УДК 621.52+511.52

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

DOI: 10.53297/0002306X-2022.v75.1-138

С.О. СИМОНЯН

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ ПАЛИНДРОМНЫХ ЗАДАЧ ТИПА $\boldsymbol{A(t)\cdot X(t)+X^T(t)\cdot A(t)=0}$

Предложены аналитические декомпозиционные методы решения однопараметрических матричных палиндромных задач отмеченного класса с комплексными матрицами. Используя разложения этих матриц, представлены три разновидности эквивалентных гиперматричных однородных систем. В соответствии с этими разновидностями предложены аналитические вычислительные схемы с точными и наилучшими приближенными решениями при каждой гиперматричной однородной системе.

Рассмотрен модельный пример, который решен всеми тремя предложенными аналитическими декомпозиционными методами с использованием математического аппарата соответствующих кронекеровских матриц. Показано, что задача обладает бесчисленным множеством решений. Получены необходимые и достаточные условия существования ненулевых решений рассматриваемых однопараметрических матричных палиндромных задач.

Ключевые слова: однопараметрические матричные палиндромные задачи, аналитические декомпозиционные методы решения, аналитические декомпозиционные вычислительные схемы, модельный пример.

Введение. В работе [1] предложены методы решения однопараметрических матричных палиндромных задач типа

$$A(t)_{mxm}\cdot X(t)_{mxm}+X(t)_{mxm}\cdot A(t)_{mxm}=0_{mxm}, \tag{1}$$

а в [2] - некоторые дополнения к этим методам.

В работе [3] предложены декомпозиционные методы решения однопараметрических матричных палиндромных задач типа (1), а в [4] - методы решения однопараметрических транспонированных аналогов матричных палиндромных задач типа

$$A(t)\cdot X^T(t)+X(t)\cdot A(t)=0\ , \tag{2}$$

основанных на дифференциальных преобразованиях [5].

В настоящей работе рассматриваются аналитические декомпозиционные методы решения задач типа

$$A(t) \cdot X(t) + X^T(t) \cdot A(t) = 0, \quad (3)$$

предполагая, что имеют место разложения

$$A(t) = A_1(t) + j \cdot A_2(t), \quad (4)$$

$$X(t) = X_1(t) + j \cdot X_2(t). \quad (5)$$

Математический аппарат

I. Редукция задачи

Предполагая, что $\exists A^{-1}(t)$, из (3) получим

$$X(t) = -A^{-1}(t) \cdot X^T(t) \cdot A(t),$$

откуда

$$X^T(t) = -A^T(t) \cdot X(t) \cdot A^{-T}(t). \quad (6)$$

С другой стороны, из уравнения (3) следует, что

$$X^T(t) = -A(t) \cdot X(t) \cdot A^{-1}(t). \quad (7)$$

Сопоставление соотношений (6) и (7), очевидно, приводит к следующему выражению:

$$-A(t) \cdot X(t) \cdot A^{-1}(t) = -A^T(t) \cdot X(t) \cdot A^{-T}(t), \quad (8)$$

содержащему лишь только неизвестную матрицу $X(t)$. Теперь, умножив (8) слева на матрицу $A^{-T}(t)$ и справа на матрицу $A(t)$, получим

$$A^{-T}(t) \cdot A(t) \cdot X(t) \cdot \underbrace{A^{-1}(t) \cdot A(t)}_{E} = \underbrace{A^{-T}(t) \cdot A^T(t)}_{E} \cdot X(t) \cdot A^{-T}(t) \cdot A(t),$$

где E – единичная матрица.

Теперь, обозначив

$$A^{-T}(t) \cdot A(t) = B(t) \quad (9)$$

или

$$A(t) = A^T(t) \cdot B(t), \quad (10)$$

будем иметь эквивалентное (3) редуцированное матричное уравнение

$$B(t)_{mxm} \cdot X(t)_{mxm} - X(t)_{mxm} \cdot B(t)_{mxm} = 0_{mxm} . \quad (11)$$

II. Декомпозиционные методы решения уравнения (11)

1. В соответствии с (11) и с учетом (5) имеем

$$B(t)\cdot[X_1(t)+j\cdot X_2(t)]-[X_1(t)+j\cdot X_2(t)]\cdot B(t)=0, \qquad (12)$$

откуда получим матричную систему

$$\begin{cases} B(t)\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot B(t)=0, & (13а) \\ B(t)\cdot X_2(t)-X_2(t)\cdot B(t)=0 & (13б) \end{cases}$$

или однородное гиперматричное уравнение

$$\begin{bmatrix} B(t) & 0 \\ 0 & B(t) \end{bmatrix}_{2mx2m}\cdot\begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{2mxm}-\begin{bmatrix} X_1(t) & 0 \\ 0 & X_2(t) \end{bmatrix}_{2mx2m}\cdot\begin{bmatrix} B(t) \\ B(t) \end{bmatrix}_{2mxm}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{2mxm}. \qquad (14)$$

2. Далее, в соответствии с (11) и с учетом разложения

$$B(t)=B_1(t)+j\cdot B_2(t) \qquad (15)$$

имеем

$$[B_1(t)+j\cdot B_2(t)]\cdot[X_1(t)+j\cdot X_2(t)]-[X_1(t)+j\cdot X_2(t)]\cdot[B_1(t)+j\cdot B_2(t)]=0, \qquad (16)$$

откуда получим матричную систему

$$\begin{cases} B_1(t)\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot B_1(t)-B_2(t)\cdot X_2(t)+X_2(t)\cdot B_2(t)=0, & (17a) \\ B_2(t)\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot B_2(t)+B_1(t)\cdot X_2(t)-X_2(t)\cdot B_1(t)=0 & (17б) \end{cases}$$

или однородное гиперматричное уравнение

$$\begin{bmatrix} B_1(t) & -B_2(t) \\ B_2(t) & B_1(t) \end{bmatrix}_{2mx2m}\cdot\begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{2mxm}-\begin{bmatrix} X_1(t) & -X_2(t) \\ X_2(t) & X_1(t) \end{bmatrix}_{2mx2m}\cdot\begin{bmatrix} B_1(t) \\ B_2(t) \end{bmatrix}_{2mxm}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{2mxm}. \qquad (18)$$

3. Аналогично, в соответствии с (13а), (13б) и с учетом (15) имеем матричную систему

$$\begin{cases} [B_1(t)+j\cdot B_2(t)]\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot[B_1(t)+j\cdot B_2(t)]=0, \\ [B_1(t)+j\cdot B_2(t)]\cdot X_2(t)-X_2(t)\cdot[B_1(t)+j\cdot B_2(t)]=0 \end{cases} \qquad (19)$$

или полностью расщепленную эквивалентную систему

$$\begin{cases} B_1(t)\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot B_1(t)=0, & (20а) \\ B_2(t)\cdot X_1(t)-X_1(t)\cdot B_2(t)=0, & (20б) \\ B_1(t)\cdot X_2(t)-X_2(t)\cdot B_1(t)=0, & (20в) \\ B_2(t)\cdot X_2(t)-X_2(t)\cdot B_2(t)=0. & (20г) \end{cases}$$

Последнюю можно представить также в виде следующего однородного гиперматричного уравнения:

$$\left[\begin{array}{cc:cc} B_1(t) & 0 & \multicolumn{2}{c}{O} \\ 0 & B_2(t) & & \\ \hdashline \multicolumn{2}{c:}{O} & B_1(t) & 0 \\ & & 0 & B_2(t) \end{array}\right]_{4mx4m}\cdot\left[\begin{array}{c} X_1(t) \\ X_1(t) \\ \hdashline X_2(t) \\ X_2(t) \end{array}\right]_{4mxm}-\left[\begin{array}{cc:cc} X_1(t) & 0 & \multicolumn{2}{c}{O} \\ 0 & X_1(t) & & \\ \hdashline \multicolumn{2}{c:}{O} & X_2(t) & 0 \\ & & 0 & X_2(t) \end{array}\right]_{4mx4m}\cdot\left[\begin{array}{c} B_1(t) \\ B_2(t) \\ \hdashline B_1(t) \\ B_2(t) \end{array}\right]_{4mxm}=\left[\begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ \hdashline 0 \\ 0 \end{array}\right]_{4mxm}. \qquad (21)$$

III. Аналитические вычислительные схемы

1. В. соответствии с (14) можно организовать следующие вычислительные схемы:

$$\begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = \begin{bmatrix} B(t) & 0 \\ 0 & B(t) \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_1(t) & 0 \\ 0 & X_2(t) \end{bmatrix}_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} B(t) \\ B(t) \end{bmatrix} \qquad (22)$$

или

$$\begin{bmatrix} X_1(t) & 0 \\ 0 & X_2(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = \begin{bmatrix} B(t) & 0 \\ 0 & B(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} B(t) \\ B(t) \end{bmatrix}^{+}, \qquad (23)$$

где “+” - знак псевдообратной матрицы, а q – номер итерации.

2. В соответствии с (18) можно организовать следующие вычислительные схемы:

$$\begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = \begin{bmatrix} B_1(t) & -B_2(t) \\ B_2(t) & B_1(t) \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_1(t) & -X_2(t) \\ X_2(t) & X_1(t) \end{bmatrix}_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} B_1(t) \\ B_2(t) \end{bmatrix} \qquad (24)$$

или

$$\begin{bmatrix} X_1(t) & -X_2(t) \\ X_2(t) & X_1(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = \begin{bmatrix} B_1(t) & -B_2(t) \\ B_2(t) & B_1(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} B_1(t) \\ B_2(t) \end{bmatrix}^{+}. \qquad (25)$$

3. В соответствии с (21) можно организовать следующие вычислительные схемы:

$$\left[\begin{array}{c} X_1(t) \\ X_1(t) \\ \hline X_2(t) \\ X_2(t) \end{array}\right]_{(q+1)} = \left[\begin{array}{cc|cc} B_1(t) & 0 & & \\ 0 & B_2(t) & \multicolumn{2}{c}{O} \\ \hline & & B_1(t) & 0 \\ \multicolumn{2}{c|}{O} & 0 & B_2(t) \end{array}\right]^{-1} \cdot \left[\begin{array}{cc|cc} X_1(t) & 0 & & \\ 0 & X_1(t) & \multicolumn{2}{c}{O} \\ \hline & & X_2(t) & 0 \\ \multicolumn{2}{c|}{O} & 0 & X_2(t) \end{array}\right]_{q} \cdot \left[\begin{array}{c} B_1(t) \\ B_2(t) \\ \hline B_1(t) \\ B_2(t) \end{array}\right] \qquad (26)$$

или

$$\left[\begin{array}{cc|cc} X_1(t) & 0 & & \\ 0 & X_1(t) & \multicolumn{2}{c}{O} \\ \hline & & X_2(t) & 0 \\ \multicolumn{2}{c|}{O} & 0 & X_2(t) \end{array}\right]_{(q+1)} = \left[\begin{array}{cc|cc} B_1(t) & 0 & & \\ 0 & B_2(t) & \multicolumn{2}{c}{O} \\ \hline & & B_1(t) & 0 \\ \multicolumn{2}{c|}{O} & 0 & B_2(t) \end{array}\right] \cdot \left[\begin{array}{c} X_1(t) \\ X_1(t) \\ \hline X_2(t) \\ X_2(t) \end{array}\right]_{(q)} \cdot \left[\begin{array}{c} B_1(t) \\ B_2(t) \\ \hline B_1(t) \\ B_2(t) \end{array}\right]^{+} \qquad (27)$$

Замечание 1. Для вычисления однопараметрических обратных и обобщенных обратных матриц в вычислительных схемах (22) – (27) можно использовать методы, предложенные в монографии [6].

Замечание 2. При реализации предложенных вычислительных схем можно использовать известный метод замороженных коэффициентов [5] или модели быстрого непрерывного градиентного дифференциального спуска [7].

Модельный пример. Пусть задано матричное уравнение

$$\begin{bmatrix} t & (1+jt) \\ (1-jt) & t \end{bmatrix} \cdot X(t) + X^T(t) \cdot \begin{bmatrix} t & (1+jt) \\ (1-jt) & t \end{bmatrix} = [0].$$

Тогда очевидно, что

$$A^{-1}(t) = \begin{bmatrix} -t & (1+jt) \\ (1-jt) & -t \end{bmatrix},$$

и, следовательно, в соответствии с (9) имеем

$$B(t) = \begin{bmatrix} (1-2t^2-2jt) & -2jt^2 \\ 2jt^2 & (1-2t^2+2jt) \end{bmatrix}.$$

Продолжим вычисления. В соответствии с результатами работ [1-4] и с учетом редуцирующей матрицы $B(t)$ получим следующую кронекеровскую матрицу:

$$G(t) = B(t) \otimes E^T - E \otimes B^T(t) = \cdots = \left[\begin{array}{cc:cc} 0 & -2jt^2 & -2jt^2 & 0 \\ 2jt^2 & 0 & 0 & -2jt^2 \\ \hdashline 2jt^2 & 0 & 0 & -2jt^2 \\ 0 & 2jt^2 & 2jt^2 & 0 \end{array}\right],$$

для которой, очевидно, $rangG(t) = 2$. Далее, если обозначим

$$X(t) = \begin{bmatrix} X_{11}(t) & X_{12}(t) \\ X_{21}(t) & X_{22}(t) \end{bmatrix}, X^{\wedge}(t) = (X_{11}(t)X_{12}(t)\, X_{21}(t)X_{22}(t))^T,$$

то для ненулевых решений однородного гиперматричного уравнения

$$G(t) \cdot X^{\wedge}(t) = \hat{0}$$

необходимо, чтобы

$$detG(t) = 0,$$

что имеет место и, в частности, при маклореновском центре аппроксимации $t_\gamma = 0$. Следовательно, при выборе двух компонентов вектора $X^{\wedge}(t)$ остальные два компонента можно определить с точностью до выбранных компонентов. Таким образом, с учетом гиперматрицы $G(t)$ имеем недоопределенную систему

$$\begin{cases} -2jt^2 \cdot X_{12}(t) - 2jt^2 \cdot X_{21}(t) = 0, \\ 2jt^2 \cdot X_{11}(t) - 2jt^2 \cdot X_{22}(t) = 0. \end{cases}$$

1. Отсюда, при выборе $X_{12}(t) = 1$ получим $X_{21}(t) = -1$, а при выборе $X_{11}(t) = 1$ - $X_{22}(t) = 1$. Следовательно, будем иметь следующее стационарное решение задачи:

$$X(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = X_1(t), X_2(t) = [0],$$

при котором редуцированное матричное уравнение (11) или уравнение (13а) приобретает вид

$$B(t) \cdot X(t) - X(t) \cdot B(t) = B(t) \cdot X_1(t) - X_1(t) \cdot B(t) = \begin{bmatrix} 0 & -4jt \\ -4jt & 0 \end{bmatrix} = 4jt \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}_{/t_\gamma=0} = [0].$$

Следовательно, матрицы $X(t) \equiv X_1(t)$, действительно, являются решением задачи. Что касается матрицы $X_2(t)$, то при ней, очевидно, выполняется и матричное уравнение (13б).

Далее, с учетом того, что

$$B_1(t) = \begin{bmatrix} (1-2t^2) & 0 \\ 0 & (1-2t^2) \end{bmatrix}, B_2(t) = \begin{bmatrix} -2jt & -2jt^2 \\ 2jt^2 & 2jt \end{bmatrix},$$

в соответствии с (20а) и (20б) имеем

$$B_1(t) \cdot X_1(t) - X_1(t) \cdot B_1(t) = \cdots = (1-2t^2) \cdot [0]_{/t_\gamma=0} = [0],$$

$$B_2(t) \cdot X_1(t) - X_1(t) \cdot B_2(t) = \cdots = 4jt \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}_{/t_\gamma=0} = [0].$$

Кроме того, очевидно, что условия (20в) и (20г) при $X_2(t)$ также имеют место.

2. Теперь рассмотрим вариант выбираемых нестационарных компонентов решения $X(t)$. Допустим, что $X_{12}(t) = 1 + jt$, а $X_{11}(t) = 1 - jt$. Тогда из вышеприведенной недоопределенной системы получим $X_{21}(t) = -(1 + jt)$, а $X_{22}(t) = 1 - jt$, иными словами - нестационарное решение

$$X(t) = \begin{bmatrix} (1-jt) & (1+jt) \\ -(1+jt) & (1-jt) \end{bmatrix},$$

откуда очевидно, что

$$X_1(t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, X_2(t) = \begin{bmatrix} -jt & jt \\ -jt & -jt \end{bmatrix}.$$

При этом редуцированное матричное уравнение (11) будет

$$B(t) \cdot X(t) - X(t) \cdot B(t) = \cdots = 4t \cdot (t-j) \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = 4t \cdot (t-j) \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}_{\substack{/a) t_\gamma=0 \\ b)\, t_\gamma=j}} = [0],$$

а матричные уравнения (13а), (13б) и (20а) – (20г) – примут следующий вид:

а) <u>при $t_\gamma = 0$:</u>

$$B(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B(t) = B(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B(t) = B_1(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B_1(t) =$$
$$= B_2(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B_2(t) = B_1(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B_1(t) =$$
$$= B_2(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B_2(t) = [0];$$

б) <u>при $t_\gamma = j$:</u>

$$B(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B(t) = \cdots = 4\cdot\begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix} \neq [0],$$

$$B(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B(t) = \cdots = 4\cdot\begin{bmatrix}0 & -1\\ -1 & 0\end{bmatrix} \neq [0],$$

$$B_1(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B_1(t) = \cdots = [0],$$

$$B_2(t)\cdot X_1(t) - X_1(t)\cdot B_2(t) = \cdots = 4\cdot\begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix} \neq [0],$$

$$B_1(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B_1(t) = \cdots = [0],$$

$$B_2(t)\cdot X_2(t) - X_2(t)\cdot B_2(t) = \cdots = 4\cdot\begin{bmatrix}0 & -1\\ -1 & 0\end{bmatrix} \neq [0].$$

Очевидно, при $t_\gamma = 0$ имеем истинное решение задачи, а при $t_\gamma = j$ – ложное “решение”. Такая картина может иметь место и при других центрах аппроксимации t_γ в соответствии с вырожденностью кронекеровской матрицы $G(t)$. Поэтому для выделения истинных ненулевых решений задач необходимо проверить выполнение всех условий (13а), (13б) и (20а) – (20г). Лишь только при одновременном выполнении этих условий будут найдены ненулевые решения задачи среди бесконечного множества претендентов-решений.

Итак:

<u>**Утверждение 1.**</u> Вырожденность кронекеровской матрицы $G(t)$ является лишь только необходимым условием для существования ненулевых решений задачи (3).

<u>**Утверждение 2.**</u> Одновременное выполнение условий (13а), (13б), (20а) – (20г) в одном и том же центре аппроксимации t_γ является достаточным условием для существования ненулевых решений задачи (3).

Заключение. Таким образом, для решения однопараметрической матричной палиндромной задачи (3) предложены три разновидности аналитических декомпозиционных методов, вычислительная эффективность которых проиллюстрирована решением и всесторонним исследованием одного модельного примера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Симонян С.О.** К решению однопараметрических матричных палиндромных задач типа $A(t) \cdot X(t) + X(t) \cdot A(t) = 0$ // Известия НАН РА и НПУА. Сер. ТН.- 2019. – Т. LXXII, N3.– С. 418-426.
2. **Симонян С.О., Меликян А.В.** Дополнение к методу решения однопараметрических матричных палиндромных задач // Вестник НПУА: Информационные технологии, Электроника, Радиотехника.– 2020.- N1. – С. 9-25.
3. **Симонян С.О.** Декомпозиционные методы решения однопараметрических матричных палиндромных задач типа $A(t) \cdot X(t) + X(t) \cdot A(t) = 0$ // Вестник НПУА: Информационные технологии, Электроника, Радиотехника. – 2021.- N2 .– С. 9-22.
4. **Симонян С.О.** К решению однопараметрических матричных палиндромных задач типа $A(t) \cdot X^T(t) + X(t) \cdot A(t) = 0$ // Вестник НПУА: Информационные технологии, Электроника, Радиотехника. – 2019.- N2. – С. 28-34.
5. **Симонян С.О., Аветисян А.Г.** Прикладная теория дифференциальных преобразований. – Ереван: Изд-во ГИУА “Чартарагет”, 2010. – 364с.
6. **Симонян С.О.** Методы определения однопараметрических обобщенных обратных матриц. – Saarbrucken, LAMBERT, Academic Publishing, 2017.- 222с.
7. **Симонян С.О., Аветисян А.Г.** Субградиентные модели. – Ереван: Авторское издание, 2005. – 208 с. (на арм. языке).

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 15.12.2021.

Ս.Հ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

$\boldsymbol{A(t) \cdot X(t) + X^T(t) \cdot A(t) = 0}$ ՏԻՊԻ ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՊԱԼԻՆԴՐՈՄԱՅԻՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԱՆԱԼԻՏԻԿ ԴԵԿՈՄՊՈԶԻՑԻՈՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐ

Առաջարկվել են կոմպլեքս մատրիցներով միապարամետրական մատրիցային պալինդրոմային խնդիրների լուծման անալիտիկ դեկոմպոզիցիոն մեթոդներ: Օգտագործելով այդ մատրիցների վերլուծությունները՝ ներկայացվել են համարժեք հիպերմատրիցային համասեռ համակարգերի երեք տարատեսակներ: Այդ տարատեսակներին համապատասխան առաջարկվել են ճշգրիտ և լավագույն մոտավոր լուծումներով անալիտիկ հաշվողական սխեմաներ՝ յուրաքանչյուր համասեռ հիպերհամակարգի դեպքում:

Դիտարկվել է մոդելային օրինակ, որը լուծվել է առաջարկված բոլոր երեք անալիտիկ դեկոմպոզիցիոն մեթոդներով՝ օգտագործելով կրոնեկերյան մատրիցների մաթեմատիկական ապարատը: Ցույց է տրվել, որ խնդիրն օժտված է անվերջ բազմությամբ լուծումներով: Ստացվել են դիտարկվող միապարամետրական մատրիցային պալինդրոմային խնդիրների ոչ զրոյական լուծումների գոյության անհրաժեշտ և բավարար պայմանները:

Առանցքային բառեր. միապարամետրական մատրիցային պալինդրոմային խնդիրներ, լուծման անալիտիկ դեկոմպոզիցիոն մեթոդներ, անալիտիկ դեկոմպոզիցիոն հաշվողական սխեմաներ, մոդելային օրինակ:

S.H. SIMONYAN

ANALYTICAL DECOMPOSITION METHODS FOR SOLVING ONE-PARAMETRIC MATRIX PALINDROMIC PROBLEMS OF THE TYPE $\boldsymbol{A(t) \cdot X(t) + X^T(t) \cdot A(t) = 0}$

Analytical decomposition methods for solving one-parametric matrix palindromic problems of the noted class with complex matrices are proposed. Using the decomposition of these matrices, three varieties of equivalent hypermatrix homogeneous systems are presented. In accordance with these varieties, the corresponding analytical computational schemes are proposed with exact and best approximate solutions for each hypermatrix homogeneous system.

A model example is considered, which is solved by all the three proposed analytical decomposition methods using the mathematical apparatus of the corresponding Kronecker matrices. It is shown that the problem has an infinite variety of solutions. Necessary and sufficient conditions for the existence of nonzero solutions of the considered one-parameter matrix problems are obtained.

Keywords: one-parameter matrix palindromic problems, analytical decomposition methods for solving, analytical decomposition computational schemes, model example.