

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА ВИМІРЮВАНЬ МЕТОДОМ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ

При моделюванні об'єкта вимірювань (ОВ) одним із завдань є визначення (ідентифікація) його динамічних характеристик. Ця задача може бути вирішена за методом взаємної кореляційної функції (ВКФ) вхідного і вихідного сигналів.

При дослідженні даного методу будемо припускати, що процеси, що протікають в ОВ, стаціонарні і ергодичні.

Точне рішення задачі ідентифікації вимагає спостереження за процесами, які досліджуються, на достатньо великому (теоретично нескінченному) відрізку часу. Але в реальній системі потрібно обмежувати час спостереження, поширюючи отримані дані на нескінченний інтервал спостереження. Отримані при такому підході результати будуть наближеними.

Оцінка ступеня такого наближення – одне з важливих завдань, що вирішуються при моделюванні ОВ.

5.1. План проведення практичного заняття

1. Стисло нагадати теоретичні відомості, необхідні для виконання індивідуального завдання практичного заняття.

2. Виконати попередній аналіз початкових даних індивідуального варіанту (див. табл. 4.1).

3. Імпульсну характеристику отримуємо, якщо на вхід ОВ подані випадкові числа (псевдовипадкова бінарна послідовність) від цифрового генератора шуму і визначимо ВКФ входу і виходу:

$$R_{xy}(n) = \lim_{N \rightarrow \infty} 1/(2N+1) \sum_i y(i)x(i-n), \quad (5.1)$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$, N – кількість дискретних відліків вхідного $x(i)$ та вихідного $y(i)$ сигналів.

Обмежуючись кінцевими вибірками сигналів $x(i)$ та $y(i)$, маємо:

$$R_{xy}(n) = 1/(N-n) \sum_{i=1}^{N-n} y(i)x(i+n). \quad (5.2)$$

4. Для оцінки якості цифрового генератора шуму обчислюється його автокореляційна функція (АКФ):

$$R_{xx}(n) = 1/(N-n) \sum_{i=1}^{N-n} x(i)x(i+n). \quad (5.3)$$

5. Розробити програму, яка буде генерувати псевдовипадкову бінарну послідовність, обчислювати її АКФ, подавати цю послідовність на вхід ОВ, обчислювати ВКФ та імпульсну характеристику ОВ.

5.2. Приклад виконання завдання на практичне заняття

Порахуємо АКФ для генератора випадкових чисел на основі псевдовипадкової бінарної послідовності, яку отримали на практичному занятті № 3 (рис. 5.1).

Подамо ці числа на вхід ОВ, заданого різницеvim рівнянням (табл. 5.1).



Рис. 5.1.

Таблиця 5.1

Вхідний сигнал ОВ від генератора випадкових чисел	01011001001101100100
Різницеве рівняння ОВ	$y(n) = 1,9x_n - 0,9y_{n-1}$

Імпульсну характеристику отримуємо, якщо на вхід ОВ подані випадкові числа (псевдовипадкова бінарна послідовність) від цифрового генератора шуму і визначимо ВКФ входу і виходу.

Розробимо програму, яка буде генерувати псевдовипадкову бінарну послідовність, обчислювати її АКФ, подавати цю послідовність на вхід ОВ, обчислювати ВКФ та імпульсну характеристику ОВ.

Таблица 5.2

k	$N-k$	X_1^{k+1}	X_2^{k+2}	X_3^{k+3}	X_4^{k+4}	X_5^{k+5}	X_6^{k+6}	X_7^{k+7}	X_8^{k+8}	X_9^{k+9}	X_{10}^{k+10}	X_{11}^{k+11}	X_{12}^{k+12}	X_{13}^{k+13}	X_{14}^{k+14}	X_{15}^{k+15}	X_{16}^{k+16}	X_{17}^{k+17}	X_{18}^{k+18}	X_{19}^{k+19}	X_{20}^{k+20}	АКФ
0	20	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0,45
1	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1579
2	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1111
3	17	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,3529
4	16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0,3125
5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
6	14	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0,3571
7	13	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,4615
8	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1667
9	11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,2727
10	10	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0,8000
11	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,3333
12	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25
13	7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0,8571
14	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0,8333
15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
16	4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1,2500
17	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2,000
18	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1,000
19	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3,000

Таблиця 5.3

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Xi	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Yi	0,00	0,00	1,90	-1,71	3,44	-1,20	1,08	-0,97	2,77	-2,49	2,24
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Xi	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
Yi	-0,12	2,01	1,81	3,53	-1,27	1,15	-1,03	2,83	-2,55	2,29	

Лістинг програми моделювання

```

program practik5;
uses crt;
label l1;
var x: array[0..40] of real;
    y: array[0..19,-1..22] of real; {AKF}
    y1: array[-2..100] of real; {for BKF}
    y2: array[0..19,-1..22] of real; {BKF}
    i,i2,j,n,n1,n2,k: integer;
    num: integer;
    a,b: real;
    f1: text;

begin clrscr;
assign(f1,'pr5.doc'); rewrite(f1);
n:=20;
k:=0;
writeln('Введіть X[1] - X[20]; {0;1}');
writeln;
l1: writeln('1-Варіант для прикладу; 2-Введіть свої
параметри;'); readln(num);

case num of
1: begin
    x[0]:=0;
    x[1]:=0; x[2]:=0; x[3]:=0; x[4]:=0; x[5]:=0;
    x[6]:=1; x[7]:=1; x[8]:=0; x[9]:=0; x[10]:=0;
    x[11]:=1; x[12]:=1; x[13]:=1; x[14]:=1; x[15]:=0;
    x[16]:=1; x[17]:=1; x[18]:=0; x[19]:=0; x[20]:=1;

    for i:=1 to 20 do begin
        i2:=i+20;
        x[i2]:=x[i];
    end;
end;

2: begin
    x[0]:=0;
    for i:=1 to 20 do begin
        write('x[' ,i, ']='); read(x[i]);

```

```

        i2:=i+20;
        x[i2]:=x[i];
    end;
end;
else writeln('Повтор'); goto l1;
end;

writeln('X:=');
writeln(' 1| 2| 3| 4| 5| 6| 7| 8|
9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|');
for i:=1 to 20 do begin
write(X[i]:2:0,'i');
end;
writeln;
writeln('21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|36|
37|38|39|40|');
for i:=21 to 40 do begin
write(X[i]:2:0,'i');
end;

writeln(f1,'X:=');
writeln(f1,' 1| 2| 3| 4| 5| 6| 7| 8|
9|10|11|12|13|14|15|16|17|18|19|20|');
for i:=1 to 20 do begin
write(f1,X[i]:2:0,'i');
end;
writeln(f1);
writeln(f1,'21|22|23|24|25|26|27|28|29|30|31|32|33|34|35|
36|37|38|39|40|');
for i:=21 to 40 do begin
write(f1,X[i]:2:0,'i');
end;
writeln;writeln(f1);

writeln(f1,'AKΦ'); writeln('AKΦ');

for i:=0 to 19 do begin
    y[i,-1]:=i;
    y[i,0]:=n-i;

    for j:=1 to 20 do begin
        y[i,j]:=x[j]*x[i+j]
    end;

    y[i,21]:=0;

    for j:=1 to 20 do begin

```

```

        if (y[i,j]=1) then y[i,21]:=y[i,21]+1
    end;

    y[i,22]:=y[i,21]/y[i,0];
end;
write(f1,' k|n1| 1| 2| 3| 4| 5| 6| 7| 8| 9|10');
write(f1,' |11|12|13|14|15|16|17|18|19|20| S| AKΦ');
writeln(f1);

for i:=0 to 19 do begin
    n1:=n-i;
    write(f1,i:2,'i');
    write(f1,n1:2,'i');

    for j:=1 to 21 do begin
        write(f1,y[i,j]:2:0,'i');
    end;

    write(f1,y[i,22]:2:4);
    writeln(f1);

end;
writeln(f1);writeln(f1);
writeln('OB1');
writeln;
writeln('OU-1:  $y[n]=A*x[n]+B*y[n-1]$ ');
write(' Параметр A='); readln(a);
write(' Параметр B='); readln(b);

writeln(f1,'OB1');
writeln(f1);
writeln(f1,'OU-1:  $y[n]=A*x[n]+B*y[n-1]$ ');
writeln(f1,' Параметр A=',a:3:3);
writeln(f1,' Параметр B=',b:3:3);

y1[-1]:=0;
for i:=0 to 20 do begin
    y1[i]:=A*x[i]+B*y1[i-1];
end;

write(f1,' N'); for i:=0 to 10 do begin write(f1,'i
',i:4); end;
writeln(f1);
write(f1,'Xi'); for i:=0 to 10 do begin write(f1,'i
',x[i]:4:0); end;
writeln(f1);

```

```

write(f1,'Yi'); for i:=0 to 10 do begin write(f1,'i
',y1[i]:4:2); end;
writeln(f1);writeln(f1);

write(f1,' N'); for i:=11 to 20 do begin write(f1,'i
',i:4); end;
writeln(f1);
write(f1,'Xi'); for i:=11 to 20 do begin write(f1,'i
',x[i]:4:0); end;
writeln(f1);
write(f1,'Yi'); for i:=11 to 20 do begin write(f1,'i
',y1[i]:4:2); end;

writeln(f1);
writeln(f1,'BKΦ'); writeln('BKΦ');

for i:=0 to 19 do begin

    y2[i,-1]:=i;
    y2[i,0]:=2*n+1;

    for j:=1 to 20 do begin
        y2[i,j]:=y1[j]*x[i+j]
    end;
    y2[i,21]:=0;
    for j:=1 to 20 do begin
        y2[i,21]:=y2[i,21]+y2[i,j]
    end;
    y2[i,22]:=y2[i,21]/y2[i,0];
end;
write(f1,' k|   1|   2|   3|   4|   5|   6|   7|   8|
9|  10');
write(f1,'|  11|  12|  13|  14|  15|  16|  17|  18|  19|
20|   S|  BKF');
writeln(f1);

for i:=0 to 19 do begin
    n2:=2*n+1;
    write(f1,i:2,'i');

    for j:=1 to 21 do begin
        write(f1,y2[i,j]:3:2,'i');
    end;

    write(f1,y2[i,22]:2:4);
    writeln(f1);
end;

```

```
close(f1);  
readkey  
end.
```

Результати моделювання

Вхідний сигнал

i=	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
x(i)=	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1

i=	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
x(i)=	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0

i=	34	35	36	37	38	39	40
x(i)=	1	1	0	0	1	0	0

Автокореляційна функція

k	n1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	S	AKΦ
											0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	S	
0	20	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	9	0.4500
1	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0.1579
2	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1111
3	17	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0.3529
4	16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5	0.3125
5	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
6	14	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0.3571
7	13	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	0.4615
8	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.1667
9	11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.2727
10	10	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	8	0.8000
11	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0.3333
12	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2500
13	7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	6	0.8571
14	6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5	0.8333
15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
16	4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	5	1.2500
17	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	6	2.0000
18	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1.0000
19	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	3.0000

Взаємна кореляційна функція

ОУ1: $y[n] = A \cdot x[n] + B \cdot y[n-1]$

Параметр $A = 1.900$

Параметр $B = -0.900$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10							
x_i	0	0	1	0	1	1	0	0	1
	0	0							
y_i	0.00	0.00	1.90	-1.71	3.44	-1.20	1.08	-0.97	2.77
	2.49	2.24							

n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x_i	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
y_i	-0.12	2.01	-1.81	3.53	-1.27	1.15	-1.03	2.83	-2.55	2.29

5.3. Контрольні запитання

1. Дайте визначення перехідної та імпульсної характеристик ОВ.
2. Дайте пояснення фізичного змісту методу обчислення вихідної реакції ОВ шляхом згортки вхідного впливу і імпульсної характеристики ОВ.
3. Що таке взаємна кореляційна функція ОВ?
4. Чим відрізняється імпульсна характеристика ОВ від ВКФ у випадку подачі на вхід “білого” шуму?
5. Які властивості повинні мати сигнали, що використовуються для ідентифікації ОВ за методом взаємної кореляційної функції?
6. Намалюйте структурну схему для визначення динамічних характеристик ОВ в реальному масштабі часу. Поясніть її роботу.
7. Як одержати рівняння, що описує ОВ, по його передаточній функції?
8. Визначить вигляд перехідної характеристики аперіодичного ОВ першого порядку при таких значеннях коефіцієнта α в передаточній функції: 0,5; 1; 1,5; 2,0; 2,5.

