Черновик 02.03.2024

Из научных планов Назина А.В. на 2024 г.:

Планируется в течение 2024 года работать совместно с аспирантом МАИ 1-го года Фейзуллином Кириллом Маратовичем. Примерная тема: Новые алгоритмы зеркального спуска и приложения.

Более конкретно, возможно следующее направление:

Алгоритмы зеркального спуска для оптимизации управляемых нелинейных динамических систем с неопределенностью.

Более подробно на примере задачи сходимости к заданной точке в пространстве состояния данной системы [1]:

Рассматривается класс управляемых нелинейных объектов, динамика которых определяется векторной системой обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с частично известной правой частью и аддитивно входящего вектора управления. Целью является создание надежного цифрового контроллера слежения с определенными ограничениями на переменные состояния при их наблюдаемости. Для решения данной задачи применяется метод инерционного зеркального спуска как обобщение метода проекции градиента и метода тяжелого шарика. Основные результаты должны включать разработку и исследование алгоритмов инерционного зеркального спуска (в дискретном времени), программное обеспечение и его использование на примере двухзвенного робота.

Новизна по сравнению с [1] состоит в дискретизации стратегии управления (по времени). Это усложняет теоретический анализ по сравнению с [1], но должно привести к желаемой реализуемости контроллера.

Результаты данной работы могут быть также распространены на задачи и методы [2] и [3].

Публикации Назина А.В. (с соавторами) по данному направлению:

[1] A.S. Poznyak, A.V. Nazin, H. Alazki. Integral Sliding Mode Convex

Optimization in Uncertain Lagrangian Systems Driven by PMDC Motors:

Averaged Subgradient Approach // IEEE Trans. Autom. Control 66

(9), 4267–4273 (1–8) (2021).

[2] A.V. Nazin, H. Alazki, A.S. Poznyak. Robust Tracking as Constrained

Optimization by Uncertain Dynamic Plant: Mirror Descent Method and

ASG\_Version of Integral Sliding Mode Control // Mathematics 11,

4112, (2023)

[3] A.V. Nazin, A.S. Poznyak. Non-quadratic proxy functions in Mirror

Descent Method applied to designing of robust controllers for nonlinear

dynamic systems with uncertainty // Comput. Math. and Math. Phys.

2024. Vol. 64. No. 4. (Accepted for publication.)

Возможные варианты работ:

1. Сама система по времени непрерывна, управление дискретное, контроллер тоже в непрерывном времени. Рассматривать аналог задачи [1]. Сама целевая функция задачи вместо интеграла будет состоять из самой целевой функции. Надо получить и скорость сходимости

В почте нужно поискать переход от непрерывного времени к дискретному.

Из лекций нужно найти метод зеркального спуска для статической задачи на заданном выпуклом множестве

Исходная постановка задачи 1:

Динамическая система Лагранжиана механической системы с n- степенями свободы в стандартной форме с n – независимыми PMDC моторами, выражается следующей системой

, где (1)

- вектора координат и их скоростей, - внешние крутящие моменты, действующие на механическую систему, - направление текущего вектора, - константная матрица электродвижущих сил, - направление константной матрицы электродвижущих сил, - инерциальная матрица, которая положительно определенная, где - диагональная матрица роторов инерции, *где - матрица Лагранжевой системы соответствующая инерциальной матрице в исходных координатах, а – матрица является обобщением не потенциальных сил, - вектор вольтажа*

*Предполагая, что и доступны онлайн, из базовой постановки имеем:*

*(2)*

*(3)*

*Отношение (2) представляется как*

*(4)*

*Подставляя (4) в (1), получаем*

*(5)*

*, (6)*

*В виде стандартной матрицы с новым состоянием векторов*

*и , рассматриваемая Лагранжева динамика (5) имеет следующую форму:*

*(7)*

*Итак, в этом представлении размер управляющих воздействий u равен n, а размерность расширенного состояния*

*Рассматривая не обязательно выпуклую функцию потерь*

*, которая определяется качеством действия контроля , т.е. Для примера, следующие две функции чтобы рассмотреть класс выпуклых функций потерь для оптимизации:*

*Следующие шаги:*

1. *Изучить метод зеркального спуска с инерцией в дискретном времени для статической задачи оптимизации*
2. *Провести дискретизацию системы (7) по статье*

*On the Discrete-Time Integral Sliding-Mode Control Article in IEEE Transactions on Automatic Control · May 2007 (возможно задать матрицы постоянными)*

1. *Сформулировать дискретную задачу оптимизации зеркальным спуском с учетом дополнительной ошибки из-за дискретизации по п.2*