

УДК 681.51

## АДАПТИВНЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЧАСТИЧНО НЕИЗВЕСТНЫМИ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ

Козачёк О.А. (Университет ИТМО), Бобцов А.А. (Университет ИТМО), Николаев Н.А.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** В задачах управления сложными динамическими системами получение информации о состоянии системы осуществляется с помощью первичных измерительных преобразователей (датчиков). При этом не всегда удается разместить набор измерительных средств, который позволит измерить весь вектор состояния объекта, поэтому для оценки недоступных прямым измерениям переменных состояния используются наблюдатели. Для случаев, когда объект описывается линейной системой, в настоящее время разработаны эффективные методы синтеза наблюдателей. Стоит отметить, что не всегда возможно достаточно точно описать поведение объекта с помощью линейных моделей. Именно поэтому остается актуальной проблема разработки наблюдателей для нелинейных систем. При этом некоторые параметры системы могут быть неизвестны. Это обусловлено различными как внутренними, так и внешними факторами, такими, например, как старение и соответствующее ухудшение параметров элементов системы, воздействие температуры, изменение массогабаритных параметров в процессе функционирования. В данной работе предлагается развитие подхода, предложенного ранее в работе [1], где рассматривалась линейная нестационарная система с частично неизвестными параметрами. В данной работе выполнено расширение рассмотренной ранее системы и построен наблюдатель состояния для случая, когда в модели присутствует нелинейность, которая может быть представлена в виде произведения известной нелинейной функции и неизвестного постоянного коэффициента.

**Основная часть.** Рассматривается нелинейная динамическая система с одним входом и одним выходом. Вход системы известен, выход измеряется. Неизвестные параметры содержатся в матрице состояния, векторе входа, а также в нелинейном компоненте уравнения состояния. Вектор состояния системы неизвестен. В соответствии со стандартным подходом в теории наблюдателей, траектории входа и состояния полагаются ограниченными. Цель работы построить наблюдатель состояния системы, который обеспечивает сходимость оценки вектора состояния к реальному значению вектора состояния.

На первом шаге решается задача репараметризации, то есть сведение задачи оценки параметров для исходной нелинейной модели к идентификации параметров для линейной регрессионной модели. Вторым шагом выполняется оценка неизвестных постоянных параметров линейной регрессионной модели, которая может решаться различными методами в зависимости от того, какие условия возбуждения накладываются на регрессор, см., например, [2], [3]. Для оценки параметров линейной регрессионной модели предлагается использовать классический алгоритм оценки – метод наименьших квадратов с фактором забывания [4], [5].

**Выводы.** Построен наблюдатель вектора состояния нелинейной динамической системы, содержащей неизвестные постоянные параметры. Задача решена в предположении, что измеряется только выходная переменная, а управляющий сигнал известен.

### Список использованных источников:

1. Бобцов А.А., Николаев Н.А., Ортега Мартинес Р., Слита О.В., Козачёк О.А. Адаптивный наблюдатель переменных состояния линейной нестационарной системы с частично неизвестными параметрами матрицы состояния и вектора входа [Adaptive State Observer for Linear Time-Varying System with Partially Unknown State Matrix and Input Matrix Parameters] // Мехатроника, автоматизация, управление [Mekhatronika, Avtomatizatsiya,

Upravlenie] -2022. - T. 23. - № 6. - C. 283-288

2. Glushchenko A., Lastochkin K. Robust Time-Varying Parameters Estimation Based on I-DREM Procedure // arXiv preprint arXiv:2111.11716. – 2021
3. Aranovskiy, S., Bobtsov, A., Ortega, R., and Pyrkin, A. Performance enhancement of parameter estimators via dynamic regressor extension and mixing. 2016. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 62. N. 7, P. 3546-3550
4. Ljung L. System identification // Signal analysis and prediction. – Birkhäuser, Boston, MA, 1998. P. 163-173
5. Sastry S., Bodson M. Adaptive Control: Stability, Convergence and Robustness, Prentice-Hall, New Jersey, 1989.