

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В. К. БРУТЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ
 МАРКОВСКИХ СИСТЕМ

1. *Постановка задачи.* Пусть рассматривается линейная конечно-мерная система, описываемая векторным каноническим уравнением

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{p}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}(t) & A_{12}(t) \\ A_{21}(t) & A_{22}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ p(t) \end{bmatrix}. \quad (1.1)$$

Предполагается, что начальное состояние системы в момент $t = t_0$ определяется вектором $[x(t_0), p(t_0)]'$, а $x(t)$ и $p(t)$ — n - и m -мерные векторы, $A_{11}(t)$, $A_{12}(t)$, $A_{21}(t)$ и $A_{22}(t)$ — $n \times n$, $n \times m$, $m \times n$ и $m \times m$ матрицы, соответственно, и что компоненты всех векторов и элементы матриц являются непрерывными функциями для любых $t \in [t_0, T] \stackrel{\Delta}{=} I_t$.

Из теории линейной алгебры [1] известно: если $z(t, t_0)$ переходная матрица системы (1.1) и z_{ij} , $i, j = 1, 2$ — блоки этой матрицы, то решение уравнения (1.1) имеет вид

$$\begin{bmatrix} x(t) \\ p(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11}(t, t_0) & z_{12}(t, t_0) \\ z_{21}(t, t_0) & z_{22}(t, t_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t_0) \\ p(t_0) \end{bmatrix}. \quad (1.2)$$

Равенство (1.2) не применимо непосредственно к решению двухточечных краевых задач, поэтому введем неизвестные пока матрицы v_{ij} , $i, j = 1, 2$ и запишем уравнение

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{p}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11}(t, t_0) & v_{12}(t, t_0) \\ v_{21}(t, t_0) & v_{22}(t, t_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t_0) \\ p(t_0) \end{bmatrix}$$

с начальными условиями

$$v_{ij}(t_0, t_0) = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j, \\ 0 & \text{при } i \neq j. \end{cases} \quad (1.3)$$

Требуется разработать общий метод, с помощью которого с каждым дифференциальным каноническим уравнением формы (1.1) связывается единственное матричное дифференциальное уравнение Риккати со своими вспомогательными уравнениями. В настоящей статье разра-

бывается такой метод и предлагается система дифференциальных уравнений для неизвестных v_{ij} , $i, j = 1, 2$, которая сохраняет симметрию, допускает интегрирование при наличии сингулярности и является численно устойчивой.

2. *Сущность метода.* Можно установить, что матрицы $v_{ij}(t, t_0)$ и $z_{ij}(t, t_0)$, $i, j = 1, 2$ связаны соотношениями:

$$\begin{aligned} v_{11}(t, t_0) &= z_{11}(t, t_0) - z_{12}(t, t_0) z_{22}^{-1}(t, t_0) z_{21}(t, t_0); \\ v_{12}(t, t_0) &= z_{12}(t, t_0) z_{22}^{-1}(t, t_0); \\ v_{21}(t, t_0) &= -z_{22}^{-1}(t, t_0) z_{21}(t, t_0); \\ v_{22}(t, t_0) &= z_{22}^{-1}(t, t_0). \end{aligned} \quad (2.1)$$

Так как переходная матрица $z(t, t_0)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$\dot{z}(t, t_0) = \begin{bmatrix} A_{11}(t) & A_{12}(t) \\ A_{21}(t) & A_{22}(t) \end{bmatrix} z(t, t_0),$$

то имеет место полугрупповое свойство

$$z(t, t_0) = z(t, \tau) z(\tau, t_0), \quad \tau \in [t_0, t],$$

из которого следуют рекуррентные уравнения:

$$\begin{aligned} v_{11}(t, t_0) &= v_{11}(t, \tau) [I - v_{12}(\tau, t_0) v_{21}(t, \tau)]^{-1} v_{11}(\tau, t); \\ v_{12}(t, t_0) &= v_{12}(t, \tau) + v_{11}(t, \tau) [I - v_{12}(\tau, t_0) v_{21}(t, \tau)]^{-1} v_{12}(t, \tau_0) v_{22}(t, \tau); \\ v_{21}(t, t_0) &= v_{21}(\tau, t_0) + v_{22}(\tau, t_0) [I - v_{21}(t, \tau) v_{12}(\tau, t_0)]^{-1} v_{21}(\tau, t) v_{11}(\tau, t_0); \\ v_{22}(t, t_0) &= v_{22}(\tau, t_0) [I - v_{21}(t, \tau) v_{12}(\tau, t_0)]^{-1} v_{22}(t, \tau). \end{aligned} \quad (2.2)$$

Дифференцируя систему (2.2) и упрощая результаты, получим следующие дифференциальные уравнения:

$$\begin{aligned} \dot{v}_{11}(t, t_0) &= [A_{11}(t) - v_{12}(t, t_0) A_{21}(t)] v_{11}(t, t_0); \\ \dot{v}_{12}(t, t_0) &= A_{12}(t) + A_{11}(t) v_{12}(t, t_0) - v_{12}(t, t_0) A_{22}(t) - \\ &\quad - v_{12}(t, t_0) A_{21}(t) v_{12}(t, t_0); \\ \dot{v}_{21}(t, t_0) &= -v_{22}(t, t_0) A_{21}(t) v_{11}(t, t_0); \\ \dot{v}_{22}(t, t_0) &= -v_{22}(t, t_0) [A_{22}(t) + A_{21}(t) v_{12}(t, t_0)], \end{aligned} \quad (2.3)$$

с начальными условиями (1.3).

Ниже система уравнений (2.3), полученная разработанным методом, применяется для исследования задач синтеза линейного закона управления (СЛЗУ) и построения оценки вектора состояния (ПОВС)

непрерывных марковских систем (МС) при неполных и искаженных шумом наблюдениях.

3. *Задача синтеза линейного закона управления непрерывных марковских систем.* Пусть дана линейная МС

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + D(t)u(t) + G(t)\xi(t), \quad x(t_0) = x_0, \quad (3.1)$$

где $x(t)$ — n -мерный вектор состояния; $u(t)$ — r -мерный вектор управления; $\xi(t)$ — l -мерный вектор нормального белого шума с нулевым математическим ожиданием и корреляционной матрицей $M\{\xi(t)\xi'(\tau)\} = S_{\xi\xi}(t)\delta(t-\tau)$; $S_{\xi\xi}(t)$ — положительно полуопределенная и непрерывная для любых $t \in I$, матрица интенсивности нормального белого шума; $\delta(\cdot)$ — дельта-функция; $A(t)$, $D(t)$ и $G(t)$ — ограниченные и непрерывные для всех $t \in I$, матрицы соответствующих размеров.

Пусть наблюдаемый процесс описывается линейным уравнением

$$y(t) = H(t)x(t) + \eta(t), \quad (3.2)$$

где $y(t)$ — m -мерный вектор результатов наблюдений; $H(t)$ — заданная ограниченная $m \times n$ непрерывная матрица; $\eta(t)$ — m -мерный случайный процесс типа нормального белого шума с характеристиками $M\{\eta(t)\} = 0$; $M\{\eta(t)\eta'(\tau)\} = S_{\eta\eta}(t)\delta(t-\tau)$; $S_{\eta\eta}(t)$ — положительно определенная и непрерывная для любых $t \in I$, матрица интенсивности нормального белого шума.

Требуется выбрать закон управления $u(t) \stackrel{\Delta}{=} u(x, t)$, минимизирующий функционал качества

$$J = \frac{1}{2} M \left\{ x'_{\tau} \Gamma_{\tau} x_{\tau} + \int_{\tau}^T [x'(t)B(t)x(t) + u'(t)E(t)u(t)] dt / y(\tau), \tau \leq t \right\}.$$

где Γ_{τ} , $B(t)$ и $E(t)$ — симметричные матрицы соответствующих размеров, $\Gamma_{\tau} \geq 0$, $B(t) \geq 0$, $E(t) > 0$.

Из теории линейного синтеза [2—5] известно: оптимальное стохастическое управление с неполной обратной связью, минимизирующее квадратичный функционал, имеет линейный вид

$$u^*(\hat{x}, t) = -C(t)\hat{x}(t), \quad C(t) \stackrel{\Delta}{=} E^{-1}(t)D'(t)\Gamma(t),$$

где условное математическое ожидание векторов состояния $\hat{x}(t) = M\{x(t)/y(\tau), \tau \leq t\}$ определяется решением уравнения оценивающего фильтра

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}}(t) &= A(t)\hat{x}(t) + D(t)u(t) + K(t)[y(t) - H(t)\hat{x}(t)], \\ \hat{x}(t_0) &= \hat{x}_0, \quad K(t) \stackrel{\Delta}{=} R(t)H'(t)S_{\eta\eta}^{-1}(t). \end{aligned} \quad (3.3)$$

Матрица усиления $\Gamma(t)$ есть единственное решение невырожденного матричного уравнения Риккати

$$-\dot{\Gamma}(t) = A'(t)\Gamma(t) + \Gamma(t)A(t) - \Gamma(t)D(t)E^{-1}(t)D'(t)\Gamma(t) + B(t), \quad (3.4)$$

$$\Gamma(T) = \Gamma_T,$$

а матрица $R(t) = M\{[x(t) - \hat{x}(t)][x(t) - \hat{x}(t)]'\}$, является решением уравнения

$$\dot{R}(t) = A(t)R(t) + R(t)A'(t) + G'(t)S_{\xi\xi}(t)G(t) - \\ - R(t)H'(t)S_{\eta\eta}^{-1}(t)H(t)R(t), \quad R(t_0) = R_0. \quad (3.5)$$

Необходимые условия оптимальности для задачи СЛЗУ получаются на основании принципа максимума [4—6]. Гамильтониан $\tilde{H} \stackrel{\Delta}{=} \tilde{H}(\hat{x}, u, p, t)$ в этой задаче имеет вид:

$$\tilde{H} = \frac{1}{2} [\hat{x}'(t)B(t)\hat{x}(t) + u'(t)E(t)u(t)] + p'[A(t)\hat{x}(t) + D(t)u(t)],$$

где $p \stackrel{\Delta}{=} p(t)$ — сопряженный вектор, являющийся решением сопряженного уравнения

$$\dot{p}(t) = -B(t)\hat{x}(t) - A'(t)p(t), \quad p(T) = p_T.$$

Необходимое условие существования экстремума $\tilde{H}$ по u имеет вид:

$$E(t)u(t) + D'(t)p(t) = 0,$$

откуда оптимальный закон управления дается выражением

$$u^*(p, t) = -E^{-1}(t)D'(t)p(t). \quad (3.6)$$

Оценка $\hat{x}(t)$ определяется решением основного уравнения

$$\dot{\hat{x}}(t) = \partial \tilde{H} / \partial p = A(t)\hat{x}(t) + D(t)u(t), \quad \hat{x}(t_0) = \hat{x}_0, \quad (3.7)$$

Постановка выражения (3.6) в основное уравнение (3.7) и его объединение с сопряженным уравнением дает $2n$ -мерное векторно-матричное уравнение СЛЗУ.

$$\begin{bmatrix} \dot{p}(t) \\ -\dot{\hat{x}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A'(t) & -B(t) \\ D(t)E^{-1}(t)D'(t) & -A(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p(t) \\ \hat{x}(t) \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

условиями $\hat{x}(t_0) = \hat{x}_0, \quad p(T) = p_T$.

Используя систему уравнений (2.3), запишем матричные уравнения, соответствующие каноническому уравнению (3.8):

$$\dot{\Gamma}_{11}(t, t_0) = [A'(t) - \Gamma_{12}(t, t_0) D(t) E^{-1}(t) D'(t)] \Gamma_{11}(t, t_0); \quad (3.9)$$

$$-\dot{\Gamma}_{12}(t, t_0) = A'(t) \Gamma_{12}(t, t_0) + \Gamma_{12}(t, t_0) A(t) - \\ - \Gamma_{12}(t, t_0) D(t) E^{-1}(t) D'(t) \Gamma_{12}(t, t_0) + B(t); \quad (3.10)$$

$$\dot{\Gamma}_{21}(t, t_0) = \Gamma_{22}(t, t_0) D(t) E^{-1}(t) D'(t) \Gamma_{11}(t, t_0); \quad (3.11)$$

$$\dot{\Gamma}_{22}(t, t_0) = -\Gamma_{22}(t, t_0) [A(t) - D(t) E^{-1}(t) \Gamma_{12}(t, t_0)]. \quad (3.12)$$

Отметим, что уравнение (3.10) совпадает с матричным уравнением Риккати (3.4) для задачи СЛЗУ. Когда задано конечное значение $\Gamma_{12}(T, t_0)$, можно установить существование корректного начального условия $\Gamma_{12}(t_0, t_0)$ для матричного уравнения Риккати (3.10) и, следовательно, могут быть предсказаны его сингулярные или сопряженные точки. Можно показать, что решение уравнения Риккати с ненулевыми начальными условиями записывается в форме второго уравнения системы (2.2):

$$\bar{\Gamma}_{12}(t, t_0) = \Gamma_{12}(t, t_0) + \Gamma_{11}(t, t_0) [I - \Gamma_0 \Gamma_{21}(t, t_0)]^{-1} \Gamma_0 \Gamma_{11}(t, t_0),$$

$$\bar{\Gamma}_{12}(t, t_0) = \Gamma_0,$$

где $\Gamma_{11}(t, t_0)$, $\Gamma_{12}(t, t_0)$ и $\Gamma_{21}(t, t_0)$ — решения уравнений (3.10)–(3.12) с начальными условиями 1, 0 и 0 соответственно. Однако, если произвольное начальное условие $\Gamma_{12}(t, t_0) = \Gamma_0$ не лежит внутри конуса начальных значений, то решение $\Gamma_{12}(t, t_0)$ может и не существовать.

Решения системы уравнений (3.9)–(3.12) допускают представление

$$\begin{bmatrix} p(t) \\ \hat{x}(t_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_{11}(t, t_0) & \Gamma_{12}(t, t_0) \\ \Gamma_{21}(t, t_0) & \Gamma_{22}(t, t_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p(t_0) \\ \hat{x}(t) \end{bmatrix}. \quad (3.13)$$

Подставляя $p(t)$ из этого уравнения (3.13) в каноническое уравнение (3.8), получим:

$$\hat{x}(t) = z^c(t, t_0) \hat{x}_0 - \int_{t_0}^t z^c(t, \tau) D(\tau) E^{-1}(\tau) D'(\tau) [z^c(\tau, \tau)]' p_0 d\tau,$$

где $z^c(t, t_0)$ — переходная матрица задачи СЛЗУ, соответствующая $A(t) - D(t) E^{-1}(t) D'(t) \Gamma_{12}(t, t_0)$.

Можно показать, что имеет место равенство

$$\Gamma_{11}(t, t_0) = [z^c(t, t_0)]', \quad (3.14)$$

а из сравнения уравнений (3.9) и (3.12) следует, что в задаче СЛЗУ матрицы Γ_{11} и Γ_{22} являются транспонированными относительно друг друга, т. е.

$$\Gamma_{11}(t, t_0) = \Gamma_{22}'(t, t_0). \quad (3.15)$$

Это равенство позволяет в разработанном методе находить решение одной из матриц Γ_{11} или Γ_{22} , что уменьшает вычислительные трудности. Из уравнения (3.11) можно записать решение для $\Gamma_{21}(t, t_0)$ в виде

$$\Gamma_{21}(t, t_0) = \int_{t_0}^t \Gamma'_{11}(\tau, t_0) D(\tau) E^{-1}(\tau) D'(\tau) \Gamma_{11}(\tau, t_0) d\tau,$$

которое с учетом соотношений (3.14) и (3.15) можно переписать следующим образом

$$\Gamma_{21}(t_0, t) = \int_{t_0}^t z^c(t_0, \tau) D(\tau) E^{-1}(\tau) [z^c(t_0, \tau)]' d\tau. \quad (3.16)$$

Из этого равенства следует, что если матрица $\Gamma_{21}(t, t_0)$ является положительно определенной, то МС (3.1) при (3.2) управляема. Таким образом, матрица управляемости в задаче СЛЗУ совпадает с $\Gamma_{21}(t, t_0)$.

4. *Задача построения вектора состояния марковской системы.* Аналогично (3.8) объединенное уравнение может быть найдено в задаче ПОВС. Действительно, используя Гамильтониан

$$\begin{aligned} \bar{H} = & -\frac{1}{2} [\hat{x}'(t) G(t) S_{\xi\xi}(t) G'(t) \hat{x}(t) + \\ & + p'(t) H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t) p(t)] - p'(t) A_1'(t) \hat{x}(t), \end{aligned}$$

можно получить каноническое уравнение

$$\begin{bmatrix} \dot{p}(t) \\ -\dot{\hat{x}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1(t) & G(t) S_{\xi\xi}(t) G'(t) \\ -H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t) & A_1(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p(t) \\ \hat{x}(t) \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

с условиями $\hat{x}(t_0) = \hat{x}_0$, $p(t_0) = p_0$. Используя систему уравнений (2.3), запишем матричные уравнения, соответствующие каноническому уравнению (4.1)

$$\dot{R}_{11}(t, t_0) = [A_1(t) - R_{12}(t, t_0) H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t)] R_{11}(t, t_0); \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \dot{R}_{12}(t, t_0) = & A_1(t) R_{12}(t, t_0) + R_{12}(t, t_0) A_1'(t) - \\ & - R_{12}(t, t_0) H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t) R_{12}(t, t_0) + G(t) S_{\xi\xi}(t) G'(t); \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\dot{R}_{21}(t, t_0) = -R_{22}(t, t_0) H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t) R_{11}(t, t_0); \quad (4.4)$$

$$\dot{R}_{22}(t, t_0) = R_{22}(t, t_0) [A_1(t) - H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t) R_{12}(t, t_0)]. \quad (4.5)$$

Поскольку $GS_{\xi\xi}G'$ и $H'S_{\eta\eta}^{-1}H$ — симметричные матрицы, то матрица $R_{12}(t, t_0)$ также будет симметричной. Можно показать, что имеет место равенство

$$R_{22}(t, t_0) = R'_{11}(t, t_0). \quad (4.6)$$

Из уравнения (4.3) можно записать решение

$$R_{11}(t, \tau) = z^n(t, \tau) R_{11}(\tau, \tau), \quad (4.7)$$

где $z^n(t, t_0)$ — переходная матрица, соответствующая

$$A_1(t) - R_{12}(t, t_0) H'(t) S_{\eta\eta}^{-1}(t) H(t).$$

Согласно (1.3) имеем

$$R_{11}(\tau, \tau) = 1 \quad \text{для любых } \tau \in [t_0, t]. \quad (4.8)$$

Подставляя равенства (4.6) и (4.7) в уравнение (4.4), получим

$$R_{21}(t, t_0) = - \int_{t_0}^t z^n(\tau, t) H'(\tau) S_{\eta\eta}^{-1}(\tau) H(\tau) z^n(\tau, t_0) d\tau. \quad (4.9)$$

Из этого равенства следует, что, если матрица $R_{21}(t, t_0)$ является положительно определенной, то МС (3.1) при (3.2) наблюдаема. Таким образом, матрица наблюдаемости в задаче ПОВС совпадает с $R_{21}(t, t_0)$.

Отметим, что решение уравнения (3.3)

$$\dot{\hat{x}}(t) = [A_1(t) - K(t) H(t)] \hat{x}(t) + K(t) y(t), \quad A_1(t) = A(t) - C(t) D(t)$$

можно записать в виде $\dot{\hat{x}}(t) = \int \Phi(t, \tau) y(\tau) d\tau$ для любых $\tau \in [t_0, t]$,

$$\text{где} \quad \Phi(t, \tau) = z^n(t, \tau) K(\tau).$$

Комбинируя равенства (4.7) и (4.8), получим

$$\Phi(t, \tau) = R_{11}(t, \tau) R_{12}(t, \tau) H'(\tau) S_{\eta\eta}^{-1}(\tau).$$

Оценка вектора состояния МС представляется формулой

$$\hat{x}(t) = \int_{t_0}^t R_{11}(t, \tau) R_{12}(t, \tau) H'(\tau) S_{\eta\eta}^{-1}(\tau) y(\tau) d\tau.$$

Таким образом, матрица $R_{11}(t, \tau)$ дает импульсную матричную переходную функцию оптимального оценивающего фильтра.

5. *Специфика разработанного метода.* Полученные дифференциальные уравнения для матриц управляемости и наблюдаемости позволяют установить специфику разработанного метода. Пусть выполняются условия

$$\begin{aligned} t = -t_1, \quad A(t) &= A'(t_1), \quad D(t) = H'(t_1), \\ B(t) &= G(t_1) S_{\eta\eta}(t_1) G'(t_1), \quad E(t) = S_{\eta\eta}(t_1), \end{aligned} \quad (5.1)$$

тогда уравнения (3.9) — (3.12) для задачи ПОВС принимают вид

$$\dot{R}_{11}(t_1, t_{10}) = [A_1(t_1) - R_{12}(t_1, t_{10}) H'(t_1) S_{11}^{-1}(t_1) H(t_1)] R_{11}(t_1, t_{10}); \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} \dot{R}_{12}(t_1, t_{10}) = & A_1(t_1) R_{12}(t_1, t_{10}) + R_{12}(t_1, t_{10}) A_1'(t_1) - \\ & - R_{12}(t_1, t_{10}) H'(t_1) S_{11}^{-1}(t_1) H(t_1) R_{12}(t_1, t_{10}) + G(t_1) S_{11}^{-1}(t_1) G'(t_1); \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\dot{R}_{21}(t_1, t_{10}) = -R_{22}(t_1, t_{10}) H'(t_1) S_{11}^{-1}(t_1) H(t_1) R_{11}(t_1, t_{10}); \quad (5.4)$$

$$\dot{R}_{22}(t_1, t_{10}) = R_{22}(t_1, t_{10}) [A_1(t_1) - H'(t_1) S_{11}^{-1}(t_1) H(t_1) R_{12}(t_1, t_{10})]. \quad (5.5)$$

Эти уравнения позволяют записать систему (4.1) задачи ПОВС.

Непосредственной проверкой можно установить идентичность уравнений (4.2) — (4.5) и (5.2) — (5.5). Однако матричный оператор $\Gamma_{21}(t, t_0)$, определяемый равенством (3.16) и удовлетворяющий критерию управляемости в задаче СЛЗУ, равен $R_{21}(t, t_0)$, определяемый равенством (5.4) и удовлетворяющий критерию наблюдаемости только тогда, когда выполняются условия (5.1). Таким образом, условия (5.1) точно формулируют двойственность задач СЛЗУ и ПОВС непрерывных МС при неполных и искаженных шумом наблюдениях. Условия двойственности рассматриваемых задач свидетельствуют о том, что решение задачи ПОВС дополняет решение задачи СЛЗУ и уравнение (4.1) представляет сопряженную форму уравнения (3.8).

В заключение следует отметить, что: а) уравнения (3.9) — (3.12) и (5.2) — (5.5) позволяют получить такую информацию относительно конечномерной МС, как ее управляемость, наблюдаемость и импульсная переходная функция; б) полученные матричные уравнения Риккати (3.10) и (5.3) полностью совпадают с уравнениями (3.4) и (3.5), полученными в теории линейного синтеза [2—5]; в) разработанный метод позволяет решить актуальные практические задачи линейного синтеза МС, содержащих граничные управления, возмущения, а также точечные датчики неполных и искаженных шумом наблюдений и описываемых с частными производными.

ЕРИНХ

5. II. 1984

Վ. Կ. ԲՐՈՒՏՅԱՆ

ԱՆՔՆԵՀԱՏ ՄԱՐԿՈՎՅԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԻ ՄԵԹՈԴԻ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

Անընդհատ մարկովյան համակարգերի դեկավարման դժային օրինքի սինթեզման և դրույան վեկտորի գնահատականի կառուցման խնդիրների լուծման համար մշակվում է մի ընդհանուր մեթոդ, որը իրենից ներկայացնում է անհրաժեշտ մատրիցների կիսախմբային հատկությունից ստացվող դիֆերենցիալ հավասարումների թվային ինտեգրման սխեմա: Դեկավարման և դիտման մատ-

ըիցները տրվում են ղեկավարման գծային օրենքի սինթեզման և դրուժյան լիկ-
տորի գնահատականի կառուցման խնդիրների կանոնական հավասարումներից
ստացվող դիֆերենցիալ հավասարումների օգնությամբ: Հիմնավորվում է նշված
խնդիրների երկակի բնույթը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мальцев А. И. Основы линейной алгебры.— М.: Наука, 1970.— 400 с.
2. Брутян В. К. Основные аспекты теории непрерывных марковских управляемых си-
стем и ее приложение.— Ереван, Айастан, 1984.— 296 с.
3. Брутян В. К. Об одной задаче управления с неполной обратной связью линейными
марковскими системами со случайными параметрами.— Изв. вузов. Авиацион-
ная техника, 1984, № 2, с. 21—26.
4. Казаков И. Е., Мальчиков Г. В. Анализ стохастических систем в пространстве со-
стояний.— М.: Наука, 1983.— 384 с.
5. Чаки Ф. Современная теория управления.— М.: Мир, 1975.— 424 с.
6. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления.— М.: Наука,
1969.— 386 с.