СКЛАДНІ ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І ПРОЦЕСИ

УДК 681.513.6

ВЫСОКОТОЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННЫМ УПРУГИМ РОБОТОМ

ЧАСТЬ 1. СИНТЕЗ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Потапенко Е.М.*, Казурова А.Е.**
**Запорожский национальный технический университет*
ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, 69063
e-mail: potapen@zntu.edu.ua
***Запорожский национальный технический университет*
ул. Нагнибеды, 11, кв. 115, г. Запорожье, 69118
e-mail: akazurova@gmail.com

Введение

Робот является одной из самых сложных управляемых механических систем. Поэтому методы управления, разработанные для роботов, можно применить для управления многими технологическими процессами. Рассматриваемый робот представляет собой совокупность жестких звеньев, связанных вращательными или поступательными соединениями. Для перемещения звеньев друг относительно друга используются различные движители (чаще всего электродвигатели, которые в дальнейшем и будут рассматриваться). С целью снижения потребляемой двигателями мощности их валы соединяются с перемещаемыми звеньями через редукторы. Из соображения уменьшения массовых и габаритных показателей редукторов в роботах они строятся с использованием волновых передач. К сожалению, волновые передачи обладают пониженной жесткостью, вследствие чего при резких перемещениях робота возникают упругие колебания, которые из-за взаимодействия с управляющей системой могут оказаться неустойчивыми. Это первая проблема.

Второй проблемой систем управления роботов является сложность их кинематики, описываемой существенно нелинейными уравнениями. Это, во-первых, сильно изменяет инерционные характеристики робота, во-вторых, во многих методах управления требует нелинейных алгоритмов управления, что влечет за собой их вычислительную сложность.

Третья проблема – неопределенность массово-инерционных характеристик транспортируемых грузов. Это требует применения робастных алгоритмов управления.

Четвертой проблемой является нежелательность, сложность, а во многих случаях и невозможность размещения датчиков на роботе, вследствие чего алгоритмы управления должны строиться с не полностью известным вектором состояния.

Пятая проблема – неопределенность параметров электродвигателей (в частности, сопротивления статора и ротора могут меняться в 2 раза вверх и вниз от их номинальных значений).

Шестую проблему составляет неизвестность жесткости редукторов.

В связи с важностью и сложностью решения перечисленных проблем вопросам управления роботами посвящено большое количество работ, которые в большинстве случаев решают только часть из этих проблем. Из известных работ в наибольшей степени решают перечисленные проблемы публикации [1; 2]. Среди двух вышеназванных лучшими представляются алгоритмы работы [1] по следующим причинам: 1) алгоритмы [1], в отличие от [2], не требуют измерения скорости $\dot{x}_2$; 2) алгоритмы [2], в отличие от [1], содержат большие коэффициенты усиления, что делает их чувствительными к

высокочастотным помехам. Вследствие отсутствия в регуляторе работы [1] больших коэффициентов усиления она обладает меньшим быстродействием при отработке ступенчатых изменений внешних воздействий и задающих сигналов. Повышения быстродействия без применения больших коэффициентов усиления можно достичь за счет применения в регуляторе ускорения звеньев, которые предлагается получить с помощью асимптотических дифференциаторов позиционных сигналов [3; 4]. В этом случае в динамике системы управления будут присутствовать три быстрых процесса: связанных с упругими колебаниями, работой наблюдателя и наличием управления по ускорению. Работы [1; 2] не учитывают разброс параметров электродвигателей.

Цель статьи – разработка и исследование линейных стационарных алгоритмов управления упругим роботом с измерением только позиционных сигналов звеньев и токов в электродвигателях, обеспечивающих высокую точность отслеживания заданной траектории, робастность и заданные переходные процессы, когда все параметры робота неизвестны.

1. Уравнения движения робота и постановка задачи

Наиболее удачной представляется следующая форма уравнений движения, полученная в работе [5]:

$$M(x_1)\ddot{x}_1 + R(x_1,\dot{x}_1)\dot{x}_1 + K(x_1 - x_2) = g(x_1,t)\,, \tag{1.1}$$

$$M_m\ddot{x}_2 + K(x_2 - x_1) = m\,, \tag{1.2}$$

где $x_1 \in R^n$ – вектор координат взаимного положения соседних звеньев; $x_2 \in R^n$ – вектор углов поворота выходных валов редукторов относительно звеньев, на которых установлены приводы; $M(x_1)$ – неизвестная симметрическая положительно определенная матрица инерции звеньев с учетом масс и расположения приводов; $R(x_1,\dot{x}_1)$ – неизвестная матрица кориолисовых и центробежных сил; $g(x_1,t)$ – неизвестный вектор внешних (в том числе и гравитационных) сил; M_m – известная (для общности будет предполагаться неизвестной) матрица моментов инерции роторов приводов, приведенных к выходным валам редукторов; $0 << K$ – неизвестная диагональная матрица жесткостей приводов,

$$K(x_2 - x_1) = f \tag{1.3}$$

– вектор сил упругости соединения звеньев; m – вектор моментов, развиваемых приводом на выходе редуктора. Известно [6], что матрица $(\dot{M}(x_1) - 2R(x_1,\dot{x}_1))$ является кососимметрической, т. е.

$$x_1^T(\dot{M}(x_1) - 2R(x_1,\dot{x}_1))x_1 \equiv 0\,. \tag{1.4}$$

Работу электродвигателя постоянного тока с управлением по цепи якоря (а также асинхронного двигателя с векторным управлением при постоянстве модуля потокосцепления ротора) можно описать уравнениями:

$$m = K_g C_m i,\;\; L_i\dot{i} + R_r i + K_g C_e \dot{x}_2 = u\,, \tag{1.5}$$

где K_g – диагональная матрица коэффициентов передачи редукторов; R_r – неизвестная диагональная матрица сопротивлений якорных цепей двигателей; C_m, C_e – известные диагональные матрицы коэффициентов электродвигателей; $u \in R^n$ – вектор управляющих напряжений. Слагаемое $C_e \dot{x}_2$ обусловлено противоЭДС двигателя.

С целью улучшения демпфирования переходных процессов в быстрых движениях системы будем полагать

$$u = u_1 - Si, \tag{1.6}$$

где S – постоянная диагональная матрица коэффициентов. Тогда уравнения (1.5) примут вид

$$m = K_g C_m i, \quad L_i \dot{i} + R_{rs} i + K_g C_e \dot{x}_2 = u_1. \tag{1.7}$$

Здесь

$$R_{rs} = R_r + S. \tag{1.8}$$

Принимая во внимание то, что диагональные матрицы коммутируют, с учетом (1.3) уравнения (1.1), (1.2), (1.7) можно переписать в виде

$$M(x)\ddot{x} + R(x, \dot{x})\dot{x} = f + g(x, t), \tag{1.9}$$

$$T^2 \ddot{f} + f = m - M_m \ddot{x}, \tag{1.10}$$

$$T_m \dot{m} + m + T^2 T_{em}^{-1} \dot{f} = N u_1 - T_{em}^{-1} M_m \dot{x}, \tag{1.11}$$

где $T = K^{-0.5} M_m^{-0.5}$, $T_m = R_r^{-1} L_i$ – неизвестные диагональные матрицы постоянных времени упругости и якорных цепей соответственно; $T_{em}^{-1} = M_m^{-1} K_g^2 C_m C_e R_{rs}^{-1}$ – неизвестная диагональная матрица, элементами которой являются величины, обратные электромеханическим постоянным времени электроприводов сочленений; $N = K_g C_m R_{rs}^{-1}$ – неизвестная диагональная матрица. В уравнениях (1.9)-(1.11) без ущерба для ясности вместо x_1 записано x. Следует отметить, что в системе (1.9)-(1.11) все параметры, за исключением M_m, не известны. Будем предполагать, что в системе (1.9)-(1.11) измеряются только x и m (поскольку измеряется i).

При увеличении жесткости передачи T будет стремиться к нулю. При $T = 0$ и суммировании уравнений (1.9), (1.10) получим уравнения движения жесткого робота

$$[M(x) + M_m]\ddot{x} + R(x, \dot{x})\dot{x} = m + g(x, t),$$

$$T_m \dot{m} + m + T^2 T_{em}^{-1} \dot{f} = N u_1 - T_{em}^{-1} M_m \dot{x}. \tag{1.12}$$

В случае пренебрежения постоянной времени якорной цепи вместо уравнений (1.10), (1.11) будет уравнение

$$T^2 \ddot{f} + T^2 T_{em}^{-1} \dot{f} + f = N u_1 - M_m \ddot{x} - T_{em}^{-1} M_m \dot{x}. \tag{1.13}$$

Как видно из (1.13), за счет противоЭДС упругие колебания будут демпфироваться, что очень важно.

Целью статьи являются синтез и анализ для объекта (1.9)-(1.11) с измерениями x, m алгоритма управления u, обеспечивающего высокую точность отслеживания заданной траектории, робастность и заданные переходные процессы.

2. Синтез компенсатора скелетной конфигурации

Под компенсатором понимается совокупность наблюдателя и регулятора.

В связи с наличием упругости и динамики двигателей в движении робота будем выделять динамику скелетной (жесткой) конфигурации и присоединенную динамику. Для выделения скелетной динамики просуммируем уравнения (1.9)-(1.11), что дает уравнение (для краткости написания аргументы опускаются)

$$(M + M_m)\ddot{x} + (R + T_{em}^{-1}M_m)\dot{x} = Nu_1 + g - T^2\ddot{r} - T_m\ddot{m} - T^2T_{em}^{-1}\dot{r}. \qquad (2.1)$$

Будем предполагать, что массово-инерционные характеристики переносимых грузов неизвестны, динамика робота настолько сложна, что не представляется возможным или рациональным использовать в компенсаторе точные уравнения движения. В связи с этим вводится в рассмотрение вектор неопределенности d, куда сведены все нелинейности и неопределенности, входящие в (2.1),

$$d = (M_0 - M)\ddot{x} - (R + T_{em}^{-1}M_m)\dot{x} + g - T^2\ddot{r} - T_m\ddot{m} - T^2T_{em}^{-1}\dot{r} - (N_0 - N)u_1, \qquad (2.2)$$

где M_0, N_0 – известные диагональные определенно положительные матрицы, назначенные, по возможности, из условия минимизации диагональных элементов матриц $(M_0 - M), (N_0 - N)$ для всех возможных конфигураций робота. Анализ уравнений (1.9)-(1.11) показывает, что, если u, g – дифференцируемые вектор-функции, то и вектор d также дифференцируемый. С учетом (2.2) уравнение (2.1) принимает вид:

$$M_{\Sigma 0}\ddot{x} - N_0u_1 = d, \qquad (2.3)$$

где $M_{\Sigma 0} = M_0 + M_m$ – известная определенно положительная диагональная обратимая матрица. Уравнение (2.3) представляет собой уравнение движения декомпозированного робота с известными постоянными параметрами, подверженного неизвестным внешним воздействиям, причем каждый канал соответствует определенной степени свободы робота. В том случае, если в (2.2) положить $T = T_m = 0$, то уравнение (2.3) будет уравнением медленных движений.

Синтезируем наблюдатель, оценивающий вектор неопределенности d. Вследствие дифференцируемости вектора d на коротких интервалах времени по сравнению с постоянными времени желаемых процессов робота будем полагать $d = \text{const}$ или, что то же самое, $\dot{d} = 0$. Для этого уравнения и измерения $y_d = d$ построим наблюдатель в виде [7]

$$\dot{\hat{d}} = L(\hat{d} - y_d) \qquad (2.4)$$

или

$$\dot{\hat{d}} = L(\hat{d} - d), \tag{2.5}$$

где L – постоянная диагональная матрица коэффициентов передачи. Знаком “^” здесь и в дальнейшем будут обозначаться оценки соответствующих переменных и параметров. Пусть $\hat{d} - d = \tilde{d}$ – вектор ошибок наблюдателя. Тогда, вычитая из (2.5) уравнение $\dot{d} = 0$, получим уравнение ошибок наблюдателя $\dot{\tilde{d}} = L\tilde{d}$, откуда по желаемому быстродействию наблюдателя можно определить матрицу L, элементы которой должны быть отрицательными.

Рассматривая (2.3) как измерение d, т.е.

$$y_d = d, \quad d := M_{\Sigma 0}\ddot{x} - N_0 u_1, \tag{2.6}$$

наблюдателю (2.4) с помощью (2.6) можно придать вид:

$$\dot{\hat{d}} = L(\hat{d} - M_{\Sigma 0}\ddot{x} + N_0 u_1). \tag{2.7}$$

С целью компенсации в (2.3) вектора неопределенности d регулятор задается в виде

$$u_1 = u_0 - N_0^{-1}\hat{d}, \tag{2.8}$$

где первое слагаемое – управляющая составляющая, а второе – компенсирующая. В этом случае уравнения (2.3) и (2.7) принимают вид:

$$M_{\Sigma 0}\ddot{x} = N_0 u_0 + d - \hat{d}, \tag{2.9}$$

$$\dot{\hat{d}} = -L(M_{\Sigma 0}\ddot{x} - N_0 u_0). \tag{2.10}$$

Для устранения необходимости измерять или вычислять ускорение $\ddot{x}$ вводится обозначение

$$\hat{d} + LM_{\Sigma 0}\dot{x} := r \Rightarrow \hat{d} = r - LM_{\Sigma 0}\dot{x}, \tag{2.11}$$

с учетом которого уравнение (2.10) принимает вид:

$$\dot{r} = LN_0 u_0 \Rightarrow r = LN_0 \int_0^t u_0 dt. \tag{2.12}$$

Подстановка (2.12) в (2.11) дает оценку вектора неопределенности с помощью наблюдателя

$$\hat{d} = -L(M_{\Sigma 0}\dot{x} - N_0 \int_0^t u_0 dt). \tag{2.13}$$

Подстановка (2.13) в (2.9) дает равенство:

$$M_{\Sigma 0}\ddot{x} - N_0 u_0 - d = L(M_{\Sigma 0}\dot{x} - N_0 \int_0^t u_0 dt)\,. \qquad (2.14)$$

Полагая элементы матрицы L настолько большими, что можно считать $L = \varepsilon^{-1}\bar{L}$, где ε – малый положительный скаляр. Тогда уравнению (2.14) можно придать вид:

$$\varepsilon(M_{\Sigma 0}\ddot{x} - N_0 u_0 - d) = \bar{L}(M_{\Sigma 0}\dot{x} - N_0 \int_0^t u_0 dt)\,. \qquad (2.15)$$

При норме (n) матрицы $L \to \infty$ (при $\varepsilon \to \infty$) уравнение (2.15) стремится к уравнению

$$M_{\Sigma 0}\ddot{x} = N_0 u_0\,, \qquad (2.16)$$

т. е. при $n(L) \to \infty$ влияние вектора неопределенности d уменьшается при условии его ограниченности и при $\varepsilon = 0$ влияние вектора неопределенности будет скомпенсировано.

Таким образом, применение наблюдателя (2.13) при $n(L) \to \infty$ и регулятора (2.8) ведет к компенсации влияния вектора неопределенности в уравнении (2.9). Для этого надо знать $\dot{x}$. Оценку $\dot{x}$ можно получить с помощью асимптотического дифференциатора сигнала x [3; 4].

Закон управления u_0, входящий в (2.16), зададим в виде:

$$u_0 = -N_0^{-1} M_{\Sigma 0}\left[P_0(x - x_p) + P_1(\dot{x} - \dot{x}_p) + P_2\ddot{x} + P_{p2}\ddot{x}_p\right], \qquad (2.17)$$

где $P_i\ (i = 0,\ 1,\ 2,\ p2)$ – постоянные диагональные матрицы коэффициентов передачи, подлежащие определению; x_p – программное значение координаты x. При отсутствии управления по ускорению следует положить $P_2 = 0$. При наличии управления по ускорению будем полагать

$$E + P_2 = \mu E = -P_{p2}\,. \qquad (2.18)$$

Здесь μ – задаваемый из условия быстродействия положительный скаляр, E – единичная матрица. Подстановка (2.17) в (2.16) с учетом обратимости матрицы $M_{\Sigma 0}$ дает уравнение:

$$\mu\ddot{\tilde{x}} + P_1\dot{\tilde{x}} + P_0\tilde{x} = 0\,, \qquad (2.19)$$

где $\tilde{x} = x - x_p$ – вектор ошибок отслеживания программной траектории. Матричное уравнение (2.19) представляет собой n независимых скалярных уравнений второго порядка. Как видно из (2.18), (2.17), при $\mu = 1$ – управление без использования ускорения ($P_2 = 0,\ P_{p2} = -E$), при $0 < \mu < 1$ – с управлением по ускорению. Величина μ характеризует степень компенсации ускорения. Выбор параметров уравнения (2.19) для обеспечения заданного переходного процесса является тривиальной задачей. Как уже говорилось выше, оценку $\dot{x}, \ddot{x}$ можно получить с помощью асимптотического дифференциатора [3; 4]. При малом μ уравнение (2.19) можно рассматривать как

сингулярно возмущенное. Положив $\mu = 0$, получим уравнение медленных движений $P_1\dot{x} + P_0 x = 0$. Рассматривая процесс (2.19) в быстром времени $\tau = \mu^{-1}t$, получим $\dot{x}_\tau + P_1\dot{x}_\tau + \mu P_0 x = 0$, где индекс τ означает, что производные взяты в быстром времени. При $\mu = 0$ получается уравнение быстрых движений $\dot{x}_\tau + P_1\dot{x}_\tau = 0$. Устойчивость медленных и быстрых процессов можно исследовать независимо.

3. Исследование устойчивости присоединенной системы

Полученные в предыдущем разделе результаты справедливы при ограниченности вектора d, которая будет при асимптотической устойчивости присоединенной системы. Для получения уравнений присоединенной системы рассмотрим систему уравнений (1.9)-(1.11). Для этой системы примем

$$L_i = \nu\bar{L}_i \Rightarrow \nu\bar{T}_m,\ K = \nu^{-2}\bar{K} \Rightarrow T = \nu\bar{T},\ T_{em} = \nu\bar{T}_{em}. \tag{3.1}$$

Здесь и далее $\bar{T}$, $\bar{T}_m$ – диагональные матрицы, имеющие порядок постоянных времени процессов (2.18); $\nu << 1$ – безразмерный положительный малый скаляр. Подстановка (3.1) в (1.9)-(1.11) дает

$$M(x)\ddot{x} + R(x,\dot{x})\dot{x} = f + g(x,t), \tag{3.2}$$

$$\nu^2\bar{T}^2\ddot{f} + f = m - M_m\ddot{x}, \tag{3.3}$$

$$\nu\bar{T}_m\dot{m} + m + \nu\bar{T}^2\bar{T}_{em}^{-1}\dot{f} = Nu_1 - T_{em}^{-1}M_m\dot{x}. \tag{3.4}$$

Для получения уравнений присоединенной системы (уравнений быстрых движений) вводится быстрое время $\tau = \nu^{-1}t$. Тогда уравнения (3.2)-(3.4) можно представить в виде:

$$M(x)\ddot{x}_\tau + R(x,\dot{x}_\tau)\dot{x}_\tau = \nu^2(f + g(x,t)), \tag{3.5}$$

$$\bar{T}^2\ddot{f}_\tau + f = m - M_m\ddot{x}, \tag{3.6}$$

$$\bar{T}_m\dot{m}_\tau + m + \bar{T}^2\bar{T}_{em}^{-1}\dot{f}_\tau = Nu_1 - T_{em}^{-1}M_m\dot{x}. \tag{3.7}$$

Индекс τ указывает на то, что производные берутся по быстрому времени τ. При $\nu = 0$ уравнение (3.5) в соответствии с (1.4) имеет первый интеграл:

$$\dot{x}_\tau^T M(x)\dot{x}_\tau = \text{const}. \tag{3.8}$$

В соответствии с теоремой Тихонова [8; 9] и аналогично [1; 10; 11] в уравнениях (3.6), (3.7) переменные $\dot{x}$, $\ddot{x}$, $u_1(x, \dot{x}, \ddot{x})$ должны рассматриваться как параметры, не влияющие на устойчивость движения. С учетом сказанного, характеристическое уравнение системы (3.6), (3.7) имеет вид:

$$\bar{T}^2\bar{T}_m p_\tau^3 + \bar{T}^2 p_\tau^2 + (\bar{T}_m + \bar{T}^2\bar{T}_{em}^{-1})p_\tau + E = 0, \tag{3.9}$$

где индекс τ указывает на то, что оператор дифференцирования p относится к быстрому времени. (Напоминаем, что все матрицы, входящие в (3.9), – диагональные). Критерий Рауса–Гурвица дает следующее необходимое и достаточное условие асимптотической

устойчивости частного решения системы (3.6), (3.7):

$$\bar{T}^2\bar{T}_{em}^{-1} > 0, \tag{3.10}$$

которое всегда выполняется. Поскольку

$$T_{em}^{-1} = M_m^{-1}K_g^2C_mC_eR_{rs}^{-1}, \quad R_{rs} = R_r + S, \tag{3.11}$$

то изменение $\bar{T}_{em}$ можно осуществлять за счет матрицы S в законе управления (1.6). Проведем максимизацию степени устойчивости системы (3.6), (3.7). Пусть Θ_τ – диагональная матрица степеней устойчивости. Зададимся структурой характеристического уравнения

$$(Ep_\tau + \Theta_\tau)(Ep_\tau^2 + 2\Theta_\tau p_\tau + B) = 0$$

или

$$Ep_\tau^3 + 3\Theta_\tau p_\tau^2 + (B + 2\Theta_\tau^2)p_\tau + \Theta_\tau B = 0, \tag{3.12}$$

где p_τ – оператор дифференцирования во времени τ. Приравняем соответствующие коэффициенты в уравнениях (3.9) и (3.12) и найдем неизвестные матрицы коэффициентов $\bar{T}_{em}^{-1}, \Theta_\tau, B$. В результате получим

$$\Theta_\tau = \frac{1}{3}\bar{T}_m^{-1}, \quad B = 3\bar{T}^{-2}, \quad \bar{T}_{em}^{-1} = 2\bar{T}_m\left(\bar{T}^{-2} + \frac{1}{9}\bar{T}_m^{-2}\right). \tag{3.13}$$

Поскольку $\tau = \nu^{-1}t$, то в размерном времени выражения (3.13) будут выглядеть так:

$$\Theta = \frac{1}{3}T_m^{-1}, \quad T_{em}^{-1} = 2T_m\left(T^{-2} + \frac{1}{9}T_m^{-2}\right), \tag{3.14}$$

где T_{em}^{-1} дано выражениями (3.11), а

$$T = K^{-0.5}M_m^{-0.5}, \quad T_m = R_r^{-1}L_i. \tag{3.15}$$

Соотношения (3.11), (3.14), (3.15) позволяют найти оптимальные значения S и Θ, причем степень устойчивости быстрых движений вполне приемлема.

На практике имеют место соотношения $T_m << (T, T_{em})$, вследствие чего постоянной времени T_m можно пренебречь. Тогда характеристическое уравнение (3.9) примет вид

$$Ep_\tau^2 + \bar{T}_{em}^{-1}p_\tau + \bar{T}^{-2} = 0. \tag{3.16}$$

Сопоставим уравнение (3.16) со стандартным уравнением [7]

$$Ep_\tau^2 + q\Omega_\tau p_\tau + \Omega_\tau^2 = 0, \qquad (3.17)$$

где Ω_τ – частота, характеризующая быстродействие; q – известный параметр, характеризующий вид переходного процесса (для биномиального процесса $q = 2$, для процесса Баттерворта $q = 1,4$). Приравнивание уравнений (3.16) и (3.17) позволяет записать $\Omega_\tau = \bar{T}^{-1}$, $\bar{T}_{em}^{-1} = q\bar{T}^{-1}$ или в размерном виде

$$\Omega = T^{-1},\ T_{em}^{-1} = qT^{-1}. \qquad (3.18)$$

В том случае, если в (2.2) положить $T = T_m = 0$, то уравнение (2.3) будет описывать медленные движения системы (1.9)-(1.11), которые при наблюдателе (2.13), регуляторе (1.6), (2.8), (2.17) и $\nu = 0$ будут асимптотически устойчивыми. Уравнения быстрых движений (3.6), (3.7) при выполнении соотношений (3.14) или (3.18) также будут асимптотически устойчивыми. Тогда в соответствии с [8; 9; 12] можно заключить, что существует такое ν_*, что при выполнении условия $\nu < \nu_*$ частное решение системы (1.9)-(1.11) будет асимптотически устойчивым.

Заключение

Для существенно нелинейного неопределенного робота синтезирован декомпозированный по его степеням свободы линейный стационарный компенсатор, состоящий из наблюдателей и регулятора. Компенсатор требует измерения только взаимного расположения звеньев робота и токов электродвигателей. Один наблюдатель оценивает вектор состояния робота, другой (быстродействующий) – вектор неопределенности. Регулятор состоит из двух частей. Одна часть осуществляет компенсацию влияния неопределенности, другая обеспечивает заданные показатели качества переходных процессов. Регулятор может включать в себя вектор ускорений. Наличие быстродействующего наблюдателя, управления по ускорению, упругости соединений звеньев робота и быстрых электромагнитных процессов в электродвигателях обусловливают наличие в динамике робота трех быстрых процессов. Показано, что все три процесса с точки зрения устойчивости движения независимы. Поскольку в компенсатор заложен комбинированный принцип действия и тем самым осуществляется компенсация вектора неопределенности, куда сведены все нежелательные эффекты, то система управления является, во-первых, робастной, во-вторых, высокоточной как при стабилизации положения, так и при отслеживании заданной траектории.

Разработанный метод синтеза компенсатора можно применить не только для роботов, а и для других упругих объектов.

Отличие данной работы от прототипа [1] заключается в следующем:

1) учтена неопределенность сопротивления электродвигателя;
2) улучшены показатели качества за счет управления по ускорению;
3) строго показана независимость с точки зрения устойчивости всех быстрых процессов;
4) более строго обоснован механизм обеспечения робастности за счет увеличения быстродействия наблюдателя, оценивающего вектор неопределенности.

Считаем необходимым в дальнейшем для данного объекта синтезировать и исследовать систему с расширенным наблюдателем векторов состояния и неопределенности.

Литература

1. Потапенко, Е.М. Робастное управление роботом [Текст] / Е.М. Потапенко // Изв. РАН. Техническая кибернетика. – 1993. – № 3. – С. 183-190.

2. Бурдаков, С.Ф. Синтез управления упругим роботом при неопределенности математической модели методом непрямой компенсации [Текст] / С.Ф. Бурдаков // Изв. АН. Теория и системы управления. – 1998. – № 1. – С. 149-155.

3. Дылевский, А.В. Применение метода пространства состояний для синтеза дифференциаторов [Текст] / А.В. Дылевский, Г.И. Лозгачев // Автоматика и телемеханика. –1999. – № 9. – С. 13-20.

4. Потапенко, Е.М. Асимптотическое дифференцирование ступенчатых сигналов в задачах управления скоростью и перемещением [Текст] / Е.М. Потапенко, Е.Е. Потапенко, А.Е. Казурова // Електромашинобудування та електрообладнення. Тематичний випуск: Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. – Вип. 66. – К. : Техніка, 2006. – С. 286-287.

5. Spong, M.W. Modeling and Control of Elastic Joint Robots [Text] / M.W. Spong // Transactions of the ASME: Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. – 1987. – Vol. 109, N 4. – P. 310-319. (Русск. перевод: Спонг, М.В. Моделирование и управление роботами с упругими сочленениями [Текст] / М.В. Спонг // Конструирование и технология машиностроения. – 1988. – № 3. – С. 108-126.)

6. Ortega, R. Adaptive motion control of rigid robots: a tutorial [Text] / R. Ortega, M.W. Spong // Proc. of 27th IEEE Conf. on Decision and Control, Austin, Texas, Dec. 7-9, 1988. – 1988. – Vol. 2. – Pp. 1575-1584.

7. Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства [Текст] / Н.Т. Кузовков. – М. : Машиностроение, 1976. – 184 с.

8. Моисеев, Н.Н. Асимптотические методы нелинейной механики [Текст] / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1981. – 400 с.

9. Kokotovic, P.V. Singular perturbation methods in control: analysis and design [Text] / P.V. Kokotovic, H.K. Khalil, J. O'Reilly; London: Academic Press Inc., 1986. – 390.

10. Ghorbel, F. Adaptive Control of Flexible Joint Manipulators [Text] / F. Ghorbel, J.Y. Hung, M.W. Spong // IEEE Int. Conf. Rob. and Autom., 1989. – 1989. – P. 1188-1193.

11. Hung, J.Y. Control of industrial robots that have transmission elasticity [Text] / J.Y. Hung // IECON'90, 16th Annu. Conf IEEE Ind. Electron. Soc., Pacific Grove, Calif., Nov 27-30, 1990. – 1990. – Vol. 1. – Pp. 198-203.

12. Геращенко, Е.И. Метод разделения движений и оптимизация нелинейных систем [Текст] / Е.И. Геращенко, С.М. Геращенко. – М. : Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1975. – 400 с.

Інформація

Андреев В.К., Гапоненко Ю.А., Гончарова О.Н., Пухначев В.В. Современные математические модели конвекции. – М. : Физматлит, 2008. – 368 с.

Монография посвящена математическим вопросам течений жидких сред в неклассических моделях конвекции. Выведены граничные условия на поверхности раздела и свободной границе. Исследована иерархия моделей конвекции в замкнутых объемах. Рассмотрены возможные постановки начально-краевых задач для модели изотермически несжимаемой жидкости с непостоянными коэффициентами переноса. Изучены групповые свойства уравнений различных моделей конвекции и найдены широкие классы точных решений. Излагаются результаты численных исследований конвективных течений в слабых силовых полях. Определены условия возникновения конвекции и изучена устойчивость стационарных течений.

СКЛАДНІ ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ І ПРОЦЕСИ

УДК 517.95

КРАЕВАЯ ЗАДАЧА НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА В ТРЕХМЕРНОЙ ОБЛАСТИ

(краткое сообщение)

Юлдашев Т.К.
Ошский государственный юридический институт
Салиева-37, Ош, Кыргызстан, 714000
E-mail: tursunbay@rambler.ru

В области $D \equiv E_1 \times E_2 \times E_3$ рассматривается уравнение с отражением аргументов

$$u_{tttt}(-t, x, y) = u_{xxxx}(t, -x, y) + u_{yyyy}(t, x, -y) + \lambda\, u(t, x, y) \tag{1}$$

с условиями

$$u(t, x, y)_{|t=-\alpha} = u(t, x, y)_{|t=\alpha} = u_{tt}(t, x, y)_{|t=-\alpha} = u_{tt}(t, x, y)_{|t=\alpha} = 0, \tag{2}$$

$$u(t, x, y)_{|x=-\beta} = u(t, x, y)_{|x=\beta} = u_{xx}(t, x, y)_{|x=-\beta} = u_{xx}(t, x, y)_{|x=\beta} = 0, \tag{3}$$

$$u(t, x, y)_{|y=-\gamma} = u(t, x, y)_{|y=\gamma} = u_{yy}(t, x, y)_{|y=-\gamma} = u_{yy}(t, x, y)_{|y=\gamma} = 0, \tag{4}$$

где $0 < \lambda = \text{const}$, $E_1 \equiv [-\alpha, \alpha]$, $E_2 \equiv [-\beta, \beta]$, $E_3 \equiv [-\gamma, \gamma]$, $\alpha, \beta, \gamma -$ положительные постоянные.

Отметим, что исследованию дифференциальных уравнений с отражением аргумента посвящено сравнительно мало работ. В работе [1] изучена ограниченность решений линейных дифференциальных уравнений с отражением аргумента. В работе [2] приведены результаты изучения осцилляционных свойств решения однородных дифференциальных уравнений. В работе [3] изучена система нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка. Работа [4] посвящена изучению нелинейных интегральных и интегро-дифференциальных уравнений с отражающим отклонением.

В данной работе впервые изучается спектральная задача для уравнения гиперболического типа четвертого порядка с отражением в аргументах. Для решения задачи (1)-(3) используется метод Фурье разделения переменных [5]. При вычислении собственных значений и соответствующих собственных функций используется методика работы [6].

Решение данной задачи ищем в виде произведения трех функций с разными аргументами:

$$u(t, x) = a(t) \cdot b(x) \cdot c(y). \tag{5}$$

Подставляя (5) в уравнение (1), получаем три уравнения:

1) $a^{(IV)}(-t) - (\lambda - \mu)\, a(t) = 0,\ t \in E_1$, (6)

2) $b^{(IV)}(-x) + \nu b(x) = 0, x \in E_2$, (7)

3) $c^{(IV)}(-y) + \delta c(y) = 0,\ 0 < \mu = \nu + \delta, y \in E_3$. (8)

1. Сначала решаем уравнения (8). При этом граничные условия (4) принимают вид:

$$c(-\gamma)=c(\gamma)=c''(-\gamma)=c''(\gamma)=0\ . \qquad (9)$$

Используем следующий подход решения уравнения (8). Меняя y на $-y$ в уравнении (8), получим:

$$c^{(IV)}(y)+\delta\, c(-y)=0,\ x\in E_3. \qquad (10)$$

Почленно складывая уравнений (8) и (10), получим новое уравнение:

$$\left(c(y)+c(-y)\right)^{(IV)}+\delta\left(c(y)+c(-y)\right)=0,\ y\in E_3\ . \qquad (11)$$

Уравнение (11) имеет следующие фундаментальные решения:

$$\exp\left\{\delta_1(1+i)\,y\right\},\ \exp\left\{-\delta_1(1+i)\,y\right\},\ \exp\left\{\delta_1(1-i)\,y\right\},\ \exp\left\{-\delta_1(1-i)\,y\right\},$$

где $\delta_1=\dfrac{\sqrt{2}}{2}\sqrt[4]{\delta}$.

Используя эти фундаментальные функции, общее решение уравнения (11) запишем в виде:

$$c(y)+c(-y)=\exp\left\{\delta_1 y\right\}\cdot\left[A_1\cos\left\{\delta_1 y\right\}+A_2\sin\left\{\delta_1 y\right\}\right]+$$
$$+\exp\left\{-\delta_1 y\right\}\cdot\left[A_3\cos\left\{\delta_1 y\right\}+A_4\sin\left\{\delta_1 y\right\}\right],\ y\in E_3\ ,$$

где A_i – постоянные, $i=\overline{1,4}$.

Отсюда после несложного преобразования имеем:

$$c(y)+c(-y)=B_1\,\mathrm{ch}\,\delta_1 y\cdot\cos\delta_1 y+B_2\,\mathrm{sh}\,\delta_1 y\cdot\sin\delta_1 y\ ,\ y\in E_3\ . \qquad (12)$$

Теперь уравнения (8) почленно отнимаем от уравнения (10). Тогда получаем уравнение:

$$\left(c(y)-c(-y)\right)^{(IV)}-\delta\left(c(y)-c(-y)\right)=0\ ,\ y\in E_3\ ,$$

общее решение которого имеет вид:

$$c(y)-c(-y)=C_1\cos\delta_2 y+C_2\sin\delta_2 y+C_3\exp\left\{\delta_2 y\right\}+C_4\exp\left\{-\delta_2 y\right\},\ y\in E_3,$$

где $\delta_2=\sqrt[4]{\delta}$, C_i – постоянные числа, $i=\overline{1,4}$.

Отсюда имеем:

$$c(y)-c(-y)=B_3\sin\delta_2 y+B_4\mathrm{sh}\delta_2 y\ ,\ y\in E_3. \qquad (13)$$

Складывая почленно (12) и (13), имеем:

$$c(y) = D_1 \operatorname{ch} \delta_1 y \cdot \cos \delta_1 y + D_2 \operatorname{sh} \delta_1 y \cdot \sin \delta_1 y +$$
$$+ D_3 \sin \delta_2 y + D_4 \operatorname{sh} \delta_2 y \ , \ y \in E_3 \ , \qquad (14)$$

где коэффициенты D_i подлежат определению, $i = \overline{1, 4}$.

Непосредственной подстановкой можно проверить, что функция (14) является решением уравнения (8).

В силу условия (9), из (14) получаем:

$$D_1 \operatorname{ch} \delta_1 \gamma \cdot \cos \delta_1 \gamma + D_2 \operatorname{sh} \delta_1 \gamma \cdot \sin \delta_1 \gamma = 0, \qquad (15)$$
$$D_1 \operatorname{sh} \delta_1 \gamma \cdot \sin \delta_1 \gamma + D_2 \operatorname{ch} \delta_1 \gamma \cdot \cos \delta_1 \gamma = 0, \qquad (16)$$
$$D_3 \sin \delta_2 \gamma + D_4 \operatorname{sh} \delta_2 \gamma = 0, \qquad (17)$$
$$D_3 \sin \delta_2 \gamma - D_4 \operatorname{sh} \delta_2 \gamma = 0. \qquad (18)$$

Принимая во внимание $\operatorname{th} \delta_1 \gamma \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \gamma \neq 1$, из (15) и (16) следует, что $D_1 = D_2 = 0$. Из (17) и (18) получаем, что

$$D_4 \operatorname{sh} \delta_2 \gamma = 0, \qquad (19)$$
$$D_3 \sin \delta_2 \gamma = 0. \qquad (20)$$

Так как $\operatorname{sh} \delta_2 \gamma \neq 0$ при $\delta_2 \gamma > 0$, то из (19) имеем, что $D_4 = 0$. Предположим, что $D_3 \neq 0$ в (20). Тогда $\sin \delta_2 \gamma = 0$, т.е. $\delta_2 = \frac{n\pi}{\gamma}$ или $\delta_n = \frac{n^4 \pi^4}{\gamma^4}$, $n = 1, 2, 3, \ldots$.

Следовательно, собственная функция уравнения (8), соответствующая собственным значениям $\delta_n = \frac{n^4 \pi^4}{\gamma^4}$, имеет вид $c_n(y) = D_{3n} \sin \frac{n\pi}{\gamma} y$, $y \in E_3$. Из условия $\int_{-\gamma}^{\gamma} c_n^2(y)\, dy = 1$ находим, что $D_{3n} = \sqrt{\frac{1}{\gamma}}$, т. е.

$$\tilde{n}_n(y) = \sqrt{\frac{1}{\gamma}} \sin \frac{n\pi}{\gamma} y \ , \ y \in E_3 \ . \qquad (21)$$

2. Решаем уравнения (7). Условия (3) запишем в виде:

$$b(-\beta) = b(\beta) = b''(-\beta) = b''(\beta) = 0. \qquad (22)$$

Решая задачу (7), (22) аналогично задаче (8), (9), получим собственные значения и соответствующие собственные функции данной задачи (7), (22): $\nu_m = \frac{m^4 \pi^4}{\beta^4}$ и

$$b_m(x) = \sqrt{\frac{1}{\beta}} \sin\frac{m\pi}{\beta} x, \quad m = 1, 2, 3, \ldots, \quad x \in E_2. \tag{23}$$

3. Теперь переходим к решению уравнения (6):

$$a^{(IV)}(-t) - (\lambda - \mu_{n,m})\, a(t) = 0, \quad t \in E_1, \tag{24}$$

где $\mu_{n,m} = \delta_n + \nu_m = \left(\frac{n^4}{\gamma^4} + \frac{m^4}{\beta^4}\right)\pi^4$.

В этом случае граничные условия (2) приобретают вид:

$$a(-\alpha) = a(\alpha) = a''(-\alpha) = a''(\alpha) = 0. \tag{25}$$

Меняя *t* на – *t* в уравнении (24), получим:

$$a^{(IV)}(t) - (\lambda - \mu_{n,m})\, a(-t) = 0, \quad t \in E_1. \tag{26}$$

Почленно складывая уравнений (24) и (26), получаем новое уравнение:

$$\left(a(t) + a(-t)\right)^{(IV)} - \left(\lambda - \mu_{n,m}\right) \cdot \left(a(t) + a(-t)\right) = 0, \; t \in E_1,$$

общее решение которого имеет вид:

$$a(t) + a(-t) = A_1 \exp\{\tau t\} + A_2 \exp\{-\tau t\} + \\ + A_3 \cos\tau t + A_4 \sin\tau t, \; t \in E_1, \tag{27}$$

где $\tau = \sqrt[4]{\lambda - \mu_{n,m}}$, A_i – постоянные, $i = \overline{1,4}$.

Функцию (27) запишем в виде:

$$a(t) + a(-t) = B_1 \operatorname{ch}\tau t + B_2 \cos\tau t, \quad t \in E_1. \tag{28}$$

Таким же образом из (24) и (26) получим, что

$$a(t) - a(-t) = B_3 \cos\tau_1 t \operatorname{sh}\tau_1 t + B_4 \sin\tau_1 t \operatorname{ch}\tau_1 t, \quad t \in E_1, \tag{29}$$

где $\tau_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}\tau$.

Складывая почленно (28) и (29), получаем общее решение уравнения (24):

$$a(t) = C_1 \operatorname{ch}\tau t + C_2 \cos\tau t + \\ + C_3 \operatorname{sh}\tau_1 t \cdot \cos\tau_1 t + C_4 \operatorname{ch}\tau_1 t \cdot \sin\tau_1 t, \quad t \in E_1, \tag{30}$$

где коэффициенты C_{in} подлежат определению, $i = \overline{1,4}$.

Непосредственной подстановкой можно убедиться, что функция (30) является решением уравнения (6). Используя условия (25), из (30) получаем:

$$C_1 \mathrm{ch}\,\tau\alpha + C_2 \cos\tau\alpha = 0, \tag{31}$$

$$C_1 \mathrm{ch}\,\tau\alpha - C_2 \cos\tau\alpha = 0, \tag{32}$$

$$C_3 \cos\tau_1\alpha \cdot \mathrm{sh}\,\tau_1\alpha + C_4 \sin\tau_1\alpha \cdot \mathrm{ch}\,\tau_1\alpha = 0, \tag{33}$$

$$-C_3 \mathrm{ch}\,\tau_1\alpha \cdot \sin\tau_1\alpha + C_4 \cos\tau_1\alpha \cdot \mathrm{sh}\,\tau_1\alpha = 0. \tag{34}$$

Складывая (31) и (32), получаем $C_1 \mathrm{ch}\,\tau\alpha = 0$. Поскольку $\mathrm{ch}\,\tau\alpha \neq 0$ при $\tau\alpha > 0$, то $C_1 = 0$. Отнимая (32) от (31), получаем $C_2 \cos\tau\alpha = 0$. Предположим, что $C_2 \neq 0$. Тогда $\cos\tau\alpha = 0$, т. е. $\tau_k = \dfrac{2k+1}{2\alpha}\pi$ или $\lambda_{k,m,n} = \left(\dfrac{(2k+1)^4}{16\alpha^4} + \dfrac{m^4}{\gamma^4} + \dfrac{n^4}{\beta^4}\right)\pi^4$, $k = 0, 1, 2, 3, \ldots$.

Из (33) и (34) получаем, что $C_3 = C_4 = 0$.

Следовательно, собственная функция задачи (6), (25) имеет вид:

$$a_k(t) = \sqrt{\frac{1}{\alpha}} \cos\frac{2k+1}{2\alpha}\pi t, \quad t \in E_1 . \tag{35}$$

С помощью собственных функций (21), (23) и (35) решение задачи (1)-(4) запишем в виде следующего ряда Фурье:

$$u(t,x,y) = \sqrt{\frac{1}{\alpha\beta\gamma}} \sum_{k=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty} a_k(t)\cdot b_m(x)\cdot c_n(y) =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\alpha\beta\gamma}} \sum_{k=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty} \cos\frac{2k+1}{2\alpha}\pi t \cdot \sin\frac{m\pi}{\beta}x \cdot \sin\frac{n\pi}{\gamma}y, \quad (t, x, y) \in D .$$

Литература

1. Aftabizadeh A. R., Huang Y.K., Wiener J. Bounded solutions for differential equations with reflection of the argument // J. of math. anal. and appl. – 1988. – V. 135. – P. 31-37.
2. Шевело В.Н. Осцилляция решений дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. – К. : Наукова думка, 1978. – 150 с.
3. Ведь Ю.А., Матраимов М.Т. Вопросы корректности, ограниченности и стабилизации решений задачи Коши для дифференциальных уравнений с отражением аргумента // Исследов. по интегро-дифференц. уравнениям. – Фрунзе : Илим, 1989. – Вып. 22. – С. 73-86.
4. Юлдашев Т.К. Нелинейные уравнения с отражающими отклонениями. – Ош : ОшГУ, 2005. – 104 с.
5. Несис Е.И. Методы математической физики. – М. : Просвещение, 1977. – 199 с.
6. Джураев Т.Д., Логинов Б.В., Малюгина И.А. Вычисления собственных значений и собственных функций некоторых дифференциальных операторов третьего и четвертого порядков // Дифференц. уравнения мат. физики и их приложения. – Ташкент : Фан, 1989. – С. 24-36.

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИЯМ

1. Для публикации принимаются статьи, подготовленные на украинском, русском или английском языке.
2. Содержание и оформление статей должно соответствовать требованиям ВАК Украины. В частности, необходимо:

   § выделить основные структурные элементы статьи (введение, цель, методика, результаты, выводы и т.п.);

   § обосновать постановку задач работы, четко выделить новые результаты, полученные авторами;

   § привести ссылки на все публикации, результаты которых использованы в статье; ссылки на неопубликованные статьи не допускаются.
3. Для публикации необходимо предоставить редакции:

   § два экземпляра статьи, напечатанных с одной стороны листа плотной белой бумаги формата А4 через 1 интервал; один экземпляр статьи должен быть подписан всеми авторами;

   § дискету формата 3,5" с текстом статьи, подготовленным в формате WinWord (версии не выше 2003) или rtf; файлом аннотаций, файлами рисунков и таблиц (рисунки необходимо представлять в форматах gif, jpg, cdr, pdf, xls); вместо предоставления дискеты можно прислать электронный вариант статьи электронной почтой;

   § сведения об авторах (научная степень, ученое звание, место работы, должность, почтовый адрес, электронная почта, контактный телефон);

   § направление организации, где выполнена работа;

   § к статье может прилагаться рецензия доктора наук, специалиста в соответствующей области, который не является сотрудником организации, где выполнена работа.
4. Объем статьи (с аннотациями, рисунками, таблицами и списком литературы) не должен превышать 12 страниц; для обзорных статей по согласованию с редакцией предельный объем может быть увеличен до 24 страниц.
5. Общие требования к оформлению статьи:

   § все поля – 2 см;

   § остальные параметры страницы: переплет – 0,05 см, колонтитулы – по 1,25 см;

   § шрифт – Times New Roman;

   § индекс УДК печатается в левом верхнем углу страницы, размер символов 12 п.;

   § заголовок статьи выравнивается по центру страницы, печатается заглавными буквами полужирным шрифтом с размером символов 14 п.;

   § фамилии и инициалы авторов печатаются полужирным шрифтом с размером символов 12 п. и выравниваются по центру страницы;

   § место работы, адреса и электронная почта авторов печатаются курсивом с размером символов 12 п. и выравниваются по центру страницы;

   § аннотации статей объемом до 500 знаков представляются на украинском (для авторов из Украины), русском и английском языках; аннотации выравниваются по ширине листа и набираются обычным шрифтом с размером символов 12 п.;

   § текст статьи выравнивается по ширине и набирается размером символов 12 п.;

§ формулы набираются с помощью редактора MS Equation с размером основних символов 12 п.;

§ заголовки подразделов набираются полужирным шрифтом с размером символов 12 п.;

§ заголовки таблиц и рисунков набираются обычным шрифтом с размером символов 12 п.;

§ размер символов на рисунках должен соответствовать размеру символов основного текста статьи;

§ для больших таблиц допускается использование уменьшенного размера символов – 10 или 11 п.;

§ в списке использованной литературы необходимо указать: для статей – фамилии и инициалы авторов, заголовок статьи, название журнала (сборника), год издания, том, номер, страницы; для книг – фамилии и инициалы авторов, заголовок, издательство, место и год издания, полное количество страниц (библиографическое описание необходимо приводить в соответствии с ГОСТ 7.1:2006).

Адрес редакции:
Классический приватный университет
ул. Жуковского, 70-б, Запорожье, Украина, 69002.
Горбань Александр Николаевич: Gorban@education.zp.ua; +38(061)764-42-56
Бахрушин Владимир Евгеньевич: Vladimir.Bakhrushin@zhu.edu.ua; +38(061)220-94-50

Інформація

Булинский А.В., Ширяев А.Н. Предельные теоремы для ассоциированных случайных полей и родственных систем. – М. : Физматлит, 2008. – 480 с.

Монография посвящена исследованию асимптотических свойств широкого класса стохастических моделей, возникающих в математической статистике, теории перколяции, статистической физике и теории надежности. В книге содержится множество разнообразных примеров упомянутых моделей, описываемых с помощью марковских процессов, случайных мер, устойчивых законов, ферромагнетиков Изинга, процессов с локальным взаимодействием, случайных графов. Устанавливаются основные предельные теоремы теории вероятностей, а также даются их различные применения. Монография представляет собой первое замкнутое и детальное изложение материала, накопленного в изучаемой области за весь период развития вплоть до настоящего времени. Важные вспомогательные сведения даны в приложениях. Часть текста основана на лекциях, читавшихся авторами в МГУ им. М.В. Ломоносова.

Петров Ю.П. Обеспечение достоверности и надежности компьютерных расчетов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 160 с.

В книге дан анализ ошибок и неточностей, недавно обнаруженных в традиционных методах расчета и популярных пакетах прикладных программ (MATLAB, Mathcad и др.), и их связь с открытыми в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) новыми свойствами эквивалентных (равносильных) преобразований.

Эти ошибки и неточности расчетов являются причиной многих аварий и катастроф. В книге изложены пути совершенствования методов расчета и вычислительных алгоритмов для обеспечения достоверности результатов расчета, приведены многочисленные примеры. Учебное пособие написано на основе лекций, прочитанных автором в СПбГУ на факультете прикладной математики — процессов управления.

АНОТАЦІЇ

УДК 539.1; 544.227; 544.182.32 Горбенко В.І. Моделювання центрів адсорбції атомів хімічних елементів на поверхні графену // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 3-8.

Метод РМЗ застосовано до квантово-хімічних розрахунків при визначені центрів адсорбції атомів на поверхні графену. Встановлено існування трьох типів центрів, що залежить від розташування атомів адсорбату та гексагональної комірки. Визначено геометричні характеристики центрів адсорбції для атомів 20 хімічних елементів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕЛЬ, ГРАФЕН, КВАНТОВО-ХИМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЦЕНТР АДСОРБЦІЇ.

УДК 621.317.382:539.1 Левінзон Д.І. Експериментально-статистичні моделі оцінювання ступеню неоднорідності напівпровідникових матеріалів // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 9-14.

Показано, що в умовах масових вимірювань напівпровідникових матеріалів критерії оцінки їхнього ступеню неоднорідності слід встановлювати на основі експериментально-статистичного підходу. Запропонована система критеріїв контролю домішкових неоднорідностей у напівпровідниках дозволяє керувати як процесом вирощування монокристалів, так й параметрами відповідних напівпровідникових структур.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАПІВПРОВІДНИКОВІ МАТЕРІАЛИ, СТУПІНЬ НЕОДНОРІДНОСТІ, ЛОКАЛЬНІСТЬ ВИМІРІВАННЯ, ПИТОМИЙ ОПІР, ЗОНДОВІ МЕТОДИ, ЛОКАЛЬНІСТЬ.

УДК 531.992:621.302 Псарьов В.І. Комп'ютерний аналіз перетворень в металах с використанням методу частотних моментів // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 15-22.

Розроблені елементи методики випробування функції, апроксимуючої експериментальні данні по кінетиці перетворень в металах. Вірогідність результатів оцінюється за допомогою співвідношень між моментами розподілу елементів системи по їх суттєвій ознаці. Запропонована методика дозволяє одержувати інформацію о динаміці та кінетиці процесів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АПРОКСИМУЮЧА ФУНКЦІЯ, РЕКРИСТАЛІЗАЦІЯ МЕТАЛІВ, МОМЕНТ РОЗПОДІЛУ, СУТТЄВА ОЗНАКА, ДИНАМКА ТА КІНЕТИКА ПРОЦЕСІВ, РОЗМІРНІСТЬ, ПІДСТАВЛЕННЯ.

УДК 662.04:549.21 Пацков В. П., Крицький А. В., Корнієнко О.В. Математичне моделювання пускових та перехідних режимів процесів термохімічної переробки енергетичного вугілля у циркулюючому киплячому шарі (огляд) // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 23-38.

Розглядається сучасний стан досліджень з математичного моделювання та обчислення процесів термохімічної переробки (піролізу, спалювання та газифікації) високозольного енергетичного вугілля у циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕРМОХІМІЧНА ПЕРЕРОБКА, ПІРОЛІЗ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ВУГІЛЛЯ, ЦИРКУЛЮЮЧИЙ КИПЛЯЧИЙ ШАР, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

УДК 681.513.6 Потапенко Є.М., Казурова А.Є. Високоточне керування невизначеним пружним роботом. Частина 1. Синтез та аналіз алгоритмів керування // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 39-48.

У першій частині роботи розглядається синтез та аналіз алгоритмів керування нелінійним невизначеним пружним роботом. Вимірюються лише позиційні сигнали ланок та струми в електродвигунах. Синтезовано декомпонований за степенями вільності робота лінійний стаціонарний компенсатор, що складається зі спостережників невизначеності та вектора стану робота та регулятора.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕВИЗНАЧЕНИЙ ПРУЖНИЙ РОБОТ, МЕТОД СИНТЕЗУ, КОМПЕНСАТОР, РОЗШИРЕНИЙ СПОСТЕРІГАЧ.

УДК 517.95 Юлдашев Т. К. Крайова задача на власні значення для гіперболічного

рівняння четвертого порядку у тривимірній області // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 49-53.

Досліджено спектральну задачу для рівняння гіперболічного типу четвертого порядку з відбиттям в аргументах. Для розв'язання задачі використано метод Фур'е поділу змінних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КРАЙОВА ЗАДАЧА, СПЕКТРАЛЬНУ ЗАДАЧА, РІВНЯННЯ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ТИПУ, ВІДБИТТЯ В АРГУМЕНТАХ, МЕТОД ФУР'Е

УДК 004.032.26 Бодянський Є.В., Попов С.В., Рибальченко Т.В. Оперативне прогнозування споживання електроенергії на основі нейромережевого аналізу гармонічних компонент // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 54-60.

Розглядається задача оперативного та короткострокового прогнозування процесів споживання електроенергії шляхом виділення й аналізу коливальних компонент з невідомими та некратними частотами в контрольованому стохастичному сигналі. Введено спеціалізовану архітектуру штучної нейронної мережі для розв'язання цієї задачі та швидкодіючий алгоритм навчання, який має фільтруючі властивості та призначений для обробки даних у послідовному режимі в міру їх надходження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИГНАЛ, ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ, СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ АНАЛІЗ.

УДК 004.825 Виклюк Я.І., Артеменко О.І. Метод визначення агрегованого показника туристичної привабливості території на базі нечіткої логіки // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 61-72.

Запропоновано метод розрахунку нечіткого потенціалу туристичної привабливості території. Даний метод аналізує придатність території для різних видів відпочинку та рекреації, а також враховує фактор сезонності. Для десяти основних туристично-рекреаційних систем Чернівецької області обчислено агреговані потенціали привабливості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕЧІТКИЙ АЛГОРИТМ, АГРЕГОВАНИЙ ПОКАЗНИК, ПРИВАБЛИВІСТЬ.

УДК 004.712 Коломоєць Г.П. Дослідження методів фізичного кодування даних у комп'ютерних мережах Ethernet // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 73-80.

Розроблено програмний доданок, що дозволяє за допомогою Фур'є-аналізу моделювати форму та спектр сигналів, що передаються у комп'ютерних мережах Ethernet. Виконано моделювання спектрів дискретних сигналів, отриманих методами фізичного кодування NRZ, NRZI, MLT- 3 з урахуванням попереднього логічного кодування 4B/5B. Виявлено тенденцію до розширення спектра сигналу при передачі симетричних бітових послідовностей для методів NRZ, NRZI та зниження цієї тенденції при переході до багаторівневого кодування MLT- 3.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ, МЕРЕЖІ ETHERNET, ФУР'Е-АНАЛІЗ, МЕТОДИ КОДУВАННЯ NRZ, NRZI, MLT-3, СПЕКТРИ СИГНАЛІВ

УДК 004.853+004.832 Литвин В.В., Гайдін В.А., Пшеничний О.Ю. Метод автоматизованого реферування текстових документів з використанням онтологій логіки // Складні системи і процеси. – 2009. - № 1. - С. 81-87.

У цій статті розглядається проблема автоматизованого реферування текстових документів та її значення для сучасних інформаційних технологій. Описується спроектована система автоматизованого реферування текстової інформації з використанням онтологій для проведення семантичного розбору тексту з метою представлення тексту у вигляді графа зв'язків понять та подальшого реферування з використанням отриманої інформації. Під час виконанні реферування та підготовчих операцій використовуються також методи статистичного аналізу, а також механізм семантичних мереж.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМАТИЗОВАНЕ РЕФЕРУВАННЯ, АНАЛІЗ ТЕКСТУ, ОНТОЛОГІЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА.

УДК 004.93 Субботін С.О. Метод навчання нейро-нечіткої мережі розпізнаванню образів на основі прямокутного розбиття простору ознак // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 88-93.

Вперше запропоновано архітектуру нейро-нечіткої мережі, що забезпечує можливість оцінювання впевненості при розпізнаванні образів. Розроблено новий метод навчання нейро-нечіткої мережі, що дозволяє в неітеративному режимі налагоджувати вагові коефіцієнти нейронів, не потребує обчислення похідних цільової функції за вагами мережі, не потребує вибору початкової точки пошуку в просторі ваг, не схильний до влучення в локальні мінімуми і зациклення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕЙРО-НЕЧІТКА МЕРЕЖА, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ, СИНТЕЗ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, ПРОСТІР ОЗНАК, МЕТОД НАВЧАННЯ.

УДК 621.315.592 Таланін В.І., Таланін І.Є., Максимчук М.Л. Комп'ютерне моделювання первинних ростових мікродефектів в бездислокаційних монокристалах кремню // Складні системи і процеси. – 2009. – № 1. – С. 94-103.

Представлено математичну модель та алгоритм розрахунку для процесу утворення первинних ростових мікродефектів в бездислокаційному монокристалі кремнію на основі дисоціативного процесу дифузії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОСТОВІ МІКРОДЕФЕКТИ, БЕЗДИСЛОКАЦІЙНИЙ МОНОКРИСТАЛ КРЕМНІЮ, ПЕРВИННІ ДЕФЕКТИ, ГЕТЕРОГЕННИЙ МЕХАНІЗМ ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯ.

АННОТАЦИИ

УДК 539.1; 544.227; 544.182.32 Горбенко В.И.Моделирование центров адсорбции атомов химических элементов на поверхности графена // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 3-8.

Метод РМЗ использован в квантово-химических расчетах для определения центров адсорбции атомов на поверхности графена. Установлено три типа центров в зависимости от расположения адсорбата и атомов гексагональной ячейки. Получены геометрические характеристики для центров адсорбции атомов 20 химических элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МОДЕЛЬ, ГРАФЕН, КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЦЕНТР АДСОРБЦИИ.

УДК 621.317.382:539.1 Левинзон Д.И. Экспериментально-статистические модели оценки степени неоднородности полупроводниковых материалов // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 9-14.

Показано, что в условиях массовых измерений полупроводниковых материалов критерии оценки их степени неоднородности следует устанавливать на основе экспериментально-статистического подхода. Предложенная система критериев контроля примесных неоднородностей в полупроводниках позволяет управлять как процессом выращивания монокристаллов, так и параметрами соответствующих полупроводниковых приборов структур.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СТЕПЕНЬ НЕОДНОРОДНОСТИ, ЛОКАЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ЗОНДОВЫЕ МЕТОДЫ, ЛОКАЛЬНОСТЬ.

УДК 531.992: 621.302 Псарев В.И. Компьютерный анализ превращений в металлах с использованием метода частотных моментов // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 15-22.

Разработаны элементы методики испытания функции, аппроксимирующей экспериментальные данные по кинетике превращений в металлах. Достоверность результатов оценивается с помощью соотношений между моментами распределения элементов системы по их существенному признаку. Предлагаемая методика позволяет получать информацию о динамике и кинетике процессов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АППРОКСИМИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ, РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОВ, МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, СУЩЕСТВЕННЫЙ ПРИЗНАК, ДИНАМИКА И КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ, РАЗМЕРНОСТЬ, ПОДСТАНОВКА.

УДК 662.04:549.21 Пацков В.П., Крицкий А.В., Корниенко А.В. Математическое моделирование пусковіх и переходных режимов процессов термохимической переработки энергетического угля в циркулирующем кипящем слое (обзор) // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 23-38.

Рассматривается современное состояние исследований по математическому моделированию и расчету процессов термохимической переработки (пиролиза, сжигания и газификации) высокозольных энергетических углей в циркулирующем кипящем слое (ЦКС).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА, ПИРОЛИЗ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УГОЛЬ, ЦИРКУЛИРУЮЩИЙ КИПЯЩИЙ СЛОЙ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

УДК 681.513.6 Потапенко Е.М., Казурова А.Е. Высокоточное управление неопределенным упругим роботом. Часть 1. Синтез и анализ алгоритмов управления // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 39-48.

В первой части работы рассматривается синтез и анализ алгоритмов управления нелинейным неопределенным упругим роботом. Измеряются только позиционные сигналы звеньев и токи в электродвигателях. Синтезирован декомпозированный по степеням свободы робота линейный стационарный компенсатор, состоящий из наблюдателей неопределенности и вектора состояния робота и регулятора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕОПРЕДЕЛЕННЫЙ УПРУГИЙ РОБОТ, МЕТОД СИНТЕЗА, КОМПЕНСАТОР, РАСШИРЕННЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ.

УДК 517.95 Юлдашев Т. К. Краевая задача на собственные значения для гиперболического уравнения четвертого порядку в трехмерной области // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 49-53.

Исследована спектральная задача для уравнения гиперболического типа четвертого порядка с отражением в аргументах. Для решения задачи использован метод Фурье разделения переменных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КРАЕВАЯ ЗАДАЧА, СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАДАЧА, УРАВНЕНИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА, ОТРАЖЕНИЕ В АРГУМЕНТАХ, МЕТОД ФУРЬЕ

УДК 004.032.26 Бодянский Е.В., Попов С.В., Рыбальченко Т.В. Оперативное прогнозирование потребления электроэнергии на основе нейросетевого анализа гармонических компонент // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 54-60.

Рассматривается задача оперативного и краткосрочного прогнозирования процессов потребления электроэнергии путем выделения и анализа колебательных компонент с неизвестными и некратными частотами в контролируемом стохастическом сигнале. Введена специализированная архитектура искусственной нейронной сети для решения этой задачи и быстродействующий алгоритм обучения, обладающий фильтрующими свойствами и предназначенный для обработки данных в последовательном режиме по мере их поступления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СИГНАЛ, ОПЕРАТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ.

УДК 004.825 Виклюк Я.И., Артеменко А.И. Метод определения агрегированного показателя туристической привлекательности территории на основе нечеткой логики // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 61-72.

Предложен метод расчета нечеткого потенциала туристической привлекательности территории. Данный метод анализирует пригодность территории для различных видов отдыха и рекреации, а также учитывает фактор сезонности. Для десяти основных туристическо-рекреационных систем Черновицкой области вычислено агрегированные потенциалы привлекательности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕЧЕТКИЙ АЛГОРИТМ, АГРЕГИРОВАННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ, ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ.

УДК 004.712 Коломоец Г.П. Исследование методов физического кодирования данных в компьютерных сетях Ethernet // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 73-80.

Разработано программное приложение, позволяющее с помощью Фурье-анализа моделировать форму и спектр сигналов, передаваемых в компьютерных сетях Ethernet. Выполнено моделирование спектров дискретных сигналов, полученных методами физического кодирования NRZ, NRZI, MLT-3 с учетом предварительного логического кодирования 4B/5B. Обнаружена тенденция к расширению спектра сигнала при передаче симметричных битовых последовательностей для методов NRZ, NRZI и снижение этой тенденции при переходе к многоуровневому кодированию MLT-3.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ, СЕТИ ETHERNET, ФУРЬЕ-АНАЛИЗ, МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ NRZ, NRZI, MLT-3, СПЕКТРЫ СИГНАЛОВ.

УДК 004.853+004.832 Литвин В.В., Гайдин В.А., Пшеничный А.Ю. Метод автоматизированного реферирования текстовых документов с использованием онтологий логики // Сложные системы и процессы – 2009. – № 1. – С. 81-87.

В этой статье рассматривается проблема автоматизированного реферирования текстовых документов и ее значение для современных информационных технологий. Описывается спроектированная система автоматизированного реферирования текстовой информации с использованием онтологий для проведения семантического разбора текста с целью представления текста в виде графа связей понятий и дальнейшего реферирования с использованием полученной информации. Во время выполнения реферирования и подготовительных операций используются также методы статистического анализа, а также механизм семантических сетей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РЕФЕРИРОВАНИЕ, АНАЛИЗ ТЕКСТА, ОНТОЛОГИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА.

УДК 004.93 Субботин С.А. Метод обучения нейро-нечеткой сети распознаванию образов на основе прямоугольного разбиения пространства признаков // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 88-93.

Впервые предложена архитектура нейро-нечеткой сети, обеспечивающая возможность оценки уверенности при распознавании образов. Разработан новый метод обучения нейро-нечеткой сети, позволяющий в неитеративном режиме настраивать весовые коэффициенты нейронов, не требующий вычисления производных целевой функции по весам сети, не требующий выбора начальной точки поиска в пространстве весов, не склонный к попаданию в локальные минимумы и зацикливанию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ СЕТЬ, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, СИНТЕЗ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ПРОСТРАНСТВО ПРИЗНАКОВ, МЕТОД ОБУЧЕНИЯ.

УДК 621.315.592 Таланин В.И., Таланин И.Е., Максимчук М.Л. Компьютерное моделирование первичных ростовых микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния // Сложные системы и процессы. – 2009. – № 1. – С. 94-103.

Представлена математическая модель и алгоритм расчета для процесса образования первичных ростовых микродефектов в бездислокационном монокристалле кремния на основе диссоциативного процесса диффузии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: РОСТОВЫЕ МИКРОДЕФЕКТЫ, БЕЗДИСЛОКАЦИОННЫЙ МОНОКРИСТАЛЛ КРЕМНИЯ, ПЕРВИЧНЫЕ РОСТОВЫЕ ДЕФЕКТЫ, ГЕТЕРОГЕННЫЙ МЕХАНИЗМ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ.

ABSTRACTS

UDC 539.1; 544.227; 544.182.32 Gorbenko V.I. Simulation of adsorption centers of chemical elements atoms on graphene surface // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 3-8.

The atomic adsorption centers on graphene surface have been determined by quantum-chemical simulation technique. Three sorts of the adsorption centers with difference in the location of adsorbate and atoms of hexagonal cell arrangement were found. The geometric characteristics of adsorption centers have been obtained for the atoms of twenty chemical elements.

KEY WORDS: MODEL, GRAPHEME, QUANTUM-CHEMICAL SIMULATION, ADSORPTION

CENTER.

UDC 621.317.382:539.1 Levinson D.I. Experimental-statistical models of semiconductor materials heterogeneity estimation // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 9-14.

It is shown that in the conditions of mass measurements of semi-conductor materials the estimation criteria of their degree of heterogeneity should be established on the basis of the experimentally-statistical approach. The proposed system of criteria of impurity heterogeneity in semiconductors control allows operating by single crystals growing process and by the parameters of corresponding semiconductor structures.

KEY WORDS: SEMICONDUCTOR MATERIALS, HETEROGENEITY DEGREE, LOCALITY OF MEASUREMENTS, SPECIFIC RESISTANCE, PROBE METHODS, LOCALITY.

UDC 531.992: 621.302 Psarjov V.I. Computer analysis of a transformations in metals using the frequency moments technique // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 15-22.

There is developed the technique for testing function that approximate experimental data on the kinetics of transformation in metals. Reliability of the results is estimated using the relations between moments of distribution by their essential feature. Proposed technique allows obtaining information on dynamics and kinetics of processes.

KEY WORDS: APPROXIMATING FUNCTION, RECRYSTALLIZATION OF METALS, DISTRIBUTION MOMENT, ESSENTIAL FEATURE, DYNAMICS AND KINETICS OF PROCESSES, DIMENSION, SUBSTITUTION.

UDC 662.04:549.21 Patskov V.P., Rritski A.V., Kornienko O.V. Mathematical modeling of starting and transition regimes of the thermochemical processing of power station coal at circulating boiling bed (review) // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 23-38.

Modern state of the problem of mathematical modeling and calculation of thermochemical conversion (pyrolysis, combustion and gasification) processes of high-ash power station coal at circulating boiling bed is considered.

KEY WORDS: POWER STATION COAL, CIRCULATING BOILING BED, STARTING REGIME, TRANSITION REGIME, MATHEMATICAL MODELING.

UDC 681.513.6 Potapenko E.M., Kazurova A.Ye. High-precision control of uncertain flexible robot. Part 1. Control algorithm synthesis and analysis // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 39-48.

The synthesis and analysis of the nonlinear uncertain flexible robot control algorithms are considered. The link position signals and motor currents are only measured. Decomposed by the robot degrees of freedom linear stationary compensator consisting of the uncertainty observers and robot state vector observer and regulator are synthesized.

KEY WORDS: UNCERTAIN FLEXIBLE ROBOT, HIGH-PRECISION CONTROL, ALGORITHM.

UDC 517.95 Yuldashev T. K. Boundary problem on eigenvalues for hyperbolic equation of forth order at three-dimension area // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 49-53.

Spectral problem for hyperbolic equation of forth order with reflection at arguments is studied. The problem was solves with the Fourier method.

KEY WORDS: BOUNDARY PROBLEM, SPECTRAL PROBLEM, HYPERBOLIC EQUATION, REFLECTION AT ARGUMENTS, FOURIER METHOD.

UDC 004.032.26 Bodyanskiy Ye.V., Popov S.V., Rybalchenko T.V. On-line forecasting of electric power consumption by neural network analysis of harmonic components // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 54-60.

The problem of short-term electric load forecasting by means of extraction and analysis of oscillatory components with unknown aliquant frequencies is considered. To solve this problem, specialized artificial neural network architecture and fast learning algorithm are introduced. The algorithm has filtering properties and is aimed at on-line data processing.

KEY WORDS: ELECTRIC POWER CONSUMPTION, ON-LINE FORECASTING, NEURAL

NETWORK ANALYSIS, FAST LEARNING ALGORITHM.

UDC 004.825 Viklyk Ya.I., Artemenko O.I. The aggregated factor of tourist attractiveness potential calculation technique, based on fuzzy logic // Complex systems and processes. – 2009. – № 1. – P. 61-72.

In this paper the fuzzy territory tourist attractiveness potential calculation method is offered. This method analyses the fitness of territory for the different rest and recreation types, and also takes into account the factor of seasonality. The aggregated potentials of attractiveness are calculated for ten basic tourist recreation systems of the Chernivtsi area.

KEY WORDS: TOURIST ATTRACTIVENESS POTENTIAL, AGGREGATED FACTOR, FUZZY LOGIC, CALCULATION TECHNIQUE.

UDC 004.712 Kolomoets G.P. The studying of the techniques of Data physical encoding technique at Ethernet networks // Complex systems and processes. - 2009. - № 0. - P. 73-80.

The program application allowing by means of the Fourier-analysis to model the form and spectrum of transmitted in Ethernet network signals is developed. Modeling of spectra of the discrete signals gained by physical encoding methods NRZ, NRZI, MLT-3 taking into account preliminary logical encoding 4B/5B is fulfilled. The trend to the signal spectrum extension is detected by transfer of symmetrical bit sequences for methods NRZ, NRZI and lowering of this trend for multilevel encoding MLT-3.

KEY WORDS: SIGNAL CODING, ETHERNET NETWORK, FOURIER-ANALYSIS, CODING METHODS NRZ, NRZI, MLT-3, SIGNAL SPECTRAS.

UDC 004.853+004.832 Litvin V.V., Gaidin V.A., Pshenitchny O.Yu. Automated abstracting of text documents using logic ontologies technique // Complex systems and processes. - 2009. – № 1. – P. 81-87.

In this article the problem of the automatic abstracting of text documents and its importance is considering for modern information technologies. The designed system of the automated abstracting of text information is described with the use of ontologies for the semantic analysis of text with the purpose of its presentation as a graph of connections of concepts and abstracting text with the use of received information. At text-abstracting and preparatory operations the methods of statistical analysis and also mechanism of semantic networks are used.

KEY WORDS: TEXT DOCUMENTS, AUTOMATED ABSTRACTING, ONTOLOGY, SEMANTIC ANALYSIS, STATISTICAL ANALYSIS, SEMANTIC NETWORK.

UDC 004.93 Subbotin S.A. A method of neuro-fuzzy network training for a pattern recognition based on rectangular partition of a feature space // Complex systems and processes. - 2009. – № 1. - P. 88-93.

The neuro-fuzzy network architecture allowing to evaluate a reliance of a pattern recognition is offered for the first time. The new method of a neuro-fuzzy network training is developed. It allows to set up neuron weights in a non-iterated mode, does not requiring evaluation of derivatives of the goal function on network weights, does not requiring a choice of search starting point in a weight space, and not inclined to hit in local minimum and to cycling.

KEY WORDS: PATTERN RECOGNITION, NEURO-FUZZY NETWORK, ARCHITECTURE, TRAINING, FEATURE SPACE.

UDC 621.315.592 Talanin V.I., Talanin I.E., Maximchuk M.L. Computer simulation primary grown-in microdefects in dislocation free silicon single crystals // Complex systems and processes. - 2009. - № 1. – P. 94-103.

Mathematical model and calculation algorithm for grown-in microdefects in dislocation free silicon single crystals forming, based on dissociative diffusion mechanism is presented.

KEY WORDS: GROWN-IN MICRODEFECT, DISLOCATION FREE SILICON SINGLE CRYSTAL, PRIMARY DEFECT, HETEROGENEOUS MECHANISM, DEFECT FORMATION.