

## Об одном методе реализации в пространстве состояний динамических систем над треугольными нечеткими числами

*В.А. Кожухарь, С.Г. Пушков*

*Филиал АлтГУ, г. Бийск, БТИ (филиал) АлтГУ, г. Бийск*

Рассматривается проблема построения модели пространства состояний по данным о поведении вход-выход линейной динамической системы с параметрической неопределенностью в виде треугольных нечетких чисел. Для случая дискретного времени динамическое поведение такой системы может быть представлено в форме

$$x(t+1) = \mathbf{F}x(t) + \mathbf{G}u(t), \quad y(t) = \mathbf{H}x(t),$$

где  $u(t) \in \mathbb{R}^m$ ,  $x(t) \in \mathbb{R}^n$ ,  $y(t) \in \mathbb{R}^p$ ,  $\mathbf{F} \in \mathbb{FR}^{n \times n}$ ,  $\mathbf{G} \in \mathbb{FR}^{n \times m}$ ,  $\mathbf{H} \in \mathbb{FR}^{p \times n}$ ,  $\mathbb{FR}$  – множество нечетких чисел. Проблема построения модели пространства состояний, в классической теории систем известная как проблема реализации, для данного класса систем заключается в определении размерности  $n$  и построении тройки матриц  $(\mathbf{F}, \mathbf{G}, \mathbf{H})$  над треугольными нечеткими числами таких для заданной последовательности матриц

$$\{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots\}, \quad \mathbf{A}_i \in \mathbb{FR}^{p \times m}, \quad i = 1, 2, \dots$$

выполняются матричные уравнения

$$\mathbf{A}_i = \mathbf{H}\mathbf{F}^{i-1}\mathbf{G}, \quad i = 1, 2, \dots,$$

где  $\mathbf{F} \in \mathbb{FR}^{n \times n}$ ,  $\mathbf{G} \in \mathbb{FR}^{n \times m}$ ,  $\mathbf{H} \in \mathbb{FR}^{p \times n}$ .

В [1] представлен достаточный критерий алгебраической реализуемости для линейных динамических систем над нечеткими числами. Построение же надежных методов вычисления конечномерных реализаций наталкивается на существенные трудности. Алгебраические свойства множества нечетких чисел (и треугольных в том числе) в рамках естественной нечеткой арифметики, основанной на принципе распространения, не являются достаточно «хорошими». Они не образуют таких удобных алгебраических структур, как кольцо или поле. Это приводит к тому, что даже стандартные алгебраические задачи становятся очень сложными, а задача реализации для заданной импульсной последовательности матриц над нечеткими числами практически неразрешимой.

Данные нечеткие арифметики допускают «улучшения», но при таких улучшениях теряется естественная интерпретация операций и

практическая применимость результатов. Подход к решению задачи реализации для линейных систем над нечеткими числами, предложенный в данной работе, основан на погружении множеств входных сигналов, состояний и выходных сигналов нечеткой системы в «улучшенные» нечеткие пространства. В этом случае имеет место следующая диаграмма:

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbb{FR}^m & \xrightarrow{\bar{G}} & \mathbb{FR}^n & \xrightarrow{\bar{F}} & \mathbb{FR}^n & \xrightarrow{\bar{H}} & \mathbb{FR}^p \\ \Omega \downarrow \uparrow \Omega^{-1} & & \Pi \downarrow \uparrow \Pi^{-1} & & \Pi \downarrow \uparrow \Pi^{-1} & & \Gamma \downarrow \uparrow \Gamma^{-1} \\ \overline{\mathbb{FR}}^m & \xrightarrow{\bar{G}} & \overline{\mathbb{FR}}^n & \xrightarrow{\bar{F}} & \overline{\mathbb{FR}}^n & \xrightarrow{\bar{H}} & \overline{\mathbb{FR}}^p \end{array}$$

На этой диаграмме  $\mathbb{FR}$  обозначает множество нечетких чисел с обычной нечеткой арифметикой, а  $\overline{\mathbb{FR}}$  обозначает множество нечетких чисел относительно «улучшенной» нечеткой арифметики.

### Литература

1. Кожухарь В.А. Достаточный критерий алгебраической реализуемости для линейных динамических систем над нечеткими числами // Материалы девятой региональной конференции по математике «МАК-2006». – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2006. – С. 81–82.

## Об одной линейной задаче распределения ресурсов

*М.В. Куркина, В.В. Славский*  
ЮГУ, г. Ханты-Мансийск

В работе исследуется следующая задача оптимальном распределения ресурсов из теории динамического программирования.

**Задача.** Планируется деятельность  $m$  предприятий на  $n$  лет. Известны начальные средства в количестве  $S$ . Средства  $x_i$ , вложенные в  $i$ -ое предприятие, в начале года дают в конце года прибыль  $xh_i$  и возвращаются обратно в производство в размере  $xr_i$ . В конце года все возвращенные средства заново перераспределяются между предприятиями. Часть  $p_i$  прибыли  $xh_i$ , полученная в конце года,  $i$ -ым предприятием оставляется на этом предприятии в фонде производства. Требуется распределить имеющиеся средства между предприятиями так, чтобы суммарная прибыль за период в  $n$  лет, полученная от предприятий, была максимальной.