

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

**Лабораторная работа №2 (Активный эксперимент
идентификации нелинейной системы)**

Дисциплина: Идентификация и диагностика СУ

Вариант №12

Выполнил студент гр. 13541/1

(подпись) Смирнов М.И.

Руководитель

(подпись) Сабонис С.С.

“ _ ” _____ 2017 г.

Санкт – Петербург
2017

Содержание

Задание	3
Решение.....	5
1. Исследовать точность модели в зависимости от ее вида, предполагая, что входные величины не имеют погрешности.	5
1.1. Определить диапазон изменения переменных.	5
1.2. Исследовать точность модели в зависимости от ее вида, предполагая, что входные величины не имеют погрешности.	5
1.3. Определить коэффициенты аппроксимирующего полинома (функция <code>rstool</code>);	7
1.4. Сформировать тестовую случайную последовательность и проверить точность полученной модели по относительной погрешности, нормированной по значению идеальной модели.....	8
2. Исследовать влияние количества экспериментов на получаемую относительную погрешность, 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).....	9
3. Провести моделирование на стохастической системе, то есть исследовать точность каждой модели, предполагая, что обучение происходит при снятии значений входных данных с заданной инструментальной погрешностью.	10
Вывод	11

Задание

Вариант №12:

Функция модели	Инструментальная погрешность
$y = -x + x^2_3 + 2x^3_3 x^4_3 x^5_3$	6%

Сформировать оптимальный D-план экспериментов для получения модели исследуемой системы с заданной точностью при различных условиях.

Модель задана формулой $y = f(X)$.

Программа работы:

В работе рассматриваются следующие виды моделей:

linear – линейная,

interaction – линейная + попарные произведения,

purequadratic – квадратичная,

quadratic – квадратичная + попарные произведения.

1. Исследовать точность каждой модели, предполагая, что входные величины не имеют погрешности:

1.1. Определить диапазон изменения переменных;

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

1.3. Определить коэффициенты аппроксимирующего полинома (функция `rstool`);

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

2. Исследовать влияние количества экспериментов на получаемую относительную погрешность, 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).

3. Провести моделирование на стохастической системе, то есть исследовать точность каждой модели, предполагая, что обучение происходит при снятии значений входных данных с заданной инструментальной погрешностью:

3.1. Определить диапазон изменения переменных;

3.2. Сформировать D-план (функция `cordexch`), используя минимально возможные значения параметра NRUNS (количество экспериментов);

3.3. Определить коэффициенты аппроксимирующего полинома (функция `rstool`);

3.4. Сформировать тестовую случайную последовательность и проверить точность полученной модели по относительной погрешности, нормированной по значению идеальной модели.

4. Исследовать влияние количества экспериментов на получаемую относительную погрешность, построить зависимости значений относительной погрешности для каждой модели от количества экспериментов (повторить пункты 3.2 – 3.4 для различных значений количества экспериментов в плане NRUNS).

Решение

1. Исследовать точность модели в зависимости от ее вида, предполагая, что входные величины не имеют погрешности.

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 Исследовать точность модели в зависимости от ее вида, предполагая, что входные величины не имеют погрешности.

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 последовательность и проверить точность полученной модели по относительной погрешности, нормированной по значению идеальной модели.

Оценка точности аппроксимации вычисляется по следующей формуле:

$$\varepsilon = \max_{i=1..N} \frac{y_m(X_i) - y(X_i)}{y(X_i)};$$

где X—случайно сформированный тестовый вектор,выборка N = 10000.

eps_lin = 0.0067	eps_int = 0.0021
eps_pquad = 0.0064	eps_quad = 0.0079

2. Исследовать влияние количества экспериментов на получаемую относительную погрешность, 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

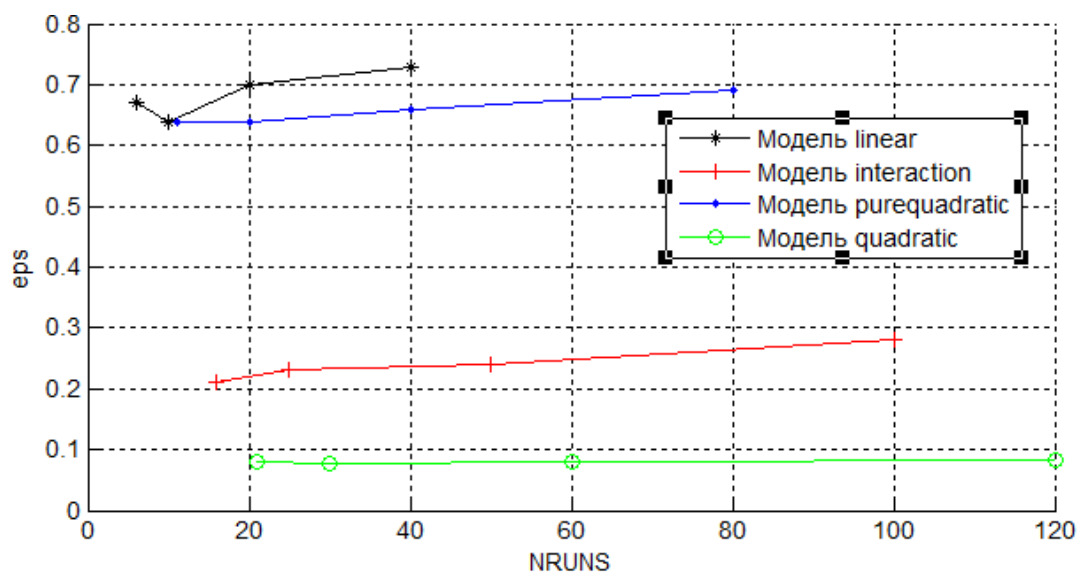
NRUNS	16	25	50	100
Eps	0.0021	0.0023	0.0024	0.0028

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, то есть исследовать точность каждой модели, предполагая, 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

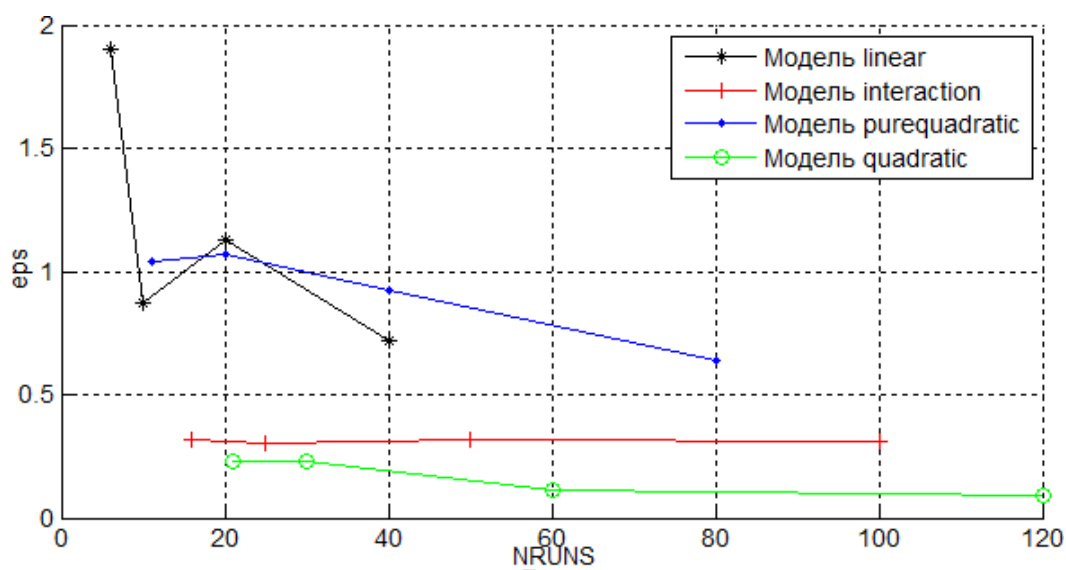
NRUNS	16	25	50	100
Eps	0.0032	0.0030	0.0032	0.0031

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



Вывод

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.