

УДК 681.5.015

СУБ-ОПТИМАЛЬНОЕ РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫХОДОМ МАНИПУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Каканов М.А. (Университет ИТМО)

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

(Университет ИТМО)

Работа посвящена разработке робастного алгоритма управления выходом манипулятора с онлайн настройкой коэффициентов обратной связи. Параметры модели манипулятора предполагаются неизвестными. Робастные оценки отсутствующих сигналов формируются на основе измерений только выходных сигналов усовершенствованным расширенным наблюдателем. Наблюдатель также обеспечивает линеаризацию объекта путем сведения нелинейностей до достаточно малой окрестности. На основе подхода интегрального обучения с усилением (IRL) выполняется итерационный расчет субоптимальных коэффициентов в режиме онлайн. Эффективность предложенного алгоритма демонстрируется результатами имитации численной модели.

Введение. На практике в задачах управления манипуляционными роботами доминирует ПИД-регулятор. Такое положение он занял благодаря своей простой и понятной структуре и большому инженерному опыту применения в различных задачах управления. Несмотря на преимущества, данный подход имеет ряд недостатков. На практике коэффициенты регулятора часто выбираются эвристически, поскольку динамические параметры робота неизвестны. Вместо линеаризации по обратной связи используется каскадная схема управления с ПИД-регуляторами, что не позволяет судить о качестве регулирования. В то же время следует отметить, что в производстве вопрос эффективности выполнения задач имеет высокий приоритет.

В связи с этими недостатками научное сообщество продолжает предлагать альтернативные алгоритмы управления. Для управления манипуляционными роботами используются адаптивные алгоритмы, линейно-квадратичные регуляторы и робастные алгоритмы. В данной работе предлагается рассмотреть применение усовершенствованного расширенного наблюдателя в управлении манипуляторами. Расширенный наблюдатель хорошо зарекомендовал себя как в задачах управления по выходу для систем с параметрическими и сигнальными неопределенностями.

Ранее для расширенного наблюдателя была предложена процедура выбора коэффициентов, обеспечивающих глобальную асимптотическую устойчивость замкнутой системы, однако вопрос выбора коэффициентов обратной связи по оценкам состояний оставался открытым. В данной работе предлагается уделить внимание выбору субоптимальных коэффициентов обратной связи, используя подход интегрального обучения с подкреплением. IRL позволяет находить оптимальные коэффициенты управления для систем в непрерывном времени на основе частичного знания динамики системы. Используя схему критик-актор, типичную для подходов обучения с подкреплением, критик оценивает решение алгебраического уравнения Риккати, а актор итеративно пересчитывает коэффициенты обратной связи.

Основная часть. Расширенный наблюдатель обеспечивает глобальную асимптотическую устойчивость замкнутой системы и линеаризует её, сводя нелинейности в достаточно малую окрестность. Для полученной линеаризованной системы применяется процедура интегрального обучения с подкреплением для пересчета коэффициентов обратной связи в режиме реального времени.

Выводы. Был получен алгоритм робастного управления выходом манипулятора с расчетом суб-оптимальных коэффициентов обратной связи в режиме онлайн. Эффективность предложенного алгоритма проиллюстрирована результатами симуляции численной модели плоского двухзвенного робота.