

## Компьютерное моделирование процедур идентификации динамических объектов

*В.М.Трояновский*

Московский государственный институт электронной техники  
(технический университет)

Идентификация (определение весовой функции динамических объектов) является актуальной задачей изучения свойств объекта. Очень важно, что результат можно получить по данным нормального функционирования, используя шумообразные отклонения сигналов от установленного рабочего режима. Для учета стохастического характера сигналов широко используются статистические методы. При ограниченных интервалах наблюдения и использовании единственной реализации (вместо гипотетического ансамбля независимых реализаций) статистические расчеты всегда дают лишь приближенные оценки искомых параметров и статистические свойства этих оценок зависят от условий накопления данных и алгоритма их последующей обработки.

Прямое использование уравнения типа Винера–Хопфа для решения задачи идентификации имеет значительные изъяны, для преодоления которых в разное время выдвигались гипотезы о плохой сходимости корреляционной функции к ковариационной, о плохой обусловленности решения обратной задачи при решении интегральных уравнений, а также применялись методы регуляризации. В [1] дано объяснение возникающих эффектов и решена задача идентификации, кроме того, предложен метод улучшения получаемых оценок, превосходящий по эффективности метод регуляризации.

С использованием метода наименьших квадратов получено следующее соотношение для вычисления ординат оценки весовой функции  $\hat{h}_1$ :

$$R_{xx}[l] - \sum_{q=0}^L \hat{h}_1[q] R_{xx}[l-q] = 0, \quad l = 0, 1, 2, \dots, L,$$

где матрица частной (имевшей место в данном эксперименте) автокорреляционной функции входного сигнала  $R_{xx}[l-q]$  и частный вектор взаимной корреляции  $R_{xz}[l]$  определяются как

$$R_{xx}[l-q] = \sum_{j \in J} x[j-l]x[j-q], \quad R_{xz}[l] = \sum_{j \in J} z[j]x[j-l].$$

При этом ковариационная матрица погрешности оценки для линейного приближения и  $\delta$ -коррелированной помехи (с дисперсией  $\sigma_n^2$ ) определяется как  $C_{\Delta h} \approx \frac{\sigma_n^2}{m} K_{xx}^{-1}$ , где  $K_{xx}$  – ковариационная матрица сигнала;  $m$  – объем выборки.

Для верификации полученных соотношений проведено компьютерное моделирование (рис.1) процесса идентификации с использованием реализаций ограниченной длины, коррелированных входных сигналов и сильно зашумленных выходных данных.

Методика моделирования сигналов соответствует [2]. В качестве платформы для моделирования использован пакет программ Excel + VBA. В его состав входят средства табличного и визуального представления данных, мощные вычислительные средства, включая матричные операции, средства графического представления результатов и механизм разработки новых функций на базе макросов. При моделировании в качестве объекта использовалось апериодическое звено 1-го порядка с постоянной времени  $T = 5$ , длина весовой функции принята  $L = 15$ , длина реализации 100 отсчетов, дисперсия помехи составляла 100% по отношению к дисперсии полезного выходного сигнала.

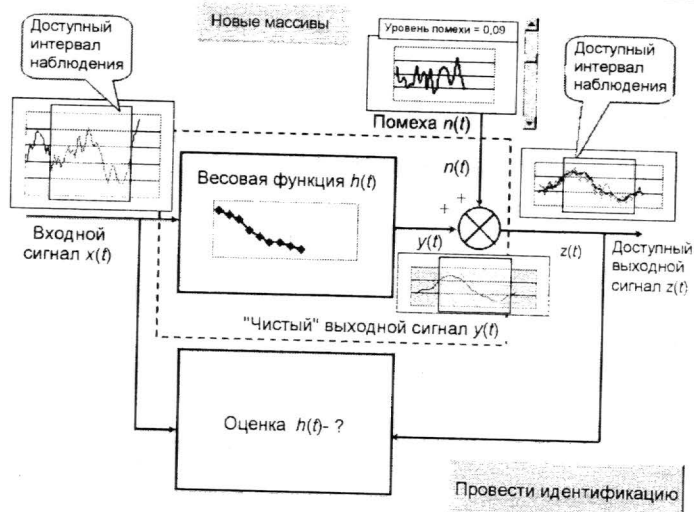


Рис. 1. Схема моделирования процесса идентификации

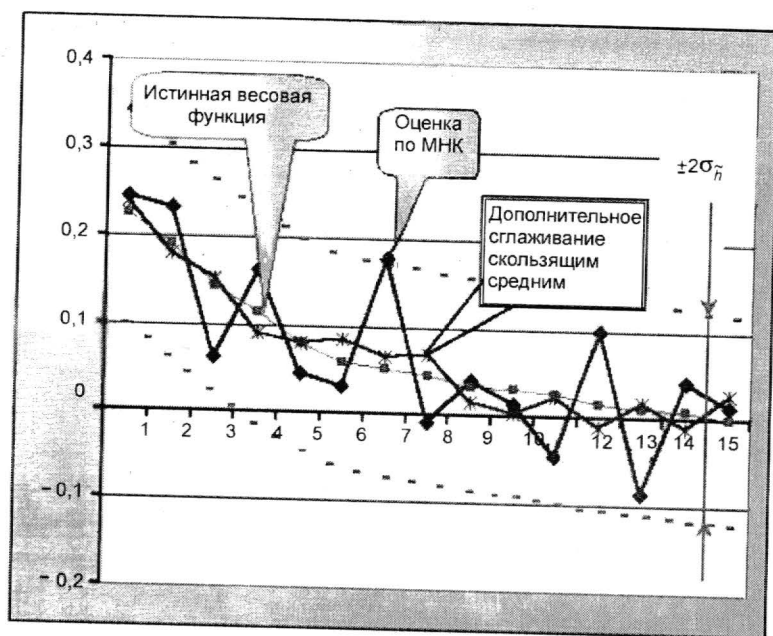


Рис. 2. Результаты моделирования процесса идентификации

Результаты моделирования (рис.2) подтвердили справедливость полученных теоретических соотношений, что позволяет рекомендовать созданную методику и программное обеспечение для изучения свойств реальных объектов, в том числе в производственных процессах микроэлектроники.

### Литература

1. **Трояновский В.М.** Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов: Учеб. пос. – М.: Гелиос АРВ, 2004. – 304 с.
2. **Трояновский В.М.** Об адекватном математическом аппарате при моделировании действующих объектов // Изв. вузов. Электроника. – 1997. – № 6. – С. 83–93.

Поступило 28 февраля 2008 г.

**Трояновский Владимир Михайлович** – кандидат технических наук, профессор кафедры информатики и программного обеспечения вычислительных систем МИЭТ. *Область научных интересов:* методика применения компьютеров в информационных и обучающих системах; моделирование динамических объектов в условиях случайных воздействий и помех; идентификация; разработка программного обеспечения автоматизированных систем.