Использование методов интервального анализа для оценки многомерных перемещений элементов конструкции лопаточной силовой установки

Людвин Дмитрий Юрьевич
Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия
e-mail: lyudvin@ngs.ru

В работе рассматривается задача вычисления многомерных перемещений элементов конструкции лопаточной силовой установки. Вычисление многомерных перемещений производится с использованием семейств градуировочных характеристик измерительных каналов, полученных экспериментально при заданных эталонных значениях координатных составляющих перемещений. Число каналов в системе измерения равно числу координатных составляющих. Аппроксимация градуировочной характеристики измерительного канала по данным наблюдений заключается в построении зависимости измерительного (цифрового) кода АЦП от координатных составляющих перемещений элементов конструкции. Задача аппроксимации градуировочной характеристики решается на основе метода интервальной идентификации полиномиальной регрессии. Модель зависимости имеет вид интервального полинома, свободный член которого является интервалом. Далее на основе полученных уравнений зависимостей вычисляются координатные составляющие перемещений элементов конструкции, соответствующие определенным значениям цифровых кодов. Эта задача сводится к оценке множества решений интервальной системы полиномиальных уравнений:

$$\boldsymbol{F}(X) = \boldsymbol{C},$$

где $\boldsymbol{F}(X) = (\boldsymbol{f}_1(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, \boldsymbol{f}_n(x_1, x_2, \dots, x_n))^\top$ — вектор интервальных полиномов вида

$$\boldsymbol{f}_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = [-\varepsilon_i, \varepsilon_i] + \textstyle\sum_{k_1=0}^{K_1} \sum_{k_2=0}^{K_2} \dots \sum_{k_n=0}^{K_n} a_{(i)k_1 k_2 \dots k_n} x_1^{k_1} x_2^{k_2} \dots x_n^{k_n},$$

свободные члены которых $\boldsymbol{a}_{(i)00\dots0} = [-\varepsilon_i, \varepsilon_i] + a_{(i)00\dots0}$, $\varepsilon_i \geq 0$. Значения цифровых кодов $\boldsymbol{C} = (\boldsymbol{C}_i)$ с учетом погрешностей измерения задаются интервалами.

Множество решений системы определим как

$$\Xi(F, C) \ = \ \{\, X \in \boldsymbol{R}^n \mid (\exists\, F(X) \in \boldsymbol{F}(X))(\exists\, C \in \boldsymbol{C})(\, F(X) = C\,)\,\}.$$

В работе предлагаются алгоритмы получения внешней и внутренней оценок данного множества решений. Процедура внешнего оценивания, т.е. нахождение бруса, содержащего $\Xi(F, C)$, основана на интервальных методах распространения ограничений, многомерном интервальном методе Ньютона, методе дробления решений.

Внутренней оценкой множества решений системы является интервальный вектор-брус, содержащийся в $\Xi(F, C)$. Внутренняя оценка неединственна. В целях наилучшего исчерпывания множества решений предлагается строить регулярное покрытие этого множества непересекающимися брусами.

В работе представлены результаты проведенных численных экспериментов.