

управляющей функции Ляпунова–Разумихина $V(t, x)$ (см. [15, Определение 1]) и управляющей барьерной функции $B(t, x)$ [8]: $W(t, x) = V(t, x) + bB(t, x)$. При этом удобно определять функцию B постоянной: $B \equiv -C$ вне множества X (см. [3]). В этом случае условия теоремы гарантируют решение задачи безопасной стабилизации при условии, что вместо условия (vi) выполняется следующее: для любой последовательности $t_n \rightarrow +\infty$ множество $M(t, t_n, c)$ не содержит решений соответствующего предельного уравнения при $c \neq -C$.

При исследовании устойчивости условия, подобные (vi), обычно накладываются на функцию Ляпунова в случае, когда производная не является строго отрицательной всюду, кроме начала координат (и автоматически выполняются для отрицательно определенной производной). Однако функция, удовлетворяющая условиям теоремы и имеющая отрицательно определенную производную, не существует [16], поэтому условие (vi) оказывается существенным.

Список литературы

1. Kiss A.K., Molnar T.G., Ames A.D., Orosz G. Control barrier functionals: Safety-critical control for time delay systems // *International Journal of Robust and Nonlinear Control*. 2023. Vol. 33. P. 7282–7309.
2. Maghenem M., Sanfelice R.G. On the converse safety problem for differential inclusions: Solutions, regularity, and time-varying barrier functions // *IEEE Transactions on Automatic Control*. 2022. Vol. AC-68, No. 1. P. 172–187.
3. Romdlony M.Z., Jayawardhana B. Stabilization with guaranteed safety using Control Lyapunov–Barrier Function // *Automatica*. 2016. Vol. 66. P. 39–47.
4. Ames A.D., et al. Control barrier functions: Theory and applications // 2019 18th European control conference (ECC). IEEE, 2019. P. 3420–3431.
5. Фико А., Мак-Кормик Г. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной минимизации. М.: Мир, 1972.
6. Ren W. Razumikhin-type Control Lyapunov and Barrier Functions for Time-Delay Systems // 60th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 2021. P. 5471–5476.
7. Ren W., Jungers R.M., Dimarogonas D.V. Razumikhin and Krasovskii approaches for safe stabilization // *Automatica*. 2022. Vol. 146. P. 110563.
8. Sedova N.O. The Safety Problem for Nonlinear Systems with Delay in Terms of Barrier Functions // *Journal of Mathematical Sciences*. 2023. Vol. 270, No. 5. P. 1–8.
9. Разумихин Б.С. Об устойчивости систем с запаздыванием // *ПММ*. 1956. Т. 20, № 4. С. 500–512.
10. Седова Н.О. К вопросу о принципе сведения для нелинейных систем с запаздыванием // *Автоматика и телемеханика*. 2011. № 9. С. 74–86.
11. Artstein Z. Stabilization with relaxed controls // *Nonlinear Analysis*. 1983. Vol. 7. P. 1163–1173.
12. Дашковский С.Н., Ефимов Д.В., Сонтаг Э.Д. Устойчивость от входа к состоянию и смежные свойства систем // *Автоматика и телемеханика*. 2011. № 8. С. 3–40.
13. Sontag E.D. A universal construction of Artstein’s theorem on nonlinear stabilization // *Syst. Cont. Lett.* 1989. Vol. 13. P. 117–123.
14. Jankovic M. Control Lyapunov–Razumikhin functions and robust stabilization of time delay systems // *IEEE Trans. on Automatic Control*. 2001. Vol. AC-46. P. 1048–1060.
15. Sedova N., Druzhinina O. Stabilization of State Constrained Delayed Systems Using Control–Lyapunov and Control–Barrier Functions. 2022 16th International Conference on Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiy’s Conference). Moscow, Russian Federation, 2022. P. 1–4.
16. Braun P., Kellett C.M. Comment on “Stabilization with guaranteed safety using Control Lyapunov–Barrier Function” // *Automatica*. 2020. Vol. 122. P. 109225.