

УДК 621.19

В.Е. Овсянников, В.Ю. Терещенко

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Широко используемые математические модели динамических объектов (спектральные, корреляционные, процессные и т.д.) не применимы в том случае, если объект не является линейным, т.к. они не учитывают характер изменения его свойств.

Для учета свойств таких объектов в состав математических моделей вводятся нелинейные элементы, основанные на использовании искусственных нейронных сетей, вейвлетов и т.д. Основные схемы моделей нелинейных объектов приведены на рисунках:

Как видно из рис. 1 и 2, оба класса моделей сочетают в себе как линейные, так и нелинейные элементы. Естественно, что точность модели нелинейного объекта зависит от того, какой конкретно нелинейный элемент используется в ее

описываются следующим дифференциальным уравнением [2]:

$$m \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} + f_{TP} \cdot \frac{dx(t)}{dt} + k_0 x(t) \cdot (1 + \alpha \cdot x^2(t)) = f \cdot \cos(\gamma t)$$

где m – масса осциллятора;

f_{TP} – коэффициент трения;

k_0 – жесткость пружины в начальный момент времени;

α – коэффициент нелинейности, который характеризует изменение жесткости пружины в зависимости от ее деформации;

f, γ – параметры, которые характеризуют величину изменения возмущающей силы.

Зависимость амплитуды колебаний от време-

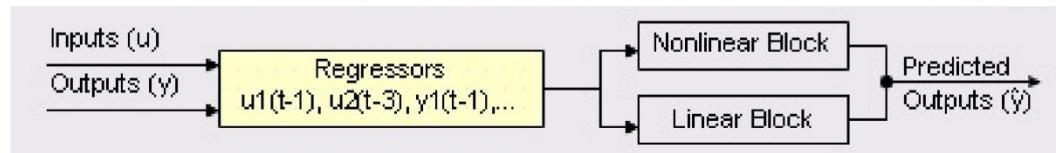


Рис. 1. Модель Nonlinear ARX



Рис. 2. Модель Хаммерштейна-Виннера

составе. На сегодняшний день в качестве нелинейных элементов моделей наиболее часто используются вейвлетные сети, сети с сигмоидной функцией активации, модели, базирующиеся на графах и нейросетевые модели [1].

Проведем анализ эффективности каждой из данных моделей.

В качестве тестового объекта будем использовать нелинейные колебания осциллятора, которые

см. рис.3.:

Построение математических моделей и проверка их адекватности производилось при помощи вычислительной среды Matlab. Пример вычисления приведен на рис. 4:

Здесь видно, что данная модель (кривая 1) дает небольшую точность.

Это достаточно легко объясняется с точки зрения теории [2] – дело в том, что при вычисле-

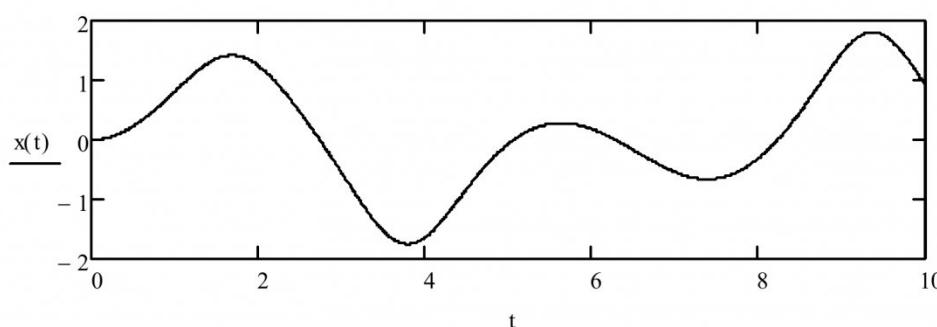


Рис. 3. Фрагмент реализации нелинейных колебаний

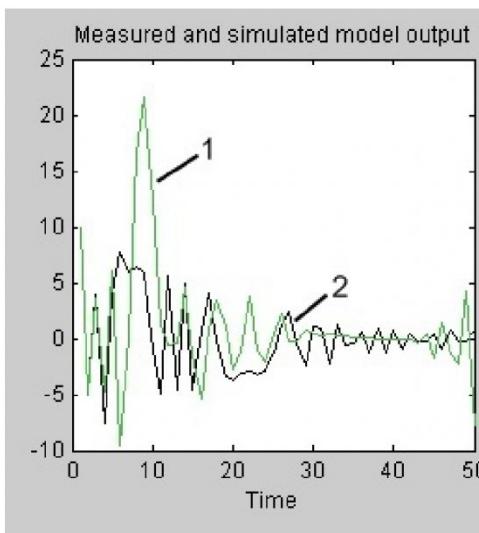


Рис. 4. Результат построение модели с использованием вейвлетов в качестве нелинейного элемента – средняя ошибка вычисления составляет 45%

ния вейвлет-преобразования используется так называемый материнский (базовый) вейвлет, и всё преобразование в целом представляет образ данной функции.

Таким образом, использование вейвлетных сетей в качестве нелинейных элементов при построении моделей (в отличие от случаев анализа свойств сигналов) оправдано только в тех случаях когда характер данных соответствует материнскому вейвлету.

Аналогичным образом были построены модели тестового объекта с использованием других нелинейных элементов, анализ точности показал, что оптимальной моделью является модель, по-

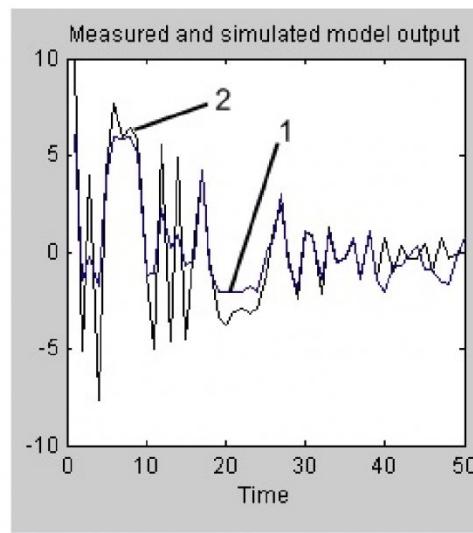


Рис. 5. Результат построение модели с использованием многослойных нейронных сетей в качестве нелинейного элемента – средняя ошибка вычисления составляет 45%

строенная по схеме Хаммерштейна-Виннера, с использованием многослойных искусственных нейронных сетей, обучающихся по методу обратного распространения ошибки.

Результат расчета точности данной модели приведен на рис. 5:

В принципе такой результат вполне предсказуем, т.к. из теоремы Стоуна-Вейерштрасса [3] следует, что искусственные нейронные сети имеют неограниченную аппроксимирующую способность, т.е. при помощи нейросети можно сколь угодно точно равномерно приблизить любую функцию на любом ограниченном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А.Б. Барский. - М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с. ил.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уинвер. – М.: Машиностроение, 1985. – 482 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. /С. Хайкин. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с. ил.

□ Авторы статьи:

Овсянников
Виктор Евгеньевич,
канд.техн. наук, старший преп.
каф. «Инновации и
менеджмента качества»
(Курганский государственный
университет)
Email: panz12@rambler.ru,

Терещенко
Владимир Юрьевич,
аспирант. каф. «Технология маши-
ностроения, металлорежущие
станки и инструменты»
(Курганский государственный
университет)
Email: panz12@rambler.ru,