – C. 102-113.
5. Sim Y., Ramos J. Tello leg: The study of design principles and metrics for dynamic humanoid robots //IEEE Robotics and Automation Letters. – 2022. – T. 7. – №. 4. – C. 9318-9325.
6. Sim Y., Colin G., Ramos J. Control-& Task-Aware Optimal Design of Actuation System for Legged Robots using Binary Integer Linear Programming //2023 IEEE-RAS 22nd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids). – IEEE, 2023. – C. 1-8.
7. Batto V. et al. Comparative metrics of advanced serial/parallel biped design and characterization of the main contemporary architectures //2023 IEEE-RAS 22nd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids). – IEEE, 2023. – C. 1-7.