

Адаптивное и робастное управление
Работа №2
Отчет В-17

Кирилл Лалаянц
Егор Прокопов

September 8, 2024

Преподаватель: Козачёк О.А.

1 Цель работы

Освоение принципов построения систем адаптивного и робастного управления на примере задачи слежения выхода скалярного объекта за эталонным сигналом.

2 Выполнение

2.1 Адаптивная система с возмущением

В этом задании проведено моделирование системы

$$\begin{cases} \dot{x}_m = -\lambda x_m + \lambda g \\ \dot{x} = \hat{\theta}x + u + \delta \\ u = \hat{\theta}x - \lambda x + \lambda g \\ \varepsilon = x_m - x \\ \dot{\hat{\theta}} = -\gamma x \varepsilon \end{cases},$$

где внешнее возмущение:

$$\delta(t) = (1+t)^{-1/8} \left[1 - \theta(1+t)^{-1/4} - \frac{3}{8}(1+t)^{-5/4} \right]$$

При моделировании использовались следующие значения параметров: $\gamma = 0.25$, $x(0) = 1$, $\hat{\theta}(0) = 1$, $\lambda = 2$. Сигнал $g(t)$ был принят равным нулю. Полученный результат представлен на рис. 1 - 6.

С течением времени ошибка слежения и выход регулятора стремятся к ограниченному множеству, в то время как ошибка оценки параметра θ линейно растет, что видно на рис. 6. Это соответствует теоретическому предположению $\hat{\theta} = Ct$.

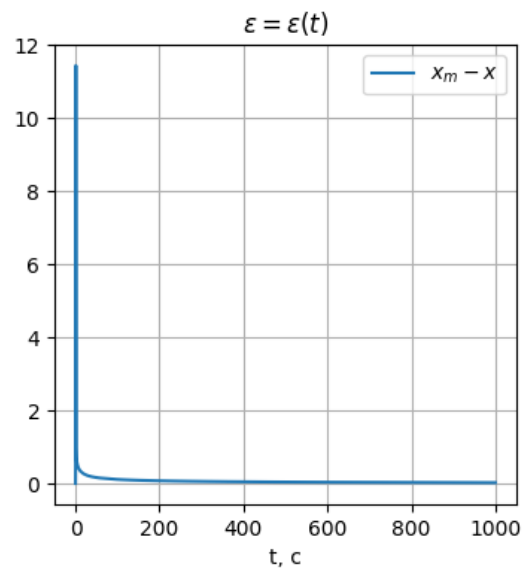


Рисунок 1: График ошибки слежения адаптивной системы управления с внешним возмущением.

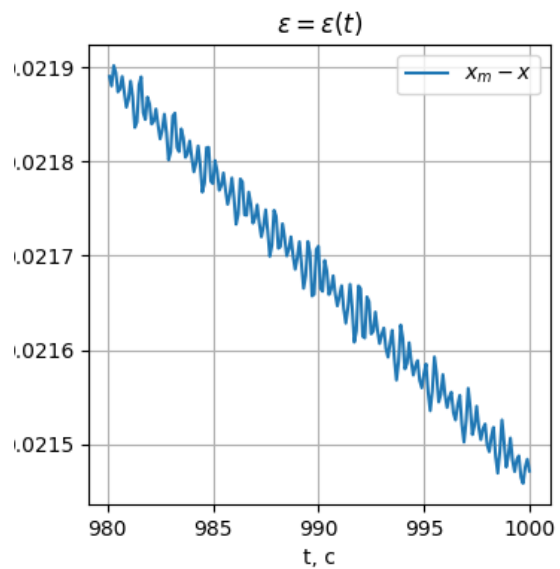


Рисунок 2: График ошибки слежения адаптивной системы управления с внешним возмущением на последних 20 секундах моделирования.

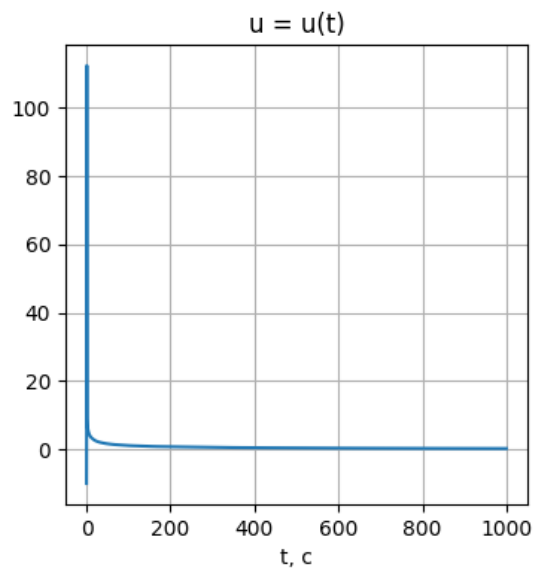


Рисунок 3: График выхода регулятора адаптивной системы управления с внешним возмущением.

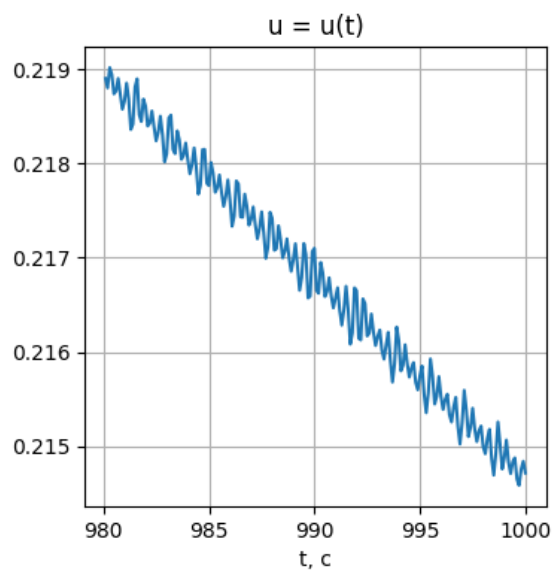


Рисунок 4: График выхода регулятора адаптивной системы управления с внешним возмущением на последних 20 секундах моделирования.

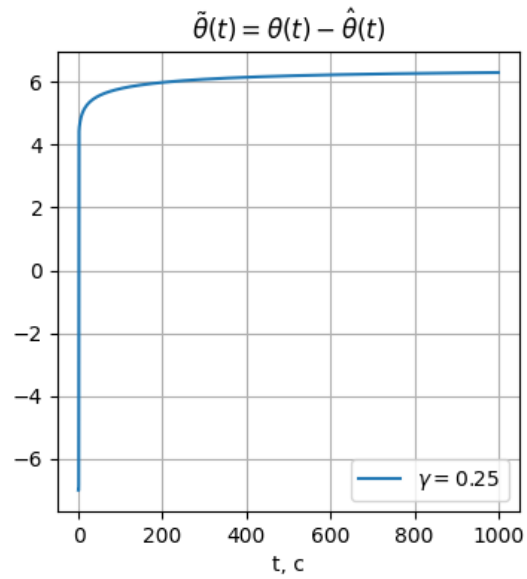


Рисунок 5: График ошибки оценки параметра θ адаптивной системы управления с внешним возмущением.

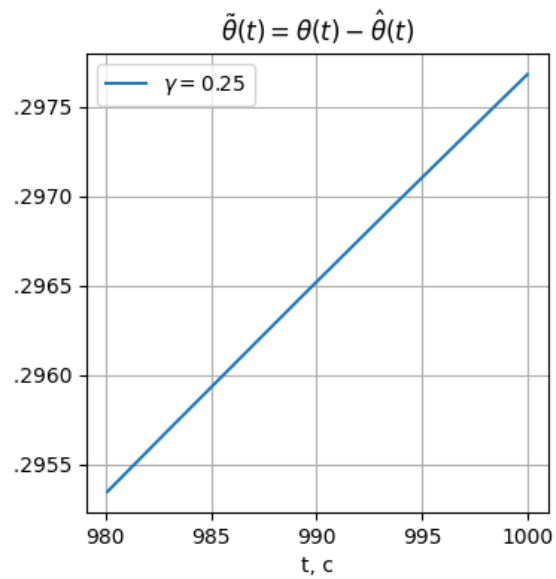


Рисунок 6: График ошибки оценки параметра θ адаптивной системы управления с внешним возмущением на последних 20 секундах моделирования.

2.2 Статическая обратная связь

$$\begin{cases} \dot{x}_m = -\lambda x_m + \lambda g \\ \dot{x} = \hat{\theta}x + u + \delta \\ u = \hat{\theta}x - \lambda x + \lambda g \\ \varepsilon = x_m - x \\ \dot{\hat{\theta}} = -\gamma x \varepsilon \end{cases}$$

В этой задаче, для обеспечения ограниченности всех сигналов и робастности к внешнему возмущению используется модификация адаптивной системы. Данный алгоритм является статическим и нелинейным и гарантирует ограниченность сигналов ε и $\hat{\theta}$.

При моделировании использовались следующие значения параметров: набор $\gamma = \{0.25, 100, 1000\}$, $x_0 = 1$, $\lambda = 2$, $g(t) = \cos(4t)$. Полученный результат представлен на рис. 7-10.

Видно, что ошибка и выходное воздействие ограничены (для наглядности также добавлены графики последних 20 секунд моделирования), причем, чем больше значение γ , тем меньше ошибка.

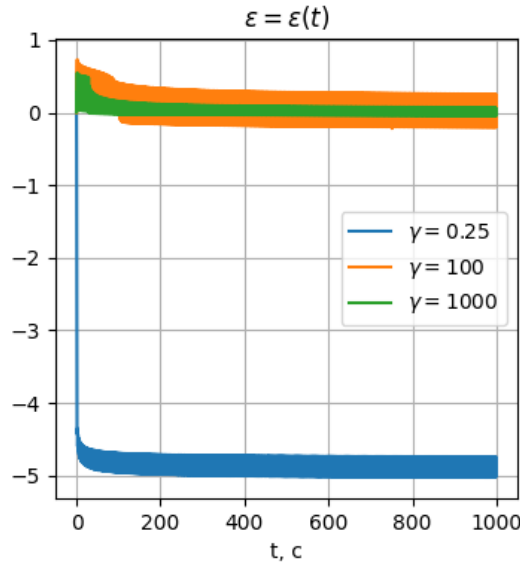


Рисунок 7: График ошибки слежения системы со статической обратной связью.

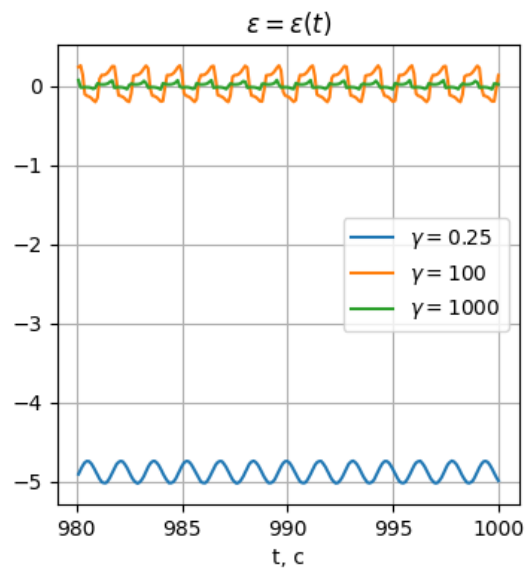


Рисунок 8: График ошибки слежения системы со статической обратной связью на последних 20 секундах моделирования.

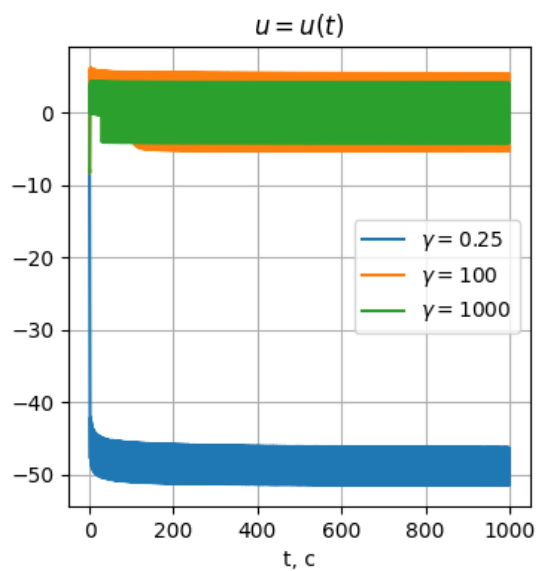


Рисунок 9: График выхода регулятора системы со статической обратной связью.

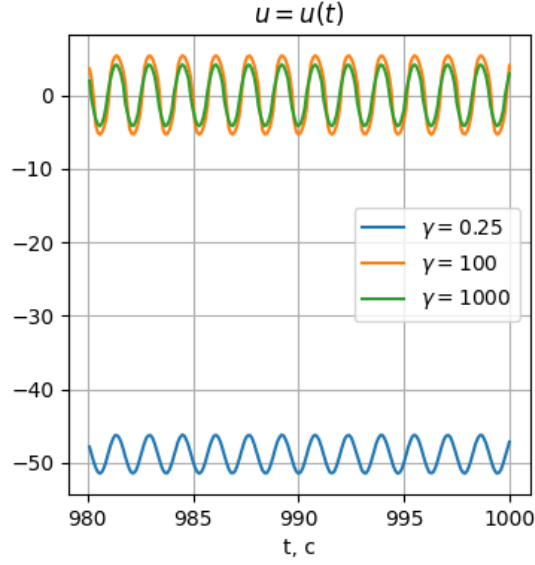


Рисунок 10: График выхода регулятора системы со статической обратной связью на последних 20 секундах моделирования.

2.3 Робастная σ -модификация алгоритма адаптации

В этой задаче, для решения проблем регулятора со статической обратной связью используется робастная σ -модификация алгоритма адаптации.

$$\begin{cases} \dot{x}_m = -\lambda x_m + \lambda g \\ \dot{x} = \hat{\theta}x + u + \delta \\ u = \hat{\theta}x - \lambda x + \lambda g \\ \varepsilon = x_m - x \\ \dot{\hat{\theta}} = -\sigma \hat{\theta} - \gamma x \varepsilon \end{cases}$$

При моделировании использовались следующие значения параметров: $\gamma = 0.25$, набор $\sigma = \{0, 0.1, 1\}$, $x_0 = 1$, $\lambda = 2$, $g(t) = \cos(4t)$. Полученный результат представлен на рис. 11-12.

Видно, что при уменьшении σ , уменьшается верхняя граница ошибки.

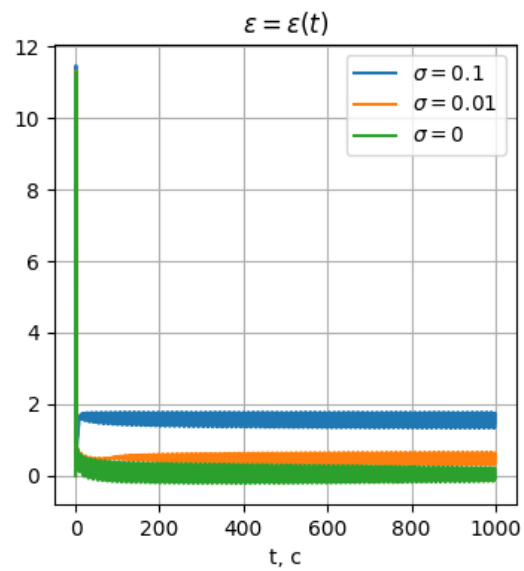


Рисунок 11: График ошибки слежения системы с робастной σ -модификацией алгоритма адаптации.

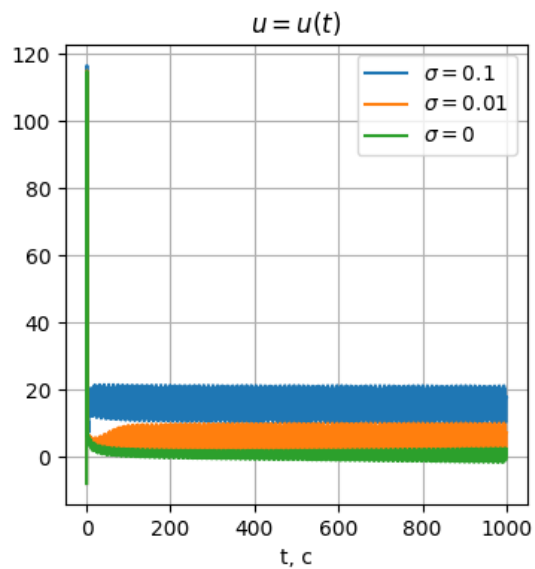


Рисунок 12: График выхода регулятора системы с робастной σ -модификацией алгоритма адаптации.

3 Заключение

В работе были проведены эксперименты с двумя способами решения задачи слежения выхода скалярного объекта за эталонным сигналом при наличии шумов в системе. На практике было проверено, что алгоритм адаптации из первой лабораторной не ограничивает оценку $\hat{\theta}$ параметра системы. Новые подходы справляются с этой задачей.

Статическая обратная связь имеет следующие недостатки:

- при отсутствии возмущения, установившаяся ошибка ε может быть отлична от нуля;
- управление пропорционально величине x^2 ;
- $u \propto \gamma$ и $\gamma^{-1} \propto \Delta \rightarrow$ уменьшение интервала сходимости происходит только при увеличении γ , что ведет к росту значения сигнала регулятора.

Робастная σ -модификация алгоритма адаптации, в отличие от статической обратной связи:

- $\sigma \propto \Delta \rightarrow$ позволяет снижать границу интервала сходимости путем уменьшения параметра σ , который не влияет напрямую на величину сигнала регулятора;
- есть гибридная σ -модификация, обнуляющая σ при незначительном входном воздействии.