

УДК 519.71

АЛГОРИТМЫ АДАПТАЦИИ С КОНЕЧНЫМ ВРЕМЕНЕМ СХОДИМОСТИ

Кафа В. (Университет ИТМО), Пашенко А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Герасимов Д.Н.

(Университет ИТМО)

В докладе рассматриваются алгоритмы адаптации, основанные на схемах Крейссельмейера и Лайона, обладающие конечным временем сходимостью. Алгоритмы могут быть использованы в схемах адаптивного управления для настройки параметров регулятора и в схемах идентификации параметров объекта. Показано, что алгоритмы: сходятся за конечное время при выполнении условия неисчезающего возбуждения регрессора; сходятся асимптотически при условии более слабом, чем условие неисчезающего возбуждения; для любого ограниченного регрессора обеспечивают асимптотическое стремление выходной ошибки (ошибки управления или идентификации в зависимости от задачи) к нулю; позволяют генерировать старшие производные оценок, необходимые, например в задачах адаптивного управления с эталонной моделью или задаче адаптивного бэкстеппинга.

Введение. Созданные более чем 40 лет назад алгоритмы идентификации Лайона (1967 г) и Крейссельмейера (1977г.) позволяют обеспечить ускоренную сходимость оценок параметров. Ускорение сходимости было достигнуто за счет введения специальных фильтров, которые позволяли использовать в алгоритме не только текущие, но и прошлые значения регрессора. В схеме Лайона использовался ряд фильтров для повышения размерности регрессора, в то время как в схеме Крейссельмейера использован один фильтр. Позже было доказано, что при обеспечении условий неисчезающего возбуждения (НВ) схемы Лайона и Крейссельмейера гарантируют экспоненциальную сходимость и позволяют неограниченно увеличивать скорость параметрической настройки регуляторов и блоков идентификации при отсутствии возмущений. В 2018 году (насколько известно авторам) было выявлено и свойство асимптотической (неэкспоненциальной) сходимости алгоритмов при условии более слабом, чем условие неисчезающего возбуждения. Кроме того, выявлена возможность использовать этих алгоритмов для генерирования не только оценок, но и их старших производных, например, для решения задачи адаптивного управления с эталонной моделью и задачи адаптивного бэкстеппинга. В настоящем докладе предлагаются специальные модификации схем Лайона и Крейссельмейера, которые: позволяют обеспечить более качественную сходимость оценок параметров за конечное время при выполнении условия НВ; при условии более слабом, чем условие НВ алгоритмы гарантируют более слабую асимптотическую сходимость; приведена возможность генерирования старших производных оценок; рассмотрены примеры решения задач адаптивного управления и идентификации.

Основная часть. Решение задачи основано на правиле “M.I.T” (исходя из аббревиатуры университета “Massachusetts Institute of Technology”, где было создано правило), которое предполагает синтез алгоритмов адаптации с позиций минимизации некоторой целевой функции методом наискорейшего спуска. Целевая функция зависит от параметрических ошибок (разницы между определяемыми параметрами и их оценками), ошибок выхода (ошибки управления или ошибки идентификации) и регрессора. Схемы Лайона и Крейссельмейера могут быть построены на основе правила “M.I.T.”, в котором целевая функция включает как текущие значения регрессора, так и его прошлые значения, что позволяет существенно ускорить параметрическую сходимость этих схем по сравнению с градиентным алгоритмом адаптации, включающего только текущие значения регрессора. Доказательство свойств, в том числе анализ быстродействия, алгоритмов адаптации осуществляется с помощью метода функций Ляпунова. В докладе предлагается использовать

целевые функции, на базе которых строятся схемы Лайона и Крейссельмейера, возведенные в дробную степень $0 < p < 1$. За счет такой модификации решения, формируемые алгоритмами адаптации сходятся за конечное время при выполнении условия НВ, что можно показать с помощью анализа функции Ляпунова, представляющей собой квадрат евклидовой нормы вектора параметрических ошибок, и расчета ее производной.

Выводы. Представленные в докладе решения предлагается использовать в задачах адаптивной идентификации, задачах адаптивного слежения выхода объекта за эталонным сигналом и задачах адаптивной компенсации детерминированных возмущений.

Кафа В.

Подпись

Пашенко А.В.

Подпись

Герасимов Д.Н. (научный руководитель)

Подпись