

3. Найти решение $\psi^{(l)}$ системы уравнений

$$\psi(k) = \mathcal{A}(u^{(l)}(k))^T \psi(k+1), \quad k = 0, \dots, N_{\min} - 1, \quad \psi(N_{\min}) = -q.$$

4. Последовательно найти для каждого $k \in \{0, \dots, N_{\min} - 1\}$ решение $u^{(l+1)}(k)$ экстремальной задачи

$$\langle \psi^{(l)}(k+1), \mathcal{A}(v)y^{(l+1)}(k) + \mathcal{B}(v) \rangle \rightarrow \max_{v \in U},$$

где значения $y^{(l+1)}(k)$ вычисляются по формулам $y^{(l+1)}(0) = y_0$,

$$y^{(l+1)}(k+1) = \mathcal{A}(u^{(l+1)}(k))y^{(l+1)}(k) + \mathcal{B}(u^{(l+1)}(k)), \quad k = 0, \dots, N_{\min} - 1.$$

5. Проверить условие остановки $|\langle q, y^{(l+1)}(N_{\min}) - y^{(l)}(N_{\min}) \rangle| < \varepsilon$, в случае выполнения положить $\tilde{u} = u^{(l+1)}$ и закончить расчеты, иначе увеличить l на единицу и перейти к шагу 3.

При выполнении условий теоремы 2 последовательность пар $(y^{(l)}, u^{(l)})$, построенная в соответствии с предложенным алгоритмом, сходится к паре (y^*, u^*) , удовлетворяющей соотношениям дискретного принципа максимума в задаче (6). В том случае если эти соотношения доставляют необходимые и достаточные условия оптимальности, то u^* – оптимальное по быстродействию управление для системы (1) – (2). Степень приближения элемента $u^{(l)}$ к оптимальному управлению характеризуется близостью неотрицательной величины $\langle q, y^{(l)}(N_{\min}) \rangle$ к нулю.

6. Заключение

Естественным направлением развития полученных в работе результатов является применение метода глобальных улучшений Кротова к исследованию задачи быстродействия для линейной дискретной системы в том случае, когда известны только гарантирующие двусторонние оценки времени быстродействия, которые не совпадают. При этом метод Кротова может позволить уточнить верхнюю оценку, а при выполнении некоторых дополнительных предположений вычислить само время быстродействия и найти оптимальный процесс.

Теорема 2 доказана К.А. Царьковым за счет средств проекта Российского научного фонда № 22-11-00042 <https://rscf.ru/project/22-11-00042> в ИПУ РАН.

Список литературы

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем и ограниченным управлением // Автоматика и телемеханика. 2017. № 10. С. 3–32.
2. Ибрагимов Д.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем, ограниченным управлением и вырожденным оператором // Автоматика и телемеханика. 2019. № 3. С. 3–25.
3. Ибрагимов Д.Н., Новожилин Н.М., Порцева Е.Ю. О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением // Автоматика и телемеханика. 2021. № 12. С. 48–72.
4. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления. М.: Наука, 1973.
5. Коннов А.И., Кротов В.Ф. О глобальных методах последовательного улучшения управляемых процессов // Автоматика и телемеханика. 1999. № 10. С. 77–88.