

для некоторого $\lambda \in [0, 1]$. Определим гамильтониан задачи равенством $H(t, x, p, \sigma, u) = -\sigma u + p^T(f_1(t, x) + f_2(t, x)u)$. Справедливо следующее утверждение (см. [19])

Утверждение 1. Пусть $G = \{F(u(\cdot)) : \varphi_i(u(\cdot)) \leq 1, i = 1, 2\}$. Если $F(\hat{u}(\cdot)) \in \partial G$ и линеаризованная в окрестности $\hat{u}(\cdot)$ система (1) вполне управляема, то найдется $p(\cdot) \neq 0$ и число $\sigma \geq 0$ такие, что выполнены соотношения принципа максимума Понтрягина

$$\dot{p}(\tau) = -A(\tau)p(\tau) = -\frac{\partial H}{\partial x}(\tau, x(\tau), p(\tau), \sigma, \hat{u}(\tau)), \quad \tau \in [t_0, t_1],$$

$$H(\tau, x(\tau), p(\tau), \sigma, \hat{u}(\tau)) = \max_{\gamma(v) \leq \mu} H(\tau, x(\tau), p(\tau), \sigma, v), \quad \text{a.e. } \tau \in [t_0, t_1].$$

Список литературы

1. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. 4-е изд. М.: Наука, 1983. 393 с.
2. Lee E. B., Marcus L. Foundations of Optimal Control Theory. New York: J. Wiley and Sons Inc., 1967. 576 p.
3. Вдовин С.А., Тарасьев А.М., Ушаков В.Н. Построение множества достижимости интегратора Брокетта // Прикл. математика и механика. 2004. Т. 68, Вып. 5. С. 707–724.
4. Горнов А. Ю., Финкельштейн Е. А. Алгоритм кусочно-линейной аппроксимации границы множества достижимости // Автоматика и телемеханика. 2015. № 3. С. 22–31.
5. Пацко В.С., Пятко С.Г., Федотов А.А. Трехмерное множество достижимости нелинейной управляемой системы // Изв. РАН. ТИСУ. 2003. № 3. С. 8–16.
6. Baier R., Gerdtts M., Hausa I. Approximation of reachable sets using optimal control algorithms // Numer. Algebra Control Optim. 2013. Vol. 3, No. 3. P. 519–548.
7. Kurzanski A. B., Varaiya P. Dynamics and Control of Trajectory Tubes. Theory and Computation. Systems Control Found. Appl. Vol. 85. Basel: Birkhäuser, 2014. 445 p.
8. Гусев М.И., Зыков И.В. Об экстремальных свойствах граничных точек множеств достижимости управляемых систем при интегральных ограничениях // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН. 2017. Т. 23. № 1.
9. Пацко В.С., Трубников Г.И., Федотов А.А. Множество достижимости машины Дубинса с интегральным ограничением на управление // МТИП. 2023. Vol. 5, No. 2. P. 89–104.
10. Guseinov K.G., Ozer O., Akyar E., Ushakov V.N. The approximation of reachable sets of control systems with integral constraint on controls // Nonlinear Differ. Equ. Appl. 2007. Vol. 14, No. 1–2. P. 57–73.
11. Guseinov Kh.G. Approximation of the attainable sets of the nonlinear control systems with integral constraint on controls // Nonlinear Anal. Theory, Methods Appl. 2009. Vol. 71, No. 1–2. P. 622–645.
12. Gusev M. I. On reachability analysis of nonlinear systems with joint integral constraints // Lecture Notes in Comput. Sci. Cham: Springer. 2018. Vol. 10665 P. 219–227.
13. Polyak B. T. Convexity of the reachable set of nonlinear systems under L_2 bounded controls // Dyn. Contin. Discrete Impuls. Syst. Ser. A Math. Anal. 2004. Vol. 11. P. 255–267.
14. Gusev M. I., Zykov I. V. On the geometry of reachable sets for control systems with isoperimetric constraints // Proc. Steklov Inst. Math. 2019. Vol. 304. Suppl. 1. P. S76–S87.
15. Gusev M. I. Computing the reachable set boundary for an abstract control problem // AIP Conf. Proc. 2018. Vol. 2025, No. 1. P. 040009.
16. Ананьев Б.И., Гусев М.И., Филиппова Т.Ф. Управление и оценивание состояний динамических систем с неопределенностью. Новосибирск, СО РАН, 2018. 193 с.
17. Дмитрук А.В., Милютин А.А., Осмоловский Н.П. Теорема Люстерника и теория экстремума // УМН. 1980. Т. 35, № 6. С. 11–46.
18. Clarke F. H. Optimization and Nonsmooth Analysis. J. Wiley and Sons. 1983. 308 p.
19. Gusev M.I. Computing the Reachable Set Boundary for an Abstract Control System: Revisited // Ural Math. J. 2023. Vol. 9, No. 2. P. 99–108.