doi:10.3772/j.issn.1002-0470.2019.11.008

将 Roesser 模型转换成 F-M Ⅱ模型的一种新方法的研究①

吴徐冬子② 盛道清 程 骅③ 曹中泳 何 博

(武汉科技大学信息科学与工程学院 武汉 430080)

摘 要 本文针对2维方框图理论,研究了由Roesser模型到F-M Ⅱ模型的转换方法,提出了一种新的模型转换方法。该方法依据2维方框图理论以及Roesser模型与F-M Ⅱ模型之间的关联,可由Roesser模型的实现矩阵直接求解出F-M Ⅱ模型的实现矩阵,且得到系统实现矩阵更灵活,有利于系统的分析设计。对比运用求状态方程实现模型之间的转换,省去了中间的求导环节,简化了计算步骤,使多维系统模型之间的转化更加便捷高效。将此方法运用于雷达系统中,能够提高系统的分析效率。

关键词 Roesser模型; F-M Ⅱ模型; 状态空间模型; 图像论; 实现矩阵

0 引 言

纵观近年有关多维系统研究的文章,研究者们提出了不同的状态空间模型,其中有代表性的为Roesser模型和Fornasini-Marchesini Ⅱ(F-M Ⅱ)模型[1-3]。Roesser状态空间模型的实现问题一般分为2类:一类是从局部到整体的系统实现,其中主要方法有树分解(tree decomposition, TD)、改进的树分解(enhanced tree decomposition, ETD)和符号变量分离(variable splitting, VS);另一类是直接得到整体的Roesser实现,主要方法有Sugie-Kawanishi法、矩阵初等变换法(elementary operation approach, EOA)[4]。而对F-M Ⅱ状态空间模型描述的多维系统的实现问题的研究,主要集中在已知一个系统的传递函数或者给定一个传输矩阵,对这个传递函数或者传输矩阵以更低维度矩阵实现的问题[5,6],其中有代表性的方法有矩阵初等变换法(EOA)、右矩阵分式描述法(RMFD)和左矩阵分式描述法(LMFD)、以及Cheng等人[7,8]提出的三角表示法和F-M Ⅱ模型实现方法[9,10]。

本文结合2种模型之间的相关联系,基于2维方框图理论实现了从Roesser模型的状态向量到F-M Ⅱ模型的系统实现的转化,大大简化了从Roesser模型到F-M Ⅱ模型的过程。该算法与文献[11]中提出的方法相比,转换过程更简便,大大提高了计算效率。将此算法运用到雷达系统的多维处理过程中,可以大幅降低处理数据的时间,使得雷达系统对所检测的物体有更快的响应时间和更精准的定位。

1 定 义

对于Roesser模型,有:

$$x(i,j)=\begin{bmatrix}x_1(i,j)\\x_2(i,j)\end{bmatrix}\tag{1}$$

其中x是局部状态变量,x_n是子状态,则Roesser模型的表达式如下:

$$\begin{bmatrix}x_1(i+1,j)\\x_2(i,j+1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\boldsymbol{A}_1 & \boldsymbol{A}_2\\\boldsymbol{A}_3 & \boldsymbol{A}_4\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(i,j)\\x_2(i,j)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\boldsymbol{B}_1\\\boldsymbol{B}_2\end{bmatrix}u(i,j)$$

① 国家自然科学基金(61304129)、国家重点研发项目(2017YFC0805100)和湖北省教育厅科学技术项目(Q20121107)资助。

② 女,1993年生,硕士生;研究方向:多维系统理论;E-mail: wuxudz@163.com

③ 通信作者,E-mail: chenghua@wust.edu.cn

(收稿日期:2018-11-28)

$$y(i,j)=C\begin{bmatrix}x_1(i,j)\\x_2(i,j)\end{bmatrix}+Du(i,j),\ i,j\geqslant 0 \tag{2}$$

其中,u 是输入,y 是输出。

对于 F-M Ⅱ模型,其描述如下:

$$x(i+1,j+1)=A_0x(i,j)+A_1x(i,j+1)+A_2x(i+1,j)+Bu(i,j)$$

$$y(i,j)=Cx(i,j)+Du(i,j),\ i,j\geqslant 0 \tag{3}$$

其中,x、y、u 分别是 m 维、p 维、e 维。定义:

$$\eta(i,j)=x(i,j+1)-A_2x(i,j) \tag{4}$$

通过式(3)、(4)得到:

$$\eta(i+1,j)=A_0x(i,j)+A_1x(i,j+1)+Bu(i,j) \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix}\eta(i+1,j)\\x(i,j+1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}A_1 & A_0+A_1A_2\\I_n & A_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta(i,j)\\x(i,j)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}B\\0\end{bmatrix}u(i,j)$$

$$y(i,j)=\begin{bmatrix}0 & C\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\eta(i,j)\\x(i,j)\end{bmatrix}+Du(i,j) \tag{6}$$

其中 I_n 为单位矩阵。对比式(6)和式(2)可知,F-M Ⅱ模型可视为 Roesser 模型的一种特殊情况。

2 转换法则

本文基于单输入单输出系统(single-input and single-output, SISO)提出了求解 2 维混合系统实现问题的方法。考虑由传递函数描述的混合系统:

$$T(h,k)=\frac{\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}b_{i,j}h^{i-m}k^{j-n}}{1-\left(\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=0}^{n}a_{i,j}h^{i-m}k^{j-n}\right)} \tag{7}$$

其中 m 表示 h 的最高阶次,n 表示 k 的最高阶次,令式(7):

$$T(h,k)=\frac{b_{m,n}+b_{m,n-1}k^{-1}+b_{m-1,n}h^{-1}+\cdots+b_{00}h^{-m}k^{-n}}{1-a_{m,n-1}k^{-1}-a_{m-1,n}h^{-1}-\cdots-a_{00}h^{-m}k^{-n}}=\frac{Y}{U} \tag{8}$$

定义 Q[11]:

$$Q=\frac{U}{1-a_{m,n-1}k^{-1}-a_{m-1,n}h^{-1}-\cdots-a_{00}h^{-m}k^{-n}} \tag{9}$$

$$Q=(a_{m,n-1}k^{-1}+a_{m-1,n}h^{-1}+\cdots+a_{00}h^{-m}k^{-n})Q+U$$

$$Y=(b_{m,n}+b_{m,n-1}k^{-1}+b_{m-1,n}h^{-1}+\cdots+b_{00}h^{-m}k^{-n})Q \tag{10}$$

根据式(10)画出对应的方框图(见图 1)。

对于该系统,选择输出为积分器的输出 $x_1(i,t)$, $x_2(i,t)$, $\cdots$, $x_m(i,t)$ 和延迟算子的输出 $x_{m+1}(i,t)$, $x_{m+2}(i,t)$, $\cdots$, $x_{2n}(i,t)$。

根据状态变量方框图写出状态方程:

$$x_t(i,j+1)=x_{t+1}(i,j),\quad t=1,2,\cdots,m-1$$

$$x_m(i,j+1)=q(i,j);$$

$$\begin{aligned}x_{m+1}(i,j+1)&=a_{0,n-1}x_1(i,j)+a_{1,n-1}x_2(i,j)+\cdots+a_{m-1,n-1}x_m(i,j)\\&\quad+x_{m+2}(i,j)+a_{m,n-1}q(i,j);\end{aligned}$$

$$\vdots$$

$$\begin{aligned}x_n(i,j+1)&=a_{00}x_1(i,j)+a_{10}x_2(i,j)+\cdots\\&\quad+a_{m-1,0}x_m(i,j)+a_{m,0}q(i,j);\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{n+1}(i,j+1)&=b_{0,n-1}x_1(i,j)+b_{1,n-1}x_2(i,j)+\cdots\\&\quad+b_{m-1,n-1}x_m(i,j)+x_{n+2}(i,j)\\&\quad+b_{m,n-1}q(i,j);\end{aligned}$$

$$\vdots$$

$$\begin{aligned}x_{2n}(i,j+1)&=b_{00}x_1(i,j)+b_{10}x_2(i,j)+\cdots\\&\quad+b_{m-1,0}x_m(i,j)+b_{m,0}q(i,j);\end{aligned}$$

$$y(i,j)=\sum_{p=0}^{m-1}b_{p,n}x_{p+1}(i,j)+x_{n+1}(i,j)+b_{m,n}q(i,j) \tag{11}$$

其中,

$$q(i,j)=\sum_{p=0}^{m-1}a_{p,n}x_{p+1}(i,j)+x_{m+1}(i,j)+u(i,j) \tag{12}$$

定义状态变量 $x(i,j)$ 如下:

$$x(i,j)=\begin{bmatrix}x_1(i,j)\\\vdots\\x_m(i,j)\\x_{m+1}(i,j)\\\vdots\\x_{2n}(i,j)\end{bmatrix} \tag{13}$$

以矩阵的形式写出式(11)、(12)状态方程组的实现矩阵如下:

$$
\boldsymbol{A}=\begin{bmatrix}
0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
a_{0,n} & a_{1,n} & a_{2,n} & \cdots & a_{m-1,n} & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\bar{a}_{0,n-1} & \bar{a}_{1,n-1} & \bar{a}_{2,n-1} & \cdots & \bar{a}_{m-1,n-1} & a_{m,n-1} & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\bar{a}_{0,n-2} & \bar{a}_{1,n-2} & \bar{a}_{2,n-2} & \cdots & \bar{a}_{m-1,n-2} & a_{m,n-2} & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\
\bar{a}_{01} & \bar{a}_{11} & \bar{a}_{21} & \cdots & \bar{a}_{m-1,1} & a_{m,1} & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\bar{a}_{00} & \bar{a}_{10} & \bar{a}_{20} & \cdots & \bar{a}_{m-1,0} & a_{m,0} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0\\
\bar{b}_{0,n-1} & \bar{b}_{1,n-1} & \bar{b}_{2,n-1} & \cdots & \bar{b}_{m-1,n-1} & b_{m,n-1} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0\\
\bar{b}_{0,n-1} & \bar{b}_{1,n-1} & \bar{b}_{2,n-1} & \cdots & \bar{b}_{m-1,n-1} & b_{m,n-1} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0\\
\vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\
\bar{b}_{01} & \bar{b}_{11} & \bar{b}_{21} & \cdots & \bar{b}_{m-1,1} & b_{m,1} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1\\
\bar{b}_{00} & \bar{b}_{10} & \bar{b}_{20} & \cdots & \bar{b}_{m-1,0} & b_{m,0} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix} \in R^{(m+2n)\times(m+2n)}
$$

其中，$\bar{a}_{i,j}=a_{i,j}+a_{i,n}a_{m,j}$，$\bar{b}_{i,j}=b_{i,j}+a_{i,n}b_{m,j}$；$(i=0,1,\cdots,m-1;\ j=0,1,\cdots,n-1)$。

$$\boldsymbol{B}=[0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1 \quad a_{m,n-1} \quad \cdots \quad a_{m,0} \quad b_{m,n-1} \quad \cdots \quad b_{m,0}]^{\mathrm{T}} \in R^{(m+2n)\times 1}$$

$$\boldsymbol{C}=[\bar{b}_{0,n} \quad \cdots \quad \bar{b}_{m-1,n} \quad b_{m,n} \quad 0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad \cdots \quad 0] \in R^{1\times(m+2n)}$$

$$\boldsymbol{D}=[b_{m,n}] \in R^{1\times 1} \tag{14}$$

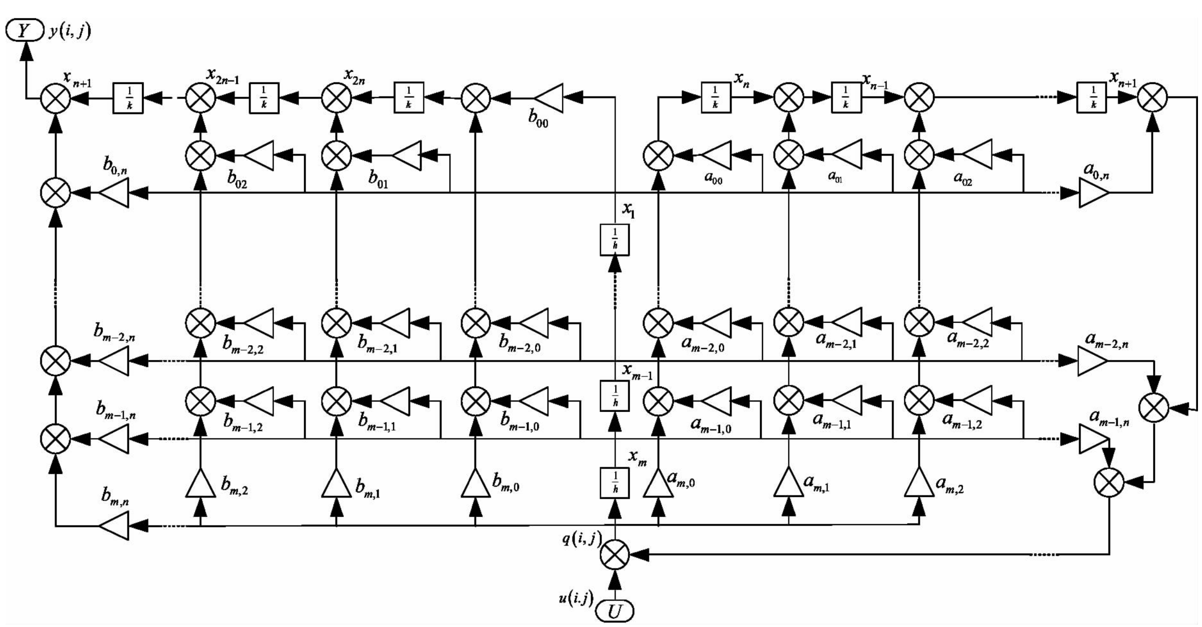

图 1　状态变量方框图

系统状态方程：

$$x_1(i+1,j)=\boldsymbol{A}_{11}x_1(i,j)+\boldsymbol{A}_{12}x_2(i,j)+B_1u(i,j) \tag{15}$$

$$x_2(i,j+1)=\boldsymbol{A}_{21}x_1(i,j)+\boldsymbol{A}_{22}x_2(i,j)+B_2u(i,j)$$

将式(15)用矩阵的形式表达，得到：

$$\begin{bmatrix} x_1(i+1,j+1) \\ x_2(i+1,j+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A}_{11} & \boldsymbol{A}_{12} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(i,j+1) \\ x_2(i,j+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \boldsymbol{A}_{21} & \boldsymbol{A}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(i+1,j) \\ x_2(i+1,j) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{B}_1 \\ 0 \end{bmatrix} u(i,j+1) + \begin{bmatrix} 0 \\ \boldsymbol{B}_2 \end{bmatrix} u(i+1,j) \tag{16}$$

可知,Roesse 模型中包含了 F-M Ⅱ模型的状态空间,F-M Ⅱ模型可视为 Roesser 模型的部分状态空间变量。因此,可把 Roesser 模型的矩阵实现转换成 F-M Ⅱ模型的矩阵实现:

$$\boldsymbol{A}_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ a_{0,n} & a_{1,n} & a_{2,n} & \cdots & a_{m-1,n} & 1 \end{bmatrix} \in R^{m\times(m+1)};$$

$$\boldsymbol{A}_{12} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \in R^{m\times(2n-1)};$$

$$\boldsymbol{A}_{21} = \begin{bmatrix} \bar{a}_{0,n-1} & \cdots & \bar{a}_{m-1,n-1} & a_{m,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{a}_{00} & \cdots & \bar{a}_{m-1,0} & a_{m,0} \\ \bar{b}_{0,n-1} & \cdots & \bar{b}_{m-1,n-1} & b_{m,n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{b}_{00} & \cdots & \bar{b}_{m-1,0} & b_{m,0} \end{bmatrix} \in R^{2n\times(m+1)};$$

$$\boldsymbol{A}_{22} = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \vdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \cdots & 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \in R^{2n\times(2n-1)};$$

$$\boldsymbol{B}_1 = [0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1]^{\mathrm{T}} \in R^{m\times 1};$$

$$\boldsymbol{B}_2 = [a_{m,n-1} \quad \cdots \quad a_{m,0} \quad b_{m,n-1} \quad \cdots \quad b_{m,0}]^{\mathrm{T}} \in R^{2n\times 1};$$

$$\boldsymbol{C} = [\bar{b}_{0,n} \quad \cdots \quad \bar{b}_{m-1,n} \quad b_{m,n} \quad 0 \quad \cdots \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad \cdots \quad 0] \in R^{1\times(m+2n)};$$

$$\boldsymbol{D} = [b_{m,n}] \in R^{1\times 1}。$$

通过上述转换,可根据 Roesser 模型的实现矩阵直接求出 F-M Ⅱ模型的系统实现矩阵。该方法省去了中间的求导环节,使得求解系统的实现更简便,且得到的 F-M Ⅱ模型的实现中的 $\boldsymbol{A}$ 矩阵突破了只能是方阵的约束,使得实现矩阵更为自由。

3 实 例

对一个 MIMO 雷达系统,进行系统建模后可得到如下系统传递函数[11]:

$$T(h,k) = \frac{6h^2k + 5h^2 + 4hk + 3h + 2k + 1}{h^2k - 0.5h^2 + 0.4hk - 0.3h - 0.2k - 0.1}$$

可知,$m = 2, n = 1$。

$$T(h,k) = \frac{6 + 5k^{-1} + 4h^{-1} + 3h^{-1}k^{-1} + 2h^{-2} + h^{-2}k^{-1}}{1 - 5k^{-1} + 4h^{-1} - 3h^{-1}k^{1} - 2h^{-2} - 1h^{-2}k^{-1}} = \frac{Y}{U}$$

$$Q = U + (5k^{-1} - 4h^{-1} + 3h^{-1}k^{1} + 2h^{-2} + 1h^{-2}k^{-1})Q$$

$$Y = (6 + 5k^{-1} + 4h^{-1} + 3h^{-1}k^{-1} + 2h^{-2} + h^{-2}k^{-1})Q$$

由上式可画出状态变量方框图(如图 2)。

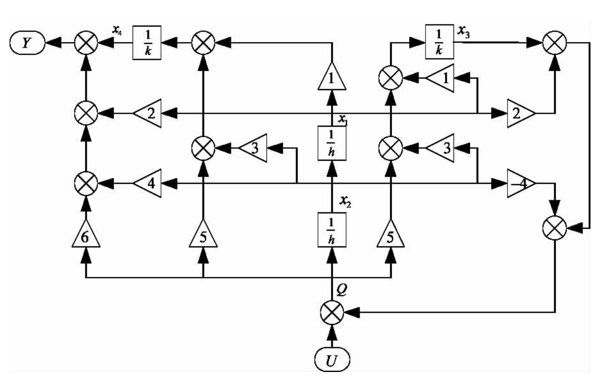

图 2　状态空间方框图

$$x_1(i,j+1) = x_2(i,j)$$

$$x_2(i,j+1) = 2x_1(i,j) - 4x_2(i,j) + x_3(i,j) + u(i,j)$$

$$x_3(i,j+1) = 11x_1(i,j) - 17x_2(i,j)$$

$$+ 5x_3(i, j) + 5u(i, j)$$

$$x_4(i, j+1) = 11x_1(i, j) - 17x_2(i, j) + 5x_3(i, j) + 5u(i, j)$$

$$y(i, j) = 14x_1(i, j) - 20x_2(i, j) + 6x_3(i, j) + x_4(i, j) + 6u(i, j)$$

Roesser 模型的实现矩阵如下：

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & -4 & 1 & 0 \\ 11 & -17 & 5 & 0 \\ 11 & -17 & 5 & 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 5 \\ 5 \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{C} = [14 \quad -20 \quad 6 \quad 1], \quad \boldsymbol{D} = 6$$

转换成 F-M Ⅱ模型的实现矩阵为

$$\boldsymbol{A}_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 2 & -4 & 1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{A}_{12} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{A}_{21} = \begin{bmatrix} 11 & -17 & 5 \\ 11 & -17 & 5 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{A}_{22} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{B}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{B}_2 = \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{C} = [14 \quad -20 \quad 6 \quad 1], \boldsymbol{D} = 6$$

4 结 论

本文提出了一种新的基于2维混合线性系统给定传递矩阵求解系统实现矩阵的方法，依据2维方框图理论及 Roesser 模型和 F-M Ⅱ模型之间的联系，能够从 Roesser 状态空间模型的实现矩阵直接求出 F-M Ⅱ模型的实现矩阵，大大简化了由 Roesser 状态空间模型转换为 F-M Ⅱ状态空间模型的过程，并通过一个数值实例说明了该算法的有效性和可实施性。将此算法运用到雷达系统的多维处理过程中，可以大幅降低系统的冗余度和处理时间，使得雷达系统对所跟踪的物体有更快的响应时间和更精准的定位。今后更进一步的研究是将此算法从2维推广到 n 维，并尽可能减少约束条件，使之能够在多输入多输出系统中得以运用。

参考文献

[1] 程骅，刘天鹏. 基于多维系统的无线传感器网络移动节点定位算法[P]. 中国专利：CN106131960A, 2016-11-16

[2] Sato N, Xu L, Cheng H. A novel method for recasting an n-D Fornasini-Marchesini model into an n-D Roesser model[C] // The 10th China-Japan International Workshop on Information Technology and Control Applications and the 6th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications, Hongzhou, China, 2014:17-22

[3] Cheng Z L, Cheng H, Cheng G G. Fornasini-Marchesini model realization in sensor networks based on Euclidean space embedding[C] //2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications(ICIEA), Hefei, China, 2016: 359-363

[4] Xiong Y, Cheng H, Cheng G G. A Roesser model based on multidimensional system in grid sensor network[C] // 2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications(ICIEA), Auckland, New Zealand, 2015: 1543-1547

[5] Fang Z H, Cheng H, Cheng G G. Fornasini-Marchesini second model realization by elementary operation approach in image processing[C] //2015 Chinese Automation Congress(CAC), Wuhan, China, 2015: 29-34

[6] Cheng H, Saito T, Matsushita S, et al. Realization of multidimensional systems in Fornasini-Marchesini state-space model[J]. *Multidim Systems and Signal Processing*, 2011, 22(4):319-333

[7] Fan H J, Cheng H, Xu L. A constructive approach to minimal realization problem of 2D systems[J]. *Journal of Control Theory and Applications*, 2009, 7(3):335-343

[8] Cheng H, Fan H J, Xu L, et al. New results on minimal realization of 2-D filters[C] //2005 International Conference on Eletrical Machines and Systems (ICEMS), Nanjing, China, 2005: 1972-1977

[9] Fang Z H, Cheng H, Cheng G G. Fornasini-Marchesini model realization of MIMO radar image by elementary operation approach[C] //2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Hefei, China, 2016: 585-590

[10] Hua C, Sheng D Q, Xu L. A new method to the realization of n-D Fornasini-Marchesini state-space model[C] // 2012 2nd International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications(ISDEA), Sanya, China, 2012: 60-63

[11] Kaczorek T, Sajewski Ł. Computation of positive realiza-

tion of MIMO hybrid linear systems in the form of second Fornasini-Marchesini model[J]. *Archives of Control Sciences*, 2010, 20(3): 267-285

Research on a new method to transform Roesser model into F-M Ⅱ model

Wu Xudongzi, Sheng Daoqing, Cheng Hua, Cao Zhongyong, He Bo
(School of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430080)

Abstract

Aiming at the two-dimensional block diagram theory, the conversion method from Roesser model to F-M Ⅱ model is studied, and a new conversion method is proposed. This method is based on the two-dimensional block diagram theory and the correlation between Roesser model and F-M Ⅱ model. The implementation matrix of Roesser model can directly solve the implementation matrix of F-M Ⅱ model, and the obtained system implementation matrix is more flexible, which is conducive to the analysis and design of the system. Compared with solving the equation of state to realize the transformation between models, the intermediate derivative link is omitted and the calculation step is simplified, which makes the transformation between multi-dimensional system models more convenient and efficient. Applying this method to radar system can improve the analysis efficiency of the system.

Key words: Roesser model, F-M Ⅱ model, state space model, image theory, matrix