

ГЕНЕРАЦИЯ ПОХОДОК ГАЛОПИРУЮЩЕГО РОБОТА С ГИБКОЙ СПИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Борисова О.В. (университет ИТМО), Борисов И.И. (университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н, проф. Колюбин С.А.
(университет ИТМО)

Аннотация. Повысить энергоэффективность четвероногих галопирующих роботов можно с помощью пассивного податливого корпуса, работающего аналогично спине кошачьих и псовых при вращательном галопе. Ранее были найдены эллипсоиды инерции передней и задней частей корпуса галопирующего робота, а также параметры соединяющих их пространственной пружины и рычажного механизма. В рамках данной работы была решена задача поиска геометрических параметров звеньев ног, систем координат их присоединения к ранее найденным эллипсоидам инерции, а также генерация профилей траекторий сочленений ног и изменения жесткости пружины спины с помощью генетических алгоритмов.

Введение.

В стремлении воспроизвести динамику походки животного в галопирующем роботе непрактично полностью повторять его анатомию. Одним из способов повышения энергоэффективности является использование принципа морфологического расчета законов управления, в котором часть управляющего воздействия закладывается на уровне механики конструкции. В нашей предыдущей работе мы рассчитали и доказали, что правильное распределение массы и эластичности может обеспечить желаемую динамику в четвероногом роботе с гибкой спиной. Более того, эта спина является основным актуатором, который задает толчковое движение задних конечностей как у животного, так и у робота. Такое использование спины обеспечивает энергоэффективность всей системы. Однако ранее рассматривалась только фаза полета, когда только упругий элемент в позвоночнике развивает пространственный ко-вектор усилия. Влияние ног при стадии полета было приравнено к нулю, т.к. согласно модели перевёрнутого пружинного маятника инерция ног должна быть ничтожна мала по сравнению с инерцией тела. В данном исследовании мы рассмотрели робота целиком: с двумя телами, в которых расположены основные массы, гибким позвоночником и четырьмя ногами открытой кинематики.

При беге гепард активно использует спину для обеспечения движения. Пока задние ноги находятся в фазе полета, спина поворачивает бедро вперед, после этого задние ноги соприкасаются с полом, происходит мощный толчок вперед. То есть при таком типе походки важно, чтобы эластичный элемент в механизме позвоночника обеспечивал податливость. Однако при медленном движении эта гибкость будет мешать походке, задние ноги не успеют переместиться вперед и могут столкнуться с полом в неправильной конфигурации. Поэтому предлагается использовать переменную жесткость в конструкции позвоночника. В этом случае для разных походок была предусмотрена разная жесткость. Например, для ходьбы это максимальная жесткость, при которой переднее и заднее тела жестко соединены. Для быстрого перемещения необходима наименьшая жесткость или же максимальная податливость, требуемая в этой системе. А для движения со средней скоростью, такой как рысь, нужна средняя жесткость.

Для решения проблемы энергоэффективного передвижения галопирующего робота с гибкой спиной при различных походках была решена задача оптимизации параметров и траекторий ног, а также коэффициентов жесткости спины, соответствующих типу походки. Это достигается за счет применения генетических алгоритмов (genetic algorithm), относящихся к более широкому классу эволюционных алгоритмов.

Основная часть.

В этой работе развиваются идеи прошлого исследования, где была получена динамика бега для робота в фазе полета на основе проанализированного по видео бега гепарда. В продолжении метода проектирования галопирующего робота с гибкой спиной предлагается добавить в систему ноги, которые представляют из себя открытую кинематическую цепь с двумя звеньями и двумя вращательными сочленениями, для полноценной работы системы. Из предыдущего исследования у нас имеются координаты перемещения ног из видео. Решая обратную задачу кинематики, были найдены профили углов для каждого сочленения для выполнения желаемой траектории. Далее были найдены места креплений ног и длины их звеньев. Для этого были использованы генетические алгоритмы. Требовалось описать функцию вознаграждения (reward), что является важной задачей, поскольку мы сами должны продумать все аспекты и ограничения, влияющие на корректную генерацию параметров и, соответственно, финальной модели. После этого генетический алгоритм создавал поколение за поколением, где в каждой популяции перебирал разные варианты всех параметров, и в конце отобрал лучшую комбинацию. В результате была получена имитационная модель робота с ногами, которая способна быстро и энергоэффективно совершать галоп за счет гибкого элемента в спине, параметры которого были оптимизированы в предыдущей работе.

Существует три основных типа походки наземных животных: ходьба, рысь и галоп для лошадей или вращательный галоп, если мы говорим о кошачьих и псовых. Для каждой походки соответствует определенная скорость и характер касания ногами земли. Различные скорости движения доступны благодаря изменению длины и частоты шагов. После вышеупомянутой оптимизации мы имеем один тип походки – галоп, с максимальной длиной шага. Податливость спины может помочь в быстром передвижении, таком как вращательный галоп и рысь, но во время ходьбы это может мешать. Таким образом, мы предлагаем реализовать переменную жесткость в механизме спины. Это позволяет изменять скорость походки вместе с изменением типа при сохранении энергоэффективности.

Чтобы менять тип походки мы также воспользовались генетическим алгоритмом, только на этот раз подавалась не желаемая траектория, а найденные ранее геометрические параметры всей модели робота. Параметры, которые оптимизирует алгоритм: углы сочленений каждой ноги, три коэффициента жесткости и три коэффициента демпфирования для пространственной пружины в спине. Таким образом были найдены соотношение скорости передвижения, паттерна движения ног и жесткости пружины, благодаря чему робот способен обеспечивать разные походки с высокой энергоэффективностью.

Выводы.

В работе предложен метод проектирования галопирующего робота с гибкой спиной, способной менять свою жесткость. С помощью генетических алгоритмов был выполнен поиск и оптимизация мест крепления ног к телам и их длин звеньев, благодаря чему была получена финальная структура робота. Также были оптимизированы траектории ног и параметры пружины для обеспечения разных типов походок. Полученные результаты были проверены на упрощенной симуляционной модели робота, что подтвердило корректность расчетов и оптимизации.

Борисова О.В. (автор)

Подпись

Колубин С.А. (научный руководитель)

Подпись