



Санкт-Петербургский Государственный  
Политехнический Университет

Факультет Технической Кибернетики

Кафедра Компьютерные Системы и  
Программные Технологии

## О Т Ч Ё Т

*о лабораторной работе №2*

*«Активный эксперимент идентификации нелинейной системы»  
Вариант №12*

Выполнили: гр. 5081/10 Туркин Е.А

Преподаватель: Сабонис С.С.

Санкт-Петербург  
2011 г.

# 1. ИССЛЕДОВАТЬ ТОЧНОСТЬ МОДЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ ВИДА, ПРЕДПОЛАГАЯ, ЧТО ВХОДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ НЕ ИМЕЮТ ПОГРЕШНОСТИ:

linear – линейная,

interaction – линейная + попарные произведения,

purequadratic – квадратичная,

quadratic – квадратичная + попарные произведения

| Вариант | Функция модели                        | Инструментальная погрешность |
|---------|---------------------------------------|------------------------------|
| 12      | $y = -x_3 + x_1^{x_2} + 2x^3 x^4 x^5$ | 6%                           |

## 1.1 Определить диапазон изменения переменных.

$$x_1 \in [1;2]; \quad x_2 \in [2;3]; \quad x_3 \in [3;4]; \quad x_4 \in [4;5]; \quad x_5 \in [5;6]$$

## 1.2 Сформировать D-план (функция cordexch), используя минимально возможные значения параметра NRUNS (количество экспериментов);

1) linear

$$P = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6$$

2) interaction

$$P = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_1x_4 + a_{10}x_1x_5 + a_{11}x_2x_3 + a_{12}x_2x_4 + a_{13}x_2x_5 + a_{14}x_3x_4 + a_{15}x_3x_5 + a_{16}x_4x_5$$

3) quadratic

$$P = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_1x_4 + a_{10}x_1x_5 + a_{11}x_2x_3 + a_{12}x_2x_4 + a_{13}x_2x_5 + a_{14}x_3x_4 + a_{15}x_3x_5 + a_{16}x_4x_5 + a_{17}x_1^2 + a_{18}x_2^2 + a_{19}x_3^2 + a_{20}x_4^2 + a_{21}x_5^2$$

4) purequadratic

$$P = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6 + a_7x_1^2 + a_8x_2^2 + a_9x_3^2 + a_{10}x_4^2 + a_{11}x_5^2$$

Число этапов моделирования для различных типов моделей соответствует числу коэффициентов в аппроксимирующем полиноме:

- linear – 6;
- interaction – 16;
- quadratic – 21;
- purequadratic – 11.

Матрицы S D-оптимального плана:

$$S_{lin} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$$

|           |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|
|           | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  |
|           | 1  | -1 | -1 | 1  | -1 |
| S_int =   |    |    |    |    |    |
|           | -1 | 1  | -1 | -1 | -1 |
|           | 1  | -1 | 1  | -1 | 1  |
|           | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 |
|           | 1  | 1  | -1 | 1  | 1  |
|           | 1  | -1 | -1 | 1  | 1  |
|           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|           | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  |
|           | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 |
|           | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 |
|           | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 |
|           | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 |
|           | 1  | 1  | -1 | -1 | 1  |
|           | -1 | -1 | -1 | -1 | 1  |
|           | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  |
|           | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 |
|           | -1 | 1  | 1  | -1 | 1  |
| S_pquad = |    |    |    |    |    |
|           | 0  | -1 | 0  | -1 | -1 |
|           | -1 | 1  | 0  | 1  | 0  |
|           | 0  | -1 | -1 | 1  | 1  |
|           | -1 | -1 | -1 | 0  | 0  |
|           | -1 | 0  | -1 | 1  | -1 |
|           | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|           | 0  | 0  | -1 | 0  | 0  |
|           | 1  | 1  | -1 | -1 | 1  |
|           | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|           | -1 | 0  | 0  | 0  | 1  |
|           | 1  | 1  | 0  | 0  | -1 |
| S_quad =  |    |    |    |    |    |
|           | 0  | -1 | -1 | -1 | 1  |
|           | 1  | 0  | -1 | 1  | 1  |
|           | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 |
|           | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 |
|           | 1  | -1 | 1  | -1 | 1  |
|           | 1  | -1 | -1 | -1 | -1 |
|           | -1 | 1  | -1 | -1 | -1 |
|           | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  |
|           | -1 | 1  | 1  | -1 | 1  |
|           | -1 | 0  | -1 | -1 | 0  |
|           | 1  | 1  | -1 | -1 | 1  |
|           | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 |
|           | 1  | -1 | -1 | 1  | 0  |
|           | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  |
|           | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|           | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  |
|           | -1 | -1 | 1  | -1 | -1 |
|           | -1 | -1 | 0  | 0  | 1  |
|           | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
|           | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 |

|   |   |   |    |    |
|---|---|---|----|----|
| 1 | 1 | 1 | -1 | -1 |
|---|---|---|----|----|

### 1.3 Определить коэффициенты аппроксимирующего полинома (функция rstool);

|            |              |
|------------|--------------|
| beta_lin = | beta_pquad = |
| -388.5030  | 6.6917       |
| 2.9284     | -10.8003     |
| 4.1499     | 53.8829      |
| 49.9115    | 64.1713      |
| 40.1848    | -31.5209     |
| 34.8960    | -75.2220     |
|            | 6.7110       |
| beta_int = | -10.3994     |
| 154.6667   | -2.2011      |
| -7.6667    | 7.7727       |
| 1.3333     | 9.7727       |
| -47.0000   |              |
| -35.3333   | beta_quad =  |
| -28.6667   | 232.3387     |
| 3.3333     | -5.8605      |
| 0.3333     | 0.9238       |
| 0.3333     | -49.6926     |
| 0.3333     | -54.7307     |
| -0.3333    | -40.2805     |
| -0.3333    | 2.9197       |
| -0.3333    | -0.0340      |
| 10.6667    | 0.0340       |
| 8.6667     | 0.1314       |
| 6.6667     | 0.0340       |
|            | -0.0340      |
|            | -0.1314      |
|            | 10.9197      |
|            | 9.0170       |
|            | 6.9830       |
|            | 0.9130       |
|            | -0.4962      |
|            | -0.0831      |
|            | 1.8498       |
|            | 0.8081       |

### 1.4 Сформировать тестовую случайную последователь и проверить точность полученной модели по относительной погрешности, нормированной по значению идеальной модели.

Оценка точности аппроксимации вычисляется по следующей формуле.

$$\varepsilon = \max_{i=1..N} \frac{y_M(X_i) - y(X_i)}{y(X_i)}, \text{ где } X \text{—случайно сформированный тестовый вектор,}$$

выборка N = 10000.

|           |           |
|-----------|-----------|
| eps_lin = | eps_int = |
| 0.0067    | 0.0021    |

eps\_pquad =  
0.0064

eps\_quad =  
0.0079

## 2. ИССЛЕДОВАТЬ ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ПОЛУЧАЕМУЮ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ПОГРЕШНОСТЬ

2.1 Построить зависимости значений относительной погрешности для каждой модели от количества экспериментов (повторить пункты 1.2 – 1.4 для различных значений количества экспериментов в плане NRUNS).

Модель: linear

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 6      | 10     | 20     | 40     |
| Eps   | 0.0067 | 0.0064 | 0.0070 | 0.0073 |

Модель: interaction

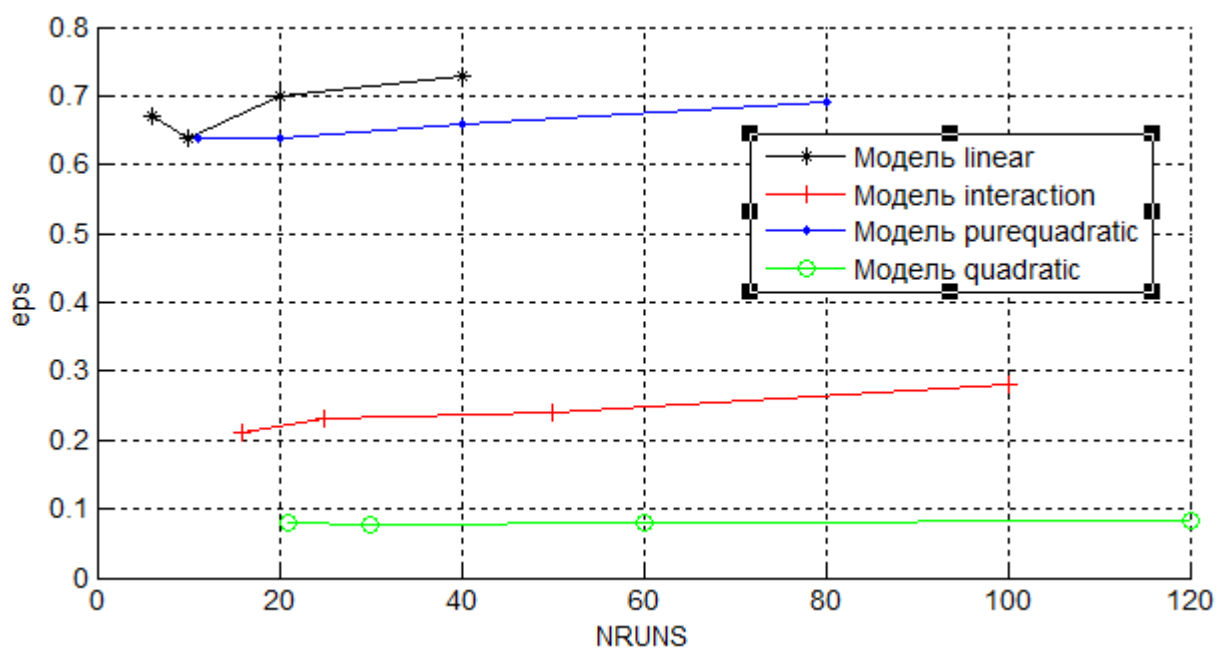
|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 16     | 25     | 50     | 100    |
| Eps   | 0.0021 | 0.0023 | 0.0024 | 0.0028 |

Модель: purequadratic

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 11     | 20     | 40     | 80     |
| Eps   | 0.0064 | 0.0064 | 0.0066 | 0.0069 |

Модель: quadratic

|       |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| NRUNS | 21      | 30      | 60      | 120     |
| Eps   | 0.00079 | 0.00077 | 0.00079 | 0.00084 |



### 3. ПРОВЕСТИ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА СТОХАСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ (ПОВТОРИТЬ ПУНКТЫ 1 – 2). ПОДРАЗУМЕВАЕТСЯ, ЧТО ОБУЧЕНИЕ ПРОИСХОДИТ ПРИ СНЯТИИ ЗНАЧЕНИЙ ВХОДНЫХ ДАННЫХ С ЗАДАННОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ.

Стохастическая система моделируется путем добавления к рассчитанным значениям случайной составляющей с равномерным распределением в диапазоне  $[-0.06 \cdot X_n; 0.06 \cdot X_n]$  в соответствии с заданным значением инструментальной погрешности 6%.

Модель: linear

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 6      | 10     | 20     | 40     |
| Eps   | 0.0190 | 0.0087 | 0.0113 | 0.0072 |

Модель: interaction

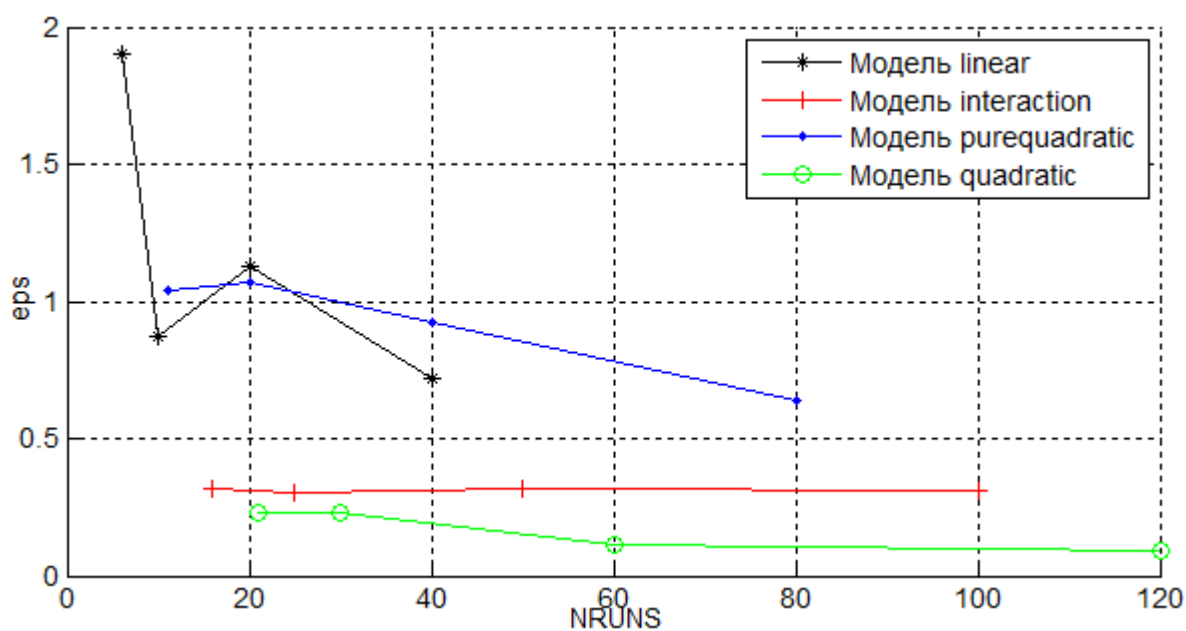
|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 16     | 25     | 50     | 100    |
| Eps   | 0.0032 | 0.0030 | 0.0032 | 0.0031 |

Модель: purequadratic

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| NRUNS | 11     | 20     | 40     | 80     |
| Eps   | 0.0104 | 0.0107 | 0.0092 | 0.0064 |

Модель: quadratic

|       |        |        |        |         |
|-------|--------|--------|--------|---------|
| NRUNS | 21     | 30     | 60     | 120     |
| Eps   | 0.0023 | 0.0023 | 0.0011 | 0.00093 |



#### **4. ВЫВОДЫ**

Наибольшую точность при моделировании обеспечивает модель `quadratic`, это объясняется тем, что полином, использующийся при вычислениях, имеет более высокий порядок, по сравнению с остальными. При добавлении к измерениям инструментальной погрешности точность моделирования ухудшается, повысить точность можно увеличением числа экспериментов `NRUNS`.