

Кравцова Алена Леонидовна

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ ФУНКЦИЙ МОДАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТА, ЗАДАННОГО ИНТЕРВАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Статья посвящена исследованию параметрической чувствительности объектов и систем, синтеза неадаптивных и адаптивных алгоритмов, обеспечивающих робастность их динамических показателей. Решена задача управления непрерывными динамическими объектами в условиях неопределенности. Синтезирован закон управления системой на основе ее неопределенности и асимптотической устойчивости.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/11/32.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 11 (66). С. 115-122. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/11/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

$F_{ik}^2=1/2$	0	$2E^1$	$2E^2$	$2E^3$	$2E^4$	$2E^5$	$2E^6$	$2E^7$
	$-2E^1$	0	$-H^{364.7}$	$H^{245.6}$	$-H^{537.2}$	$H^{476.3}$	$H^{723.5}$	$-H^{652.4}$
	$-2E^2$	$H^{346.7}$	0	$-H^{174.5}$	$-H^{615.3}$	$-H^{763.4}$	$H^{457.1}$	$H^{531.6}$
	$-2E^3$	$-H^{254.6}$	$H^{147.5}$	0	$-H^{726.1}$	$H^{612.7}$	$-H^{571.4}$	$H^{465.2}$
	$-2E^4$	$H^{573.2}$	$H^{651.3}$	$H^{762.1}$	0	$-H^{127.6}$	$-H^{235.7}$	$-H^{316.5}$
	$-2E^5$	$-H^{467.3}$	$H^{736.4}$	$-H^{621.7}$	$H^{172.6}$	0	$H^{314.2}$	$-H^{243.1}$
	$-2E^6$	$-H^{752.5}$	$-H^{475.1}$	$H^{517.4}$	$H^{255.7}$	$-H^{341.2}$	0	$H^{124.3}$
	$-2E^7$	$H^{625.4}$	$-H^{513.6}$	$-H^{456.2}$	$H^{361.5}$	$H^{234.1}$	$-H^{142.3}$	0
$F_{ik}^3=1/2$	0	$2E^1$	$2E^2$	$2E^3$	$2E^4$	$2E^5$	$2E^6$	$2E^7$
	$-2E^1$	0	$H^{264.7}$	$-H^{745.6}$	$H^{637.2}$	$-H^{276.3}$	$-H^{423.5}$	$H^{552.4}$
	$-2E^2$	$-H^{346.7}$	0	$H^{674.5}$	$H^{715.3}$	$H^{163.4}$	$-H^{357.1}$	$-H^{431.6}$
	$-2E^3$	$H^{754.6}$	$-H^{647.5}$	0	$H^{526.1}$	$-H^{412.7}$	$H^{271.4}$	$-H^{165.2}$
	$-2E^4$	$-H^{673.2}$	$-H^{751.3}$	$-H^{562.1}$	0	$H^{327.6}$	$H^{135.7}$	$H^{216.5}$
	$-2E^5$	$H^{267.3}$	$-H^{136.4}$	$H^{421.7}$	$-H^{572.6}$	0	$-H^{714.2}$	$H^{645.1}$
	$-2E^6$	$H^{432.5}$	$H^{375.1}$	$-H^{217.4}$	$-H^{153.7}$	$H^{741.2}$	0	$-H^{524.3}$
	$-2E^7$	$-H^{325.4}$	$H^{413.6}$	$H^{156.2}$	$-H^{261.5}$	$-H^{634.1}$	$H^{242.3}$	0

Таким образом, в семипараметровых семимерных ортогональных и шестимерных унитарных преобразованиях вращения прогнозируются четыре поля и соответствующие им мультиплеты частиц: из 14-ти в двух группах по семь частиц при $J=1$ и из 12-ти в двух группах по шесть частиц при $J=1/2$. Эти преобразования применением операции умножения матриц позволяют получить описание полей и совокупностей частиц с произвольным спином. Вместе с тем, в семимерной алгебре имеют место операции векторного умножения трех, четырех, пяти и шести векторов с антисимметричными тензорами структурных констант, дающие соответствующие поля и мультиплеты частиц. Они обеспечивают соблюдение свойств симметрии семипараметровых преобразований векторных величин, свойственных алгебре семимерных векторов.

В заключение отметим, что число экспериментально выявленных барионов со спином $J=1/2$ и мезонов со спином $J=1$ близко к прогнозируемому семимерным исчислением (соответственно 30 из 36 и 42 из 49) [3], так что в ближайшем будущем мы станем свидетелями подтверждения либо опровержения применимости семимерной алгебры к описанию картины физического мира. В частности, в последнее время найдена предсказанная ранее частица с очарованием $C=2$.

Список литературы

1. Коротков А. В. Элементы семимерного векторного исчисления. Алгебра. Геометрия. Теория поля. Новочеркасск: Набл, 1996. 244 с.
2. Коротков А. В. Элементы трех- и семимерного изовекторного и спинорного исчислений. Новочеркасск: Набл, 1999. 100 с.
3. Caso C. et al. Review of Particle Physics (Particle Data Group) // European Physical Journal. 1998. № 1.

УДК 681.5

Технические науки

Статья посвящена исследованию параметрической чувствительности объектов и систем, синтеза неадаптивных и адаптивных алгоритмов, обеспечивающих необходимую робастность их динамических показателей. Решена задача управления непрерывными динамическими объектами в условиях неопределенности. Синтезирован закон управления системой на основе ее неопределенности и асимптотической устойчивости.

Ключевые слова и фразы: синтез; управление; моделирование; чувствительность; неопределенность.

Алена Леонидовна Кравцова

*Кафедра управления в технических и биотехнических системах
Северо-Кавказский федеральный университет
borjenskaya@mail.ru*

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ ФУНКЦИЙ МОДАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТА, ЗАДАННОГО ИНТЕРВАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ[©]

Дано: весовая матрица объекта (ВМО), векторно-матричное линейное описание «Вход-состояние-выход» (ВСВ) непрерывного объекта управления (НОУ) с интервальными матричными компонентами в форме [1-20; 40-42]:

$$\dot{x}(t) = [A]x(t) + [B]u(t) \quad y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

$$[A] = A_0 + [\Delta A] \quad [B] = B_0 + [\Delta B]$$

получаемое с использованием интервальной арифметики на основе интервальной реализации параметров q_j , записываемых в форме

$$[q_j] = [q_j^-, q_j^+]$$

при следующих граничных (угловых) значениях: $q_j^- = -0,2$ $q_j^+ = 0,2$

Рассмотрим закон управления (ЗУ) $u(t) = K_g g(t) - Kx(t)$, который должен доставлять системе

$$\dot{x}(t, q) = F(q)x(t, q) + G(q)g(t) \quad y(t, q) = C(q)x(t, q) + D(q)u(t)$$

$$F(q) = A(q) - B(q)K \quad G(q) = B(q)K_g,$$

образованной объединением НОУ и ЗУ, равенство входа $g(t)$ и выхода $y(t)$ в неподвижном состоянии при номинальных значениях параметров с помощью:

- матрицы K_g прямой связи по входу $g(t)$ и выходу $y(t)$ в неподвижном состоянии при номинальных значениях параметров;

- матрицы K обратной связи по состоянию $x(t)$ при номинальных значениях параметров: распределение мод Баттерворта с характеристической частотой $\omega_0 = 3c^{-1}$.

Построим модель траекторной чувствительности (МТЧ) спроектированной системы по каждому из параметров и для значения $|\Delta q_j| = 0,3$, выделим доминирующие параметры по степени их влияния на величину σ перерегулирования и длительность t_n переходного процесса.

Построим матрицу функций модальной чувствительности и выделим неблагоприятное сочетание вариаций параметров.

Имеем:

$$A(q) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{10(1+q_7)}{16(1+q_5)} \\ 1 & \frac{3(1+q_4)}{16(1+q_5)} \end{bmatrix}, \quad B(q) = \begin{bmatrix} 0,042 \frac{(1+q_2)}{(1+q_4)(1+q_5)} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad C = [0 \quad 1].$$

Из требований к проектируемой системе найдем матрицы $F(q)$, $G(q)$, K , K_g :

$$\lambda_{1,2} = \omega_0(-0,707 \pm 0,707j), \quad \lambda_{1,2} = -2,121 \pm 2,121j,$$

$$\det(\lambda I - F) = (\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2), \quad \det(\lambda I - F) = \lambda^2 + 4,242\lambda + 9.$$

Учитывая, что $F = A - BK$, найдем K :

$$F = \begin{bmatrix} 0 & -0,625 \\ 1 & -0,1875 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,042 \\ 0 \end{bmatrix} [k_1 \quad k_2] = \begin{bmatrix} -0,042k_1 & -0,625 - 0,042k_2 \\ 1 & -0,1875 \end{bmatrix},$$

$$\det(\lambda I - F) = \lambda^2 + (0,042k_1 + 0k_2 + 0,1875)\lambda + (0,007875k_1 + 0,042k_2 + 0,625),$$

откуда $k_1 = 96,5$, $k_2 = 181$, $K = [96,5 \quad 181]$.

Полином Баттерворта при заданной частоте:

$$s^2 + 4,242s + 9$$

отсюда:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -9 & -4,242 \end{bmatrix}$$

Матрица H выбирается из условия полной наблюдаемости пары Γ и H :

$$H = [1 \quad 0]$$

Решим задачу медианного МУ с помощью уравнения Сильвестра:

$$M\Gamma - A M = -BH$$

$$M = \begin{bmatrix} -0,0198 & -0,0043 \\ 0,005 & 0,0023 \end{bmatrix}$$

$$\text{Посчитаем } K: \quad K = HM^{-1} = [96,5 \quad 181]$$

Найдем $F(q)$ [30-40]:

$$F(q) = A(q) - B(q)K,$$

$$F(q) = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{10(1+q_7)}{16(1+q_5)} \\ 1 & -\frac{3(1+q_4)}{16(1+q_5)} \end{bmatrix} - \left[\begin{bmatrix} 0,042 \frac{(1+q_2)}{(1+q_4)(1+q_5)} \\ 0 \end{bmatrix} \right] \begin{bmatrix} 96,5 & 181 \end{bmatrix},$$

$$F(q) = \begin{bmatrix} -\frac{4,053(1+q_2)}{4(1+q_4)(1+q_5)} & -\frac{10(1+q_7)}{16(1+q_5)} - \frac{7,602(1+q_2)}{(1+q_4)(1+q_5)} \\ 1 & -\frac{3(1+q_4)}{16(1+q_5)} \end{bmatrix}.$$

$$F = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 \\ 1 & -0,1875 \end{bmatrix}.$$

$$K_g = -(CF^{-1}B)^{-1} = 200,4046.$$

Математическая версия закона управления:

$$u(t) = 200,4046g(t) - 96,5x_1(t) - 181x_2(t),$$

$$\varepsilon(t) = g(t) - y(t), K_x = K - K_g C = [96,5 \quad -19,4046]$$

Реализационная версия имеет вид:

$$u(t) = 200,4046(g(t) - y(t)) - 96,5x_1(t) - 19,4046x_2(t).$$

Замечание 1

Последняя версия будет реализуемой только в случае доступности измерению всех переменных состояния. В противном случае необходимо синтезировать наблюдатель с целью получения оценок переменных состояния. В этом случае закон управления примет вид [20-25]:

$$u(t) = 200,4046(g(t) - y(t)) - 96,5x_1(t) - 19,4046x_2(t),$$

где \hat{x}_1 и \hat{x}_2 - оценки переменных состояния x_1 и x_2 соответственно.

Найдем $G(q)$:

$$G(q) = B(q)K_g, G(q) = \begin{bmatrix} 0,042 \frac{(1+q_2)}{(1+q_4)(1+q_5)} \\ 0 \end{bmatrix} 200,4046 = \left[\begin{bmatrix} 8,417(1+q_2) \\ (1+q_4)(1+q_5) \\ 0 \end{bmatrix} \right], G = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Замечание 2

При полученном желаемом полиноме $\det(\lambda I - F) = \lambda^2 + 4,242\lambda + 9$ передаточная функция системы управления примет вид:

$$\Phi(s) = \frac{8,417}{s^2 + 4,242s + 9}$$

Переходная функция такой системы представлена на Рисунке 1.

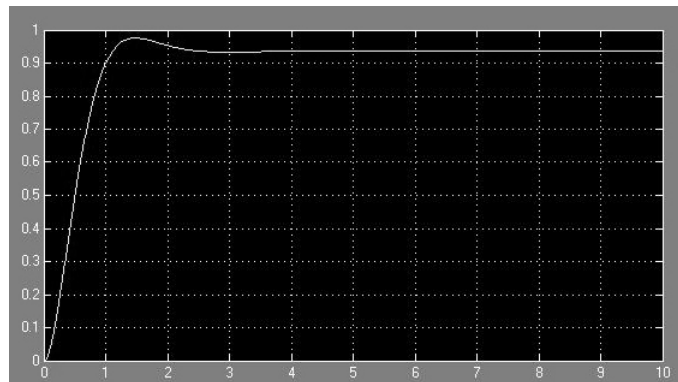


Рис. 1. *Переходная функция системы управления: перерегулирование менее 5%, требование об обеспечении распределения мод Баттерворта выполнено [25-30]*

Построим семейство моделей траекторной чувствительности

$$\dot{\sigma}_j(t) = F\sigma_j(t) + F_{q_j}x(t) + G_{q_j}g(t),$$

$$\eta_j(t) = C\sigma_j(t),$$

где $F_{q_j} = \frac{\partial F(q)}{\partial q_j} \Big|_{q=q_0}$, $G_{q_j} = \frac{\partial G(q)}{\partial q_j} \Big|_{q=q_0}$, $\sigma_j(t) = \frac{\partial x(t,q)}{\partial q_j} \Big|_{q=q_0}$, $\eta_j(t) = \frac{\partial y(t,q)}{\partial q_j} \Big|_{q=q_0}$

и сформируем семейство агрегированных систем

$$\dot{\tilde{x}}_j(t) = \tilde{F}_j \tilde{x}_j(t) + \tilde{G}_j g(t),$$

$$\eta_j(t) = \tilde{C}_j \tilde{x}_j(t),$$

где $\tilde{F}_j = \begin{bmatrix} F & 0 \\ F_{qj} & F \end{bmatrix}$, $\tilde{G}_j = \begin{bmatrix} G \\ G_{qj} \end{bmatrix}$, $\tilde{C}_j = [C_{qj} \ C] = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$.

Получим:

$$F_{q1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, G_{q1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \tilde{F}_1 = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 & 0 & 0 \\ 1 & -0,1875 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1,0133 & -8,227 \\ 0 & 0 & 1 & -0,1875 \end{bmatrix}, \tilde{G}_1 = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

$$F_{q2} = \begin{bmatrix} -1,0133 & -7,602 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, G_{q2} = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\tilde{F}_2 = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 & 0 & 0 \\ 1 & -0,1875 & 0 & 0 \\ -1,0133 & -7,602 & -1,0133 & -8,227 \\ 0 & 0 & 1 & -0,1875 \end{bmatrix}, \tilde{G}_2 = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \\ 8,417 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{q4} = \begin{bmatrix} 1,01330 & 7,602 \\ 0 & -0,1875 \end{bmatrix}, G_{q4} = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\tilde{F}_4 = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 & 0 & 0 \\ 1 & -0,1875 & 0 & 0 \\ 1,0133 & 7,602 & -1,0133 & -8,227 \\ 0 & -0,1875 & 1 & -0,1875 \end{bmatrix}, \tilde{G}_4 = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \\ 8,417 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

$$F_{q5} = \begin{bmatrix} 1,01330 & 8,227 \\ 0 & 0,1875 \end{bmatrix}, G_{q5} = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\tilde{F}_5 = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 & 0 & 0 \\ 1 & -0,1875 & 0 & 0 \\ 1,0133 & 8,227 & -1,0133 & -8,227 \\ 0 & 0,1875 & 1 & -0,1875 \end{bmatrix}, \tilde{G}_5 = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \\ 8,417 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

$$F_{q7} = \begin{bmatrix} 0 & -0,625 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, G_{q7} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \tilde{F}_7 = \begin{bmatrix} -1,0133 & -8,227 & 0 & 0 \\ 1 & -0,1875 & 0 & 0 \\ 0 & -0,625 & -1,0133 & -8,227 \\ 0 & 0 & 1 & -0,1875 \end{bmatrix}, \tilde{G}_7 = \begin{bmatrix} 8,417 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

На Рисунке 2 представлена структурная схема агрегированной системы: номинального объекта управления и модели траекторной чувствительности к вариации одного из параметров [30-40].

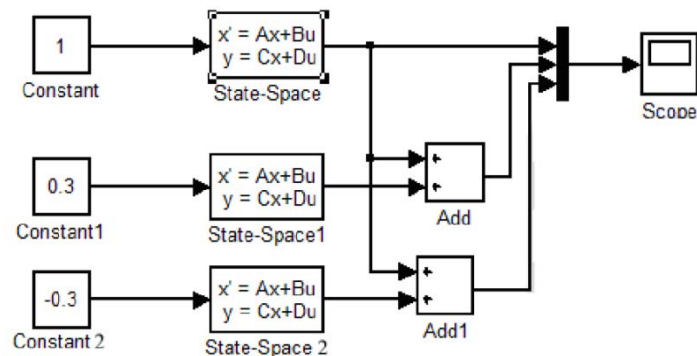


Рис. 2. Структурная схема агрегированной системы

Теперь представим графики переходных функций номинальной системы и параметрически возмущенной (только по одному параметру).

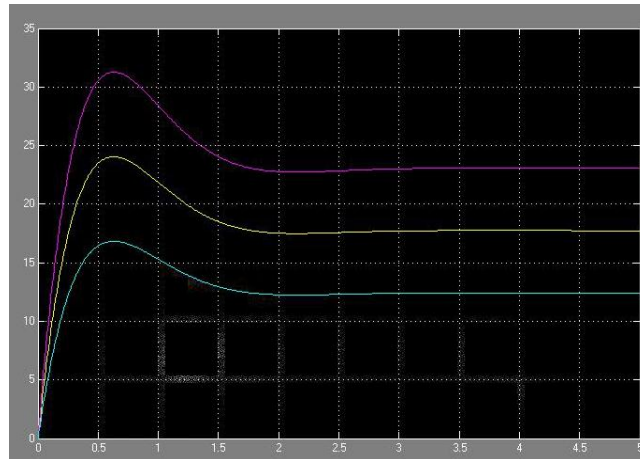


Рис. 3. Переходные функции системы при $\Delta q_2 = 0,3$, $\Delta q_2 = -0,3$ и $\Delta q_2 = 1$, разница между $h_{\max}(y_H)$ и $h_{\max}(y_B) = 75\%$

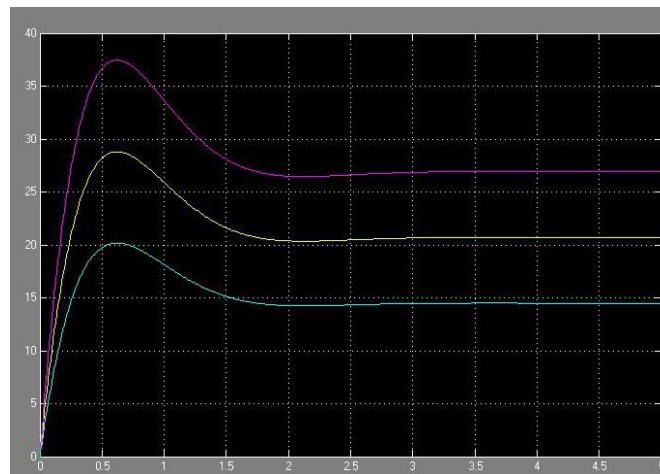


Рис. 4. Переходные функции системы при $\Delta q_4 = 0,3$, $\Delta q_4 = -0,3$ и $\Delta q_4 = 1$, разница между $h_{\max}(y_H)$ и $h_{\max}(y_B) = 77,7\%$

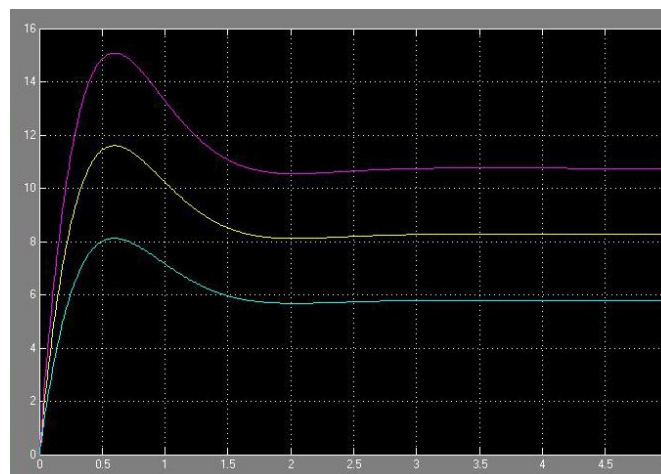


Рис. 5. Переходные функции системы при $\Delta q_5 = 0,3$, $\Delta q_5 = -0,3$ и $\Delta q_5 = 1$, разница между $h_{\max}(y_H)$ и $h_{\max}(y_B) = 75\%$

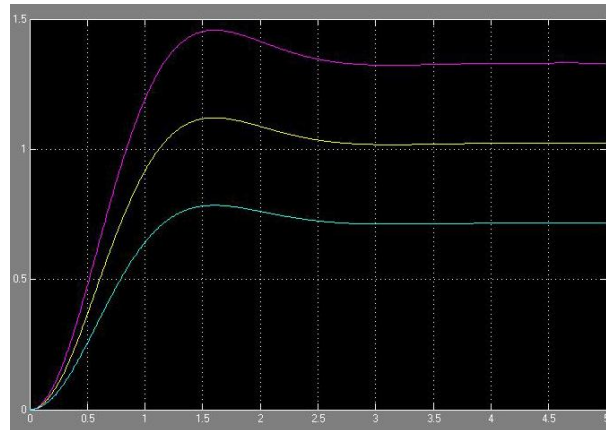


Рис. 6. Переходные функции системы при $\Delta q_7 = 0,3$, $\Delta q_7 = -0,3$ и $\Delta q_7 = 1$, разница между $h_{\max}(y_H)$ и $h_{\max}(y_B) = 77,5\%$

Анализируя представленные графики переходных функций, параметры по степени влияния на качество процессов следует проранжировать следующим образом: $q_4 < q_5 < q_7 < q_2$.

Следует указать, что вариация параметра q_2 оказывает наибольшее влияние как на перерегулирование, так и на время переходного процесса (наибольшие значения среди рассмотренных возмущенных систем).

Выделим доминирующие параметры:

$$\det(\lambda I - F) = \lambda^2 + 4,242\lambda + 9, \quad \lambda_{1,2} = -2,121 \pm 2,121j.$$

Из уравнения $M\Lambda = FM$, где $\Lambda = \begin{bmatrix} -2,121 & 2,121 \\ -2,121 & -2,121 \end{bmatrix}$ найдем матрицу M вещественного вида:

$$M = \begin{bmatrix} 0,6161 & 1,4648 \\ -0,7103 & -0,3331 \end{bmatrix}, \quad M^{-1} = \begin{bmatrix} -0,3987 & -1,7536 \\ 0,8504 & 0,7376 \end{bmatrix}.$$

Вычислим функции модальной чувствительности $\lambda_{qj} = \delta_{qj} \pm \beta_{qj}j$ ($|\Delta \lambda_{1qj,2qj}| = \sqrt{\delta_{qj}^2 + \beta_{qj}^2}$) с помощью соотношений

$$\delta_{qj} = \frac{1}{2} \left\{ (M^{-1}F_{qj}M)_{11} + (M^{-1}F_{qj}M)_{22} \right\}, \quad \beta_{qj} = \frac{1}{2} \left\{ (M^{-1}F_{qj}M)_{12} - (M^{-1}F_{qj}M)_{21} \right\}.$$

$$\delta_{q2} = -0,0133, \quad \beta_{q2} = 3,6434;$$

$$\delta_{q4} = -1,2, \quad \beta_{q4} = 3,6321;$$

$$\delta_{q5} = -1,2, \quad \beta_{q5} = 3,9266;$$

$$\delta_{q7} = 0, \quad \beta_{q7} = 0,2945.$$

Конструируем матрицу функций модальной чувствительности в виде функций чувствительности вещественной и мнимой частей:

$$S_{\lambda} = \begin{bmatrix} \delta_q \\ \beta_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0133 & -1,2 & -1,2 & 0 \\ 3,6434 & 3,6321 & 3,9266 & 0,2945 \end{bmatrix},$$

$$\text{где } \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta \beta \end{bmatrix} = S_{\lambda} \cdot \Delta q$$

По нормам столбцов выделяем доминирующие параметры:

$$\text{dom } q_j = \arg \max \left\{ \|S_{\lambda j}\|; j=\overline{1,7} \right\} \approx \{q_5\}$$

Для выделения неблагоприятного сочетания вариаций параметров воспользуемся сингулярным разложением матрицы модальной чувствительности:

$S_{\lambda} = U_{\lambda} \Sigma_{\lambda} V_{\lambda}^T$. Используем функцию $\text{svd}()$ пакета *Matlab*.

$$U_{\lambda} = \begin{bmatrix} -0,2165 & 0,9763 \\ 0,9763 & 0,2165 \end{bmatrix}, \quad \Sigma_{\lambda} = \begin{bmatrix} 6,633 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,9261 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad V_{\lambda} = \begin{bmatrix} 0,5367 & 0,8379 & -0,0602 & -0,0794 \\ 0,5738 & -0,4158 & -0,7052 & 0,0257 \\ 0,6171 & -0,3469 & 0,7058 & -0,0248 \\ 0,0433 & 0,0689 & 0,0309 & 0,9962 \end{bmatrix}.$$

Зададимся сферой $\|\Delta q\| = 0,5$ с тем, чтобы все вариации параметров ограничить числом 0,5 - пределом применимости теории чувствительности. Введем наиболее неблагоприятное сочетание вариаций параметров, задаваемое вектором

$$\Delta q^T = [-0,0794 \quad 0,0257 \quad -0,0248 \quad 0,9962] \cdot \|\Delta q\| = [-0,0397 \quad 0,0129 \quad 0,0124 \quad 0,4981]$$

а также наименее неблагоприятное сочетание вариаций параметров, задаваемое вектором

$$\Delta q^T = [-0,0602 \quad -0,7052 \quad 0,7058 \quad 0,0309] \cdot \|\Delta q\| = [-0,0301 \quad -0,3526 \quad 0,3529 \quad 0,0155]$$

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о благоприятном и неблагоприятном поведении системы. Также можно предположить, что использование весовых коэффициентов для исследования систем управления является на сегодняшний день актуальной задачей.

Список литературы

1. **Ильющин Ю. В.** Аналитическое решение двухмерного уравнения теплопроводности // *Материалы Международной молодежной научной конференции «Математическая физика и ее приложения» (МФП-2012) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы»* / под ред. А. В. Санкина и В. И. Алтухова. Пятигорск: СКФУ, 2012. Т. 2. С. 62-68.
2. **Ильющин Ю. В.** Геоинформационные системы // *Окно в науку*. Пятигорск, 2009. Вып. 32. Ч. 4. С. 78-80.
3. **Ильющин Ю. В.** Излучение // *Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов: в 2-х ч.* / под общ. ред. С. С. Чернова. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. Вып. 17. Ч. 1. С. 214-223.
4. **Ильющин Ю. В.** Инновационное развитие производства строительной керамики и фарфора // *Актуальные проблемы развития профессионального образования в современных социально-экономических условиях: материалы всероссийской научно-практической конференции*. Кисловодск: Тьютор, 2011. С. 101-104.
5. **Ильющин Ю. В.** Исследование запаса устойчивости систем автоматического управления // *Альманах современной науки и образования*. Тамбов: Грамота, 2012. № 1 (56). С. 26-37.
6. **Ильющин Ю. В.** Линейные и нелинейные модели распределенных объектов // *Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов VII международной научно-практической конференции*. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2012. С. 56-61.
7. **Ильющин Ю. В.** Математическая модель одномерного объекта управления с дискретно расположенными импульсными нагревательными элементами // *Перспективные вопросы мировой науки - 2011: материалы VII международной научно-практической конференции*. София, 2011. Т. 27. С. 43-46.
8. **Ильющин Ю. В.** Метод А. М. Ляпунова по исследованию устойчивости нелинейных систем // *Системный синтез и прикладная синергетика: материалы международной научной конференции*. Пятигорск: РИА-КМВ, 2009. С. 212-215.
9. **Ильющин Ю. В.** Методика расчета оптимального количества нагревательных элементов в зависимости от значений температурного поля // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление»*. 2011. Т. 2. № 6 (138). Ч. 2. С. 48-53.
10. **Ильющин Ю. В.** Определение шага дискретизации для расчета теплового поля трехмерного объекта управления // *Известия Южного федерального университета*. 2011. № 6. С. 192-200.
11. **Ильющин Ю. В.** Основы теплопроводности твердых тел // *Наука и инновации - 2011: материалы VII международной научно-практической конференции*. Пермь: Nauka i studia, 2011. Т. 15. С. 8-12.
12. **Ильющин Ю. В.** Параметрический синтез управляющих воздействий для стабилизации температурного поля изотропного стержня // *Системный синтез и прикладная синергетика: сборник трудов IV международной научной конференции*. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011. С. 205-212.
13. **Ильющин Ю. В.** Поведение теплового поля на основе функции Грина в релейной системе управления // *Альманах современной науки и образования*. Тамбов: Грамота, 2011. № 3 (46). С. 78-87.
14. **Ильющин Ю. В.** Применение функции Грина к уравнению Шредингера для исследования волновых процессов // *Дни науки*. Пятигорск: Технологический университет, 2010. Вып. 33. Ч. 4. С. 19-21.
15. **Ильющин Ю. В.** Проектирование распределенной системы со скалярным воздействием // *Научное обозрение*. 2011. № 4. С. 85-90.
16. **Ильющин Ю. В.** Проектирование системы управления температурными полями туннельных печей конвейерного типа // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление»*. 2011. № 3 (126). С. 67-72.
17. **Ильющин Ю. В.** Распределение температуры в пространственно-одномерном объекте в результате действия мгновенного точечного источника // *Аналитическая механика, устойчивость и управление: труды X международной челябинской конференции*. Казань: Издательство КГТУ, 2012. Т. 3. Секция 3. Ч. 1. С. 465-475.
18. **Ильющин Ю. В.** Синтез замкнутой системы управления температурным полем туннельной печи конвейерного типа. Пятигорск: Пятигорский государственный гуманитарно-технологический университет, 2012. 184 с.
19. **Ильющин Ю. В.** Синтез управляющих воздействий на основе импульсных переходных функции // *Наука и образование без границ - 2011: материалы VII международной научно-практической конференции*. Пермь: Nauka i studia, 2011. Т. 29. С. 97-102.
20. **Ильющин Ю. В.** Синтез цифрового регулятора управления температурным полем туннельной печи // *Приволжский научный вестник*. Ижевск: ПервопечатникЪ, 2012. № 5. С. 16-19.
21. **Ильющин Ю. В.** Система автоматического регулирования температуры туннельной печи конвейерного типа // *Альманах современной науки и образования*. Тамбов: Грамота, 2012. № 4 (59). С. 97-103.
22. **Ильющин Ю. В.** Стабилизация температурного поля в пространственно-двухмерном объекте на основе функции Грина // *Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов III международной научно-практической конференции*. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. С. 45-49.
23. **Ильющин Ю. В.** Стабилизация температурного поля на основе функции Грина // *Управление и информационные технологии: межвузовский сборник*. Пятигорск: РИА-КМВ, 2010. С. 61-65.
24. **Ильющин Ю. В.** Устойчивость распределенных систем с дискретными управляющими воздействиями // *Известия Южного федерального университета*. 2010. № 12. С. 166-171.

25. **Ильюшин Ю. В., Антонов В. Ф., Чернышев А. Б.** Моделирование релейно-импульсных распределенных систем. Пятигорск: Пятигорский государственный гуманитарно-технологический университет, 2012. 248 с.
26. **Ильюшин Ю. В., Багдамян В. Е.** Разработка алгоритмов для многоядерных процессоров // Управление и информационные технологии: межвузовский сборник. Пятигорск: РИА-КМВ, 2007. С. 64-66.
27. **Ильюшин Ю. В., Козлов В. А., Чернобай С. И.** Геоинформационные системы и технологии // Дни науки. Пятигорск: Технологический университет, 2008. Вып. 31. Ч. 4. С. 26-28.
28. **Ильюшин Ю. В., Кравцова А. Л., Мардоян М. М.** Анализ устойчивости систем автоматического управления // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 4 (59). С. 103-110.
29. **Ильюшин Ю. В., Кравцова А. Л., Мардоян М. М.** Устойчивость температурного поля распределенной системы управления // Научное обозрение. 2012. № 2. С. 189-197.
30. **Ильюшин Ю. В., Кравцова А. Л., Мардоян М. М., Санкин А. В.** Исследование устойчивости теплового поля туннельной печи конвейерного типа // Научное обозрение. 2012. № 4. С. 114-120.
31. **Ильюшин Ю. В., Кравцова А. Л., Радионов И. А.** Мелодика синтеза распределенного нелинейного регулятора для теплового процесса управления // Материалы Международной молодежной научной конференции «Математическая физика и ее приложения» (МФП-2012) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» / под ред. А. В. Санкина и В. И. Алтухова. Пятигорск: СКФУ, 2012. Т. 2. С. 117-121.
32. **Ильюшин Ю. В., Чернобай О. С.** Методы анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем // Дни науки. Пятигорск: Технологический университет, 2010. Вып. 33. Ч. 4. С. 21-25.
33. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Анализ устойчивости распределенной системы с релейным принципом управления // Анализ и прогнозирование систем управления: труды XI международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов. СПб.: Издательство СЗТУ, 2010. С. 413-417.
34. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Математическая модель распределенной системы с дискретным управлением // Перспективы развития информационных технологий: сборник материалов II ежегодной всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2010. С. 135-139.
35. **Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б.** Нахождение функции начального нагрева двухмерного объекта управления // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010. № 8 (39). С. 52-56.
36. **Ляшенко А. Л.** Математическое моделирование распределенного объекта управления с подвижным источником воздействия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2011. № 1 (115). С. 113-118.
37. **Ляшенко А. Л.** Определение области устойчивости систем с распределенными параметрами методом расширенных частотных характеристик // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2011. № 3 (126). С. 73-77.
38. **Ляшенко А. Л.** Разработка методики синтеза распределенного П-регулятора по показателю колебательности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2012. № 4 (152). С. 51-55.
39. **Ляшенко А. Л.** Разработка номограмм для расчета настроек распределенного ПИД-регулятора // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2012. № 2 (145). С. 67-71.
40. **Ляшенко А. Л., Золотов О. И.** Анализ систем с распределенными параметрами на запас устойчивости по показателю колебательности // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011. С. 206-213.
41. **Ляшенко А. Л., Морева С. Л.** Разработка математической модели температурных полей активной зоны реактора РБМК-1000 // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2012. № 4 (152). С. 79-84.
42. **Ляшенко А. Л., Новожилов И. М.** Применение метода расширенных частотных характеристик для анализа объектов с распределенными параметрами // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 5. С. 48-53.

УДК 332.01

Экономические науки

В статье представлены подходы к выделению типов проблемных регионов в отечественной экономической литературе; уточнено содержание понятия «проблемный регион»; выявлены предпосылки (историко-географические, бюджетно-налоговые, федеративно-субсидиарные) существования проблемных регионов; предложены пути пересмотра перераспределительной политики бюджетных средств; раскрыто содержание принципа субсидиарности.

Ключевые слова и фразы: регионалистика; проблемный регион; типы проблемных регионов; историко-географические предпосылки; бюджетно-налоговые предпосылки; федеративно-субсидиарные предпосылки; бюджетные средства; принцип субсидиарности; социально-экономическая неоднородность регионов; сбалансированное пространственное развитие регионов.

Сергей Ростиславович Кривко

*Российский государственный университет туризма и сервиса (филиал) в г. Смоленске
krivko.s@mail.ru*

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ РЕГИОНОВ РФ – УГРОЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ[©]

Социально-экономическое развитие регионов современной России неоднородно. Часть регионов, самостоятельно решая социально-экономические проблемы, устойчиво развивается. Другие регионы нуждаются