

Программный пакет для идентификации линейных и нелинейных объектов

*В.В. Макаров,
с.н.с., к.т.н., с.н.с., makarov@ipu.ru,
ИПУ РАН, г. Москва,
А.Н. Перепелицын,
студ., andrey.perepelitsyn@cherehapa.ru,
НИЯУ МИФИ, г. Москва*

Для идентификации объектов (линейных и нелинейных) предложен программный пакет, позволяющий проводить рациональный выбор алгоритмов идентификации. В зависимости от различных типов входных сигналов (снимаемых с реального объекта или полученных с помощью генерации по вероятностным распределениям, либо по дискретным передаточным функциям), варьировать вид объекта (линейный, нелинейный), возможность задания различного количества входных каналов при одном выходном сигнале (модель MISO), задавать различные помехи в каналы системы с проверкой устойчивости передаточной функции модели системы по критерию Шур-Кона.

A software package is offered for both linear and non-linear objects identification. It provides making a rational choice between identification algorithms. Also it provides the possibility of placing a different number of input channels with one output signal (MISO model) depending on the different types of input signals, such as linear and nonlinear. There is possibility for setting various interferences in channels with checking model's transfer function stability according to the Schur-Cohn criterion.

1. Постановка задачи

Для эффективного управления производственным комплексом в условиях, когда технологические процессы описываются в виде сложных многомерных динамических систем, характеризующихся высоким уровнем априорной неопределённости, нестационарностью и нелинейностью основных характеристик, необходимо разрабатывать адекватные методы синтеза математического обеспечения, основанные на применении принципов адаптации и идентификации.

В ряде случаев крайне затруднительно или невозможно проводить испытания сложного технологического объекта для построения его модели в производственных условиях. В рассматриваемой работе на базе начального приближения коэффициентов модели технологического процесса на основе исследования экспериментальных данных технологического процесса или генерируемых данных в контуре системы корректируются коэффициенты модели.

В общем случае под линейным объектом идентификации подразумевается модель технологического процесса, которая в общем случае описывается как многомерный односвязный объект, получаемый декомпозиций из многомерного многосвязного объекта с наблюдаемыми входами и выходами [1]:

$$\begin{cases} Y_O(n) = \sum_i A_{O \cdot i}(n) X(n-i) + \sum_j A_{O \cdot j}(n) Y_O(n-j) + v(n) \\ \forall m: X(m) = \sum_{k=1}^L X_k(m), \end{cases}$$

где $v(n)$ – приведённый шум.

Для нелинейных систем с одним выходом и L входами, уравнение принимает вид:

$$F(Y^n, Y^{n-1}, \dots, Y, X_1^m, \dots, X_1, \dots, X_L^m, \dots, X_L) = 0$$

2. Описание программного пакета

Архитектура разработанного программного пакета показана на рис.1.

Главная форма позволяет задать входные данные, выбрать алгоритмы идентификации и критерии идентификации, загрузить данные из текстовых файлов, сохранить параметры системы в текстовые файлы, промоделировать процессы системы во временной оси, сформировать файлы-отчёты о результатах моделирования. Блок вычислений в главной форме, включает ядро программы и большое количество разных алгоритмов. Программно-реализованные алгоритмы моделирования вероятностных распределений, алгоритмов идентификации, критериев идентификации, алгоритмов подсчёта статистических данных, алгоритмов управления.

Для идентификации нелинейных объектов реализованы алгоритмы нейронных сетей и нечетких нейронных сетей, параметры которых задаются через соответствующие формы, при выборе их в главной форме.

Так как в алгоритмах идентификации присутствует большое количество операций с матрицами, в программе создан специальный класс "блок вычисления матриц", который проводит различные операции с матрицами. В классе "блока вычисления матриц", включены арифметические операции с матрицами, операции вычисления обратной матрицы, псевдообратной матрицы [2], сингулярного разложения матрицы и другие операции.

В форме для выведения графиков программа строит графики по m -файлу, который генерируется в главной форме, также в этой форме реализованы следующие возможности: выбирать какие графики выводить в область построения, возможность анализа графиков, выбор свойств отображения графиков, выбор свойств осей, масштаба, отображения области построения графиков, возможность сохранения, полученного изображения графиков в файл.



рис.1 Архитектура программного пакета

Интерфейс программы представлен на рис.2.

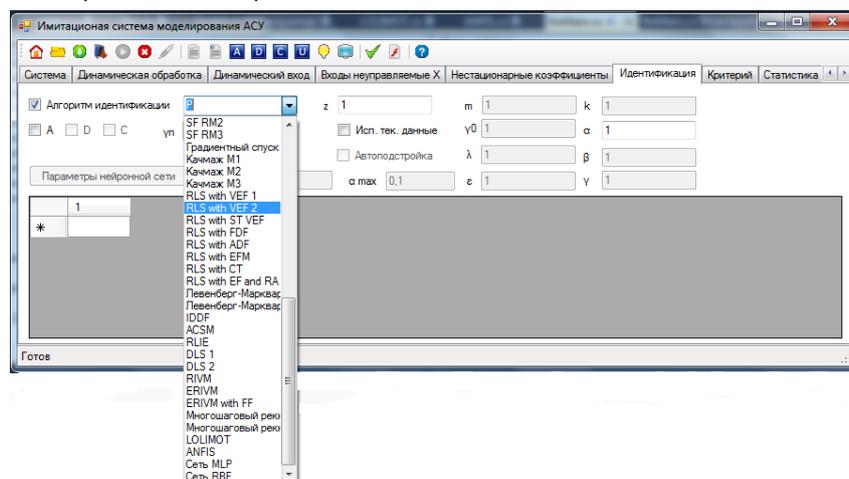


рис.2 Интерфейс системы

Программный пакет написан на языке программирования C# и работает под современными операционными системами Microsoft Windows 7 / 8 / 10 на платформе Microsoft .NET Framework 4.0.

3. Идентификации объектов

Нестационарный объект с изменяющимися входами. Алгоритм идентификации Качмаж. Данный объект описывается с помощью следующих уравнений:

$$\begin{cases} Y_o(N) = C_{o61}(N)X_1(N) \\ Y_M(N) = C_{M1}(N)X_1(N) \end{cases}$$

Где коэффициент $C_{o61}(N)$ нестационарный (длительность нестационарности 50 шагов) описываемый с помощью уравнения:

$$C_{o61}(N) = a_0 + a_1 * \sin(a_2 t + a_3)$$

где $a_0 = 4$, $a_1 = 2$, $a_2 = 0.6$, $a_3 = 0$

Начальное значение модели $C_{M1}(0) = 2$

Входные значения системы распределены по нормальному закону со следующими параметрами: $X_{max} = 5$, $X_{min} = 0$, $M(X) = 3$, $D(X) = 1$

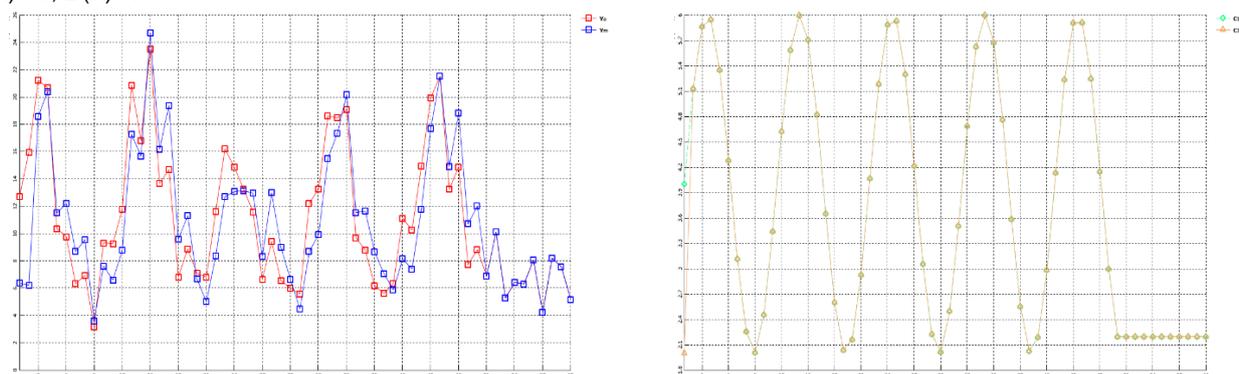


рис. 3 Выходные сигналы объекта $Y_o(N) = C_{o61}(N)X_1(N)$ и модели $Y_M(N) = C_{M1}(N)X_1(N)$, коэффициенты объекта и модели

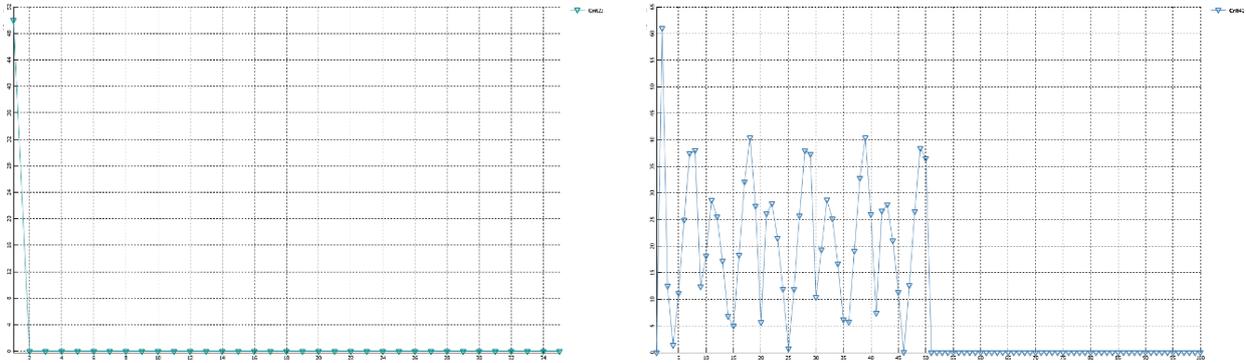


рис. 4 – Критерии идентификации – $\frac{\sum_{i=1}^k |C_{oi}(N) - C_{Mi}(N)|}{\sum_{i=1}^k |C_{oi}(N)|}$ и $\frac{\sum_{i=1}^k |C_{Mi}(N) - C_{Mi}(N-1)|}{\sum_{i=1}^k |C_{Mi}(N)|}$

Нелинейный объект (устройство электрической тяги). Алгоритм идентификации сеть MLP (Multi-Layer Perceptron).

$$Y(k) = 0.8Y(k-1) + 2 \sum_{j=0}^{k-1} \frac{2 \exp(3(X(k-j) - 0.1Y(k-1-j))) - 0.1Y(k-1-j)}{2^j}$$

Результаты идентификации представлены на рис.5.

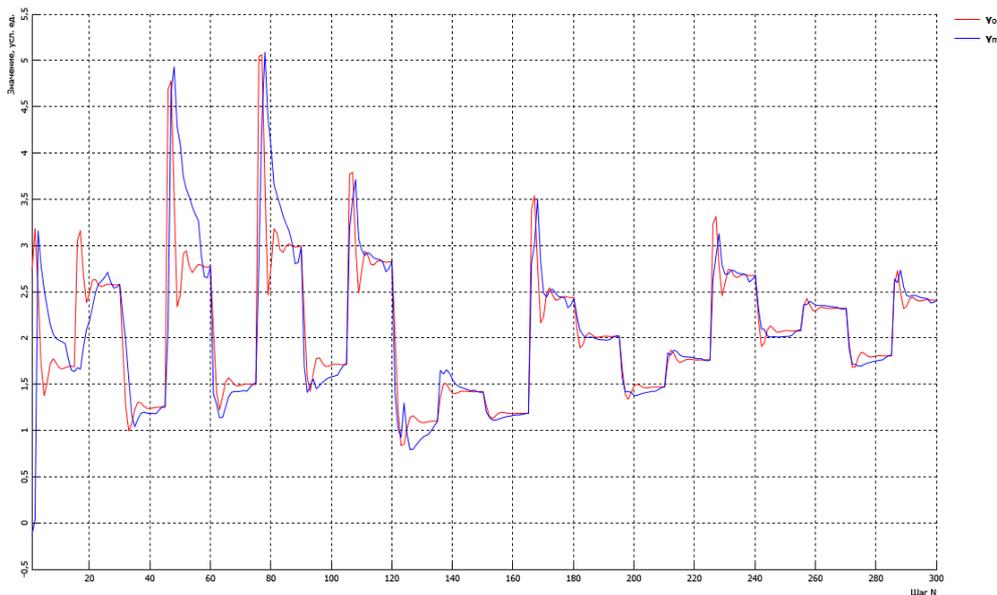


рис.5 Графики зависимости выходных сигналов модели Y_m и объекта Y_0 от времени

Вывод

Программный пакет предназначен для идентификации линейных и нелинейных объектов, позволяет проводить рациональный выбор алгоритмов идентификации и сравнивать их, с помощью множества критериев.

Предложенный программный пакет может применяться для создания автоматизированного рабочего места научного сотрудника, а также использоваться, как альтернатива пакету System Identification Toolbox MATLAB, который работает с одномерными односвязными объектами и не ориентирован на получение текущих оценок параметров (т.е. можно получить оценку параметров только при остановки процесса решения). Также из недостатков можно выделить высокую стоимость продукта и закрытый код.

Литература

1. Антонов, В. Н. Адаптивное управление в технических системах / В. Н. Антонов [и др.]. – СПб. : Из-во СПбГУ, 2001. – 244 с.
2. Алберт, А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание / А. Альберт. - М. : Наука, 1977. – 224 с.