

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ПОХОДКИ

Царицин А. В., Исса А., Сингх А.
Научный руководитель – профессор, Колюбин С. А.¹
¹Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Введение

Шагающие роботы, например четырёхногие системы, используются для перемещения в сложных средах, где применимость колесных и гусеничных платформ является ограниченной. Для автономных систем критическим ограничением является энергопотребление. Для его оценки применяется метрика стоимости транспортировки (Cost of Transport, CoT), которая связывает затраты энергии и пройденное расстояние. В настоящий момент для задачи управления локомоцией применяют методы обучения с подкреплением с упором на устойчивость движения и его устойчивость к внешним возмущениям. Энергопотребление часто не является самостоятельной целью оптимизации. При этом известно, что величина энергопотребления в большей степени зависит от выбранного стиля походки и скоростного режима походки, в то время как фиксированные походки оказываются эффективными лишь в ограниченных диапазонах скоростей [1]. Было показано, что включение энергетических критериев в процесс обучения даёт возможность формировать энергоэффективные походки и приводит к автоматическим переходам между ними при изменении режима движения [2]. Были установлены связи между параметрами походки, скоростью и величиной стоимости транспортировки [1], в то время как влияние отдельных параметров походки на стоимость транспортировки остается слабо формализованным.

Основная часть

В данной работе рассмотрена задача анализа зависимости затрат энергии на перемещение (метрика CoT) от параметров походки четырёхногого шагающего робота. Параметры походки описывают такие особенности движения как: частота и длина шага, фазовые смещения контактов ног, отношения длительности контакта к длительности переноса ноги и так далее. Было предложено варьировать параметры стиля походки в контролируемых условиях и фиксировать значения CoT. На основе данных, полученных во время этого эксперимента, была построена модель предсказания CoT с использованием методов машинного обучения. Использование такой модели позволяет проводить анализ вклада отдельных параметров стиля походки на энергетическую составляющую движения робота. Это предоставило возможность выполнять более систематический анализ и опробовать данную модель в задачах подбора и оптимизации параметров локомоции. В отличие от оптимизации энергозатрат во время обучения, предлагаемый метод использует явное выделение связей между параметрами стиля походки и стоимостью транспортировки.

Выводы

В результате работы построена модель для предсказания затрат энергии на перемещение шагающих роботов с учетом параметров походки. Полученная модель может быть использована для предварительной оценки влияния параметров походки на

энергоэффективность перемещений и в дальнейшем быть использована для разработки стратегий управления локомоцией на основе методов обучения с подкреплением.

Литература

1. Xi W., Yesilevskiy Y., Remy C. D. Selecting gaits for economical locomotion of legged robots. *The International Journal of Robotics Research*, 2016.
2. Liang B., Sun L., Zhu X. et al. Adaptive Energy Regularization for Autonomous Gait Transition and Energy-Efficient Quadruped Locomotion. *arXiv preprint arXiv:2403.20001*, 2025.