ภาคผนวก ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างโปรแกรมย่อยสำหรับการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนและการสร้างข้อมูล

```
Clear;
n = input ('Please enter n :');
rho = input ('Please enter rho :');
mu = 0; sigma = 5;
sig_E = sqrt(sigma^2/(1-rho^2));
E0 = normrnd(mu,sig_E);
beta0 = 1; beta1 = 1; beta2 = 1; beta3 = 1; beta4 = 1;
x1 = zeros(n,1); x2 = zeros(n,1); x3 = zeros(n,1); x4 = zeros(n,1);
y = zeros(n,1); E = zeros(n,1); u = zeros(n,1);
for i = 1:n
        u(i) = normrnd(0,5);
        v1(i) = normrnd(0,1);
        v2(i) = normrnd(0,1);
        v3(i) = normrnd(0,1);
        v4(i) = normrnd(0,1);
        if  i > 1
                E(i) = rho*E(i-1) + u(i);
        else
                E(1) = rho*E0 + u(i);
        end
        x1(i) = i + v1(i);
        x2(i) = i + v2(i);
        x3(i) = i + v3(i);
        x4(i) = i + v4(i);
        y(i) = beta0 + beta1*x1(i) + beta2*x2(i) + beta3*x3(i) + beta4*x4(i) + E(i);
end
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

```
%% Ordinary Least Square Method
X = [x1,x2,x3,x4];
x = [ones(n,1) X];
b = inv(x'*x)*x'*y;
yhat = x*b;
e = y - yhat;
SST = y'*y - n*(mean(y)^2) ;
SSE = y'*y - b'*x'*y;
R2 = 1 - (SSE/SST);
mse = SSE/(n-4-1);
```

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีคอคแครนและออร์คัต

```
%% Cochrane-Orcutt Method
cn = 1;
cnt = 1;
chisquare = 3.84;
LM = chisquare + 1;
r_old = -1; r = 0;
SSE_c_old = 1; SSE_c = 0;
while ((LM >= chisquare) & (SSE_c_old >= SSE_c))
% estimate rho from  r
    for i = 1:n
        if i > 1
            e1(i,:) = e(i-1,:);
            A(i,:) = e(i,:)*e1(i,:);
            B(i,:) = e1(i,:)^2;
            r = sum(A)/sum(B);
        end
    end
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
while (abs(r_old-r) >= 0.001)
%% Use of the transformed variables yc, xc1, xc2, xc3 and xc4
    for i = 1:n
        if i > 1
            y1(i) = y(i-1);
            x11(i) = x1(i-1);
            x21(i) = x2(i-1);
            x31(i) = x3(i-1);
            x41(i) = x4(i-1);
            yc(i-1,:) = y(i) - r*y1(i);
            xc1(i-1,:) = x1(i) - r*x11(i);
            xc2(i-1,:) = x2(i) - r*x21(i);
            xc3(i-1,:) = x3(i) - r*x31(i);
            xc4(i-1,:) = x4(i) - r*x41(i);
        end
    end
    %% estimate parameters cording to Ordinary Least Square Method
    C = [xc1 xc2 xc3 xc4];
    c = [ones(n-1,1) c];
    bc = inv(c'*c)*c'*yc;
    ychat = c*bc;
    ec = yc - ychat;
    ec1 = ec(1:n-2);
    Lg = [xc1(2:end) xc2(2:end) xc3(2:end) xc4(2:end) ec1];
    l = [ones(n-2,1) Lg];
    b_lm = inv(l'*l)*l'*ec(2:end);
    SSTe = ec(2:end)'*ec(2:end) - (n-2)*(sum(ec(2:end))/(n-2))^2;
    SSEe = ec(2:end)'*ec(2:end)- b_lm'*l'*ec(2:end);
    r_square = 1 - (SSEe/SSTe);
    LM = (n-2)*r_square;
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
b0 = bc(1,1)/(1-r);
b1 = [b0;bc(2:end)];
SSE_c = yc'*yc - bc'*c'*yc;
hat = x*b1;
z = y - hat;
z1 = z(1:n - 1);
cnt = cnt +1;
e = z;
e1 = z1;
r_old = r;

% estimate rho from r
for i = 1:n
        if i > 1
                e1(i,:) = e(i-1,:);
                A(i,:) = e(i,:)*e1(i,:);
                B(i,:) = e1(i,:)^2;
                r = sum(A)/sum(B);
        end
end
max_r = max(r);
end % while (abs(r_old-r) >= 0.001) loop
for i = 1:n
        if i > 1
                y1(i) = y(i-1);
                x11(i) = x1(i-1);
                x21(i) = x2(i-1);
                x31(i) = x3(i-1);
                x41(i) = x4(i-1);
                yc(i-1,:) = y(i) - r*y1(i);
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
            xc1(i-1,:) = x1(i) - r*x11(i);
            xc2(i-1,:) = x2(i) - r*x21(i);
            xc3(i-1,:) = x3(i) - r*x31(i);
            xc4(i-1,:) = x4(i) - r*x41(i);
        end
    end

    CO = [xc1 xc2 xc3 xc4];
    c = [ones(n-1,1) CO];
    bc = inv(c'*c)*c'*yc;
    b0 = bc(1,1)/(1-max_r);
    b1 = [b0;bc(2:end)];
    ychat = c*bc;
    SSE_c_old = SSE_c;
    ec = yc - ychat;
    ec1 = ec(1:n-2);
    Lg = [xc1(2:end) xc2(2:end) xc3(2:end) xc4(2:end) ec1];
    l = [ones(n-2,1) Lg];
    b_lm = inv(l'*l)*l'*ec(2:end);
    SSTe = ec(2:end)'*ec(2:end) - (n-2)*(sum(ec(2:end))/(n-2))^2;
    SSEe = ec(2:end)'*ec(2:end)- b_lm'*l'*ec(2:end);
    r_square = 1 - (SSEe/SSTe);
    LM = (n-2)*r_square;

    hat = x*b1;
    z = y - hat;
    z1 = z(1:n - 1);
    cn = cn +1;
    e = z;
    e1 = z1;
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
SST_c = yc'*yc - (n-1)*mean(yc)^2;
SSE_c = yc'*yc - bc'*c'*yc;
R2_c = 1- (SSE_c/SST_c);
mse_c = SSE_c/((n-1)-4-1);
end     % while ((LM >= chisquare)&(SSE_c_old >= SSE_c))
```

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีฮิลเดรธและลู

```
%% Hildreth and Lu Method
cntt = 1;
%% find the value of Rho that minimizes SSE
for  Rho = -1:0.01:1
    for i = 1:n
        if i > 1
            y1(i) = y(i-1);
            x11(i) = x1(i-1);
            x21(i) = x2(i-1);
            x31(i) = x3(i-1);
             x41(i) = x4(i-1);
            yh(i-1,:) = y(i) - Rho*y1(i);
            xh1(i-1,:) = x1(i) - Rho*x11(i);
            xh2(i-1,:) = x2(i) - Rho*x21(i);
            xh3(i-1,:) = x3(i) - Rho*x31(i);
            xh4(i-1,:) = x4(i) - Rho*x41(i);
        end
    end
    %% estimate parameters cording to ordinary least square method
    HL(:,:,cntt) = [xh1 xh2 xh3 xh4];
    h = [ones(n-1,1) HL(:,:,cntt)];
    bh = inv(h'*h)*h'*yh;
    yhhat = h*bh;
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
        SST_h(cntt) = yh'*yh - (n-1)*mean(yh)^2;
        SSE_h(cntt) = yh'*yh - bh'*h'*yh;
        R2_h(cntt) = 1 - (SSE_h(cntt)/SST_h(cntt));
        mse_h(cntt) = SSE_h(cntt)/((n-1)-4-1);
        eh(:,:,cntt) = yh - yhhat;
        cntt = cntt + 1;
end
min_SSE = min(SSE_h);
min_SSE_idx = find(SSE_h == min_SSE);
MSE_h = mse_h(min_SSE_idx);
Rsq_h = R2_h(min_SSE_idx);
```

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีผลต่างอันดับที่หนึ่ง

```
%% First different method
for i = 1:n
%% Use of the transformed variables yd, xd1, xd2, xd3 and xd4
%% and use of Rho = 1 in the transformed model
        if i > 1
                y1(i,:) = y(i-1);
                x11(i,:) = x1(i-1);
                x21(i,:) = x2(i-1);
                x31(i,:) = x3(i-1);
                x41(i,:) = x4(i-1);
                yd(i-1,:) = y(i) - y1(i);
                xd1(i-1,:) = x1(i) - x11(i);
                xd2(i-1,:) = x2(i) - x21(i);
                xd3(i-1,:) = x3(i) - x31(i);
                xd4(i-1,:) = x4(i) - x41(i);
        end
end
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
%% estimate parameters cording to ordinary least square method
D = [xd1 xd2 xd3 xd4];
bd = inv(D'*D)*D'*yd;
ydhat = D*bd;
SST_d = yd'*yd;
SSE_d = yd'*yd - bd'*D'*yd;
R2_d = 1 - (SSE_d/SST_d);
mse_d = SSE_d/((n-1)-4);
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ตาราง แสดงการตรวจสอบความคงที่ และความผกผันจากค่าพารามิเตอร์

ถึงแม้ว่าความคงที่และความผกผันจะสามารถตรวจสอบได้จากค่าราก (Roots) และแน่นอนว่า $|\lambda_i| < 1, |\upsilon_i| < 1$, เพื่อความรวดเร็วของการตรวจสอบบนพื้นฐาน ϕ_i และ θ_i สามารถทำได้โดยการประยุกต์ใช้ Routh-Hurwitz criterion ของทฤษฎี classical control สำหรับเงื่อนไขความคงที่ของตัวแบบ ARMA(p,q) จะมีเกณฑ์ในการทำเพื่อให้ได้ตามรูปแบบ ค่าพารามิเตอร์ ϕ_i จะถูกนำไปใช้ดังตาราง โดยที่ $\phi_0 = -1$:

แถว	พารามิเตอร์				
1	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	↖	ϕ_n
2	ϕ_n	ϕ_{n-1}	ϕ_{n-2}	↖	ϕ_0
3	a_0	a_1	a_2	↖	a_{n-1}
4	a_{n-1}	a_{n-2}	a_{n-3}	↖	a_0
5	b_0	b_1	b_2	↖	b_{n-2}
6	b_{n-2}	b_{n-3}	b_{n-4}	↖	b_0
↖	↖	↖	↖	↖	↖
$2n-3$	l_0	l_1	l_2		

สมาชิกของแถวที่ 3 และ 4 สามารถหาได้จาก

$$a_i = \begin{vmatrix} \phi_0 & \phi_{n-1} \\ \phi_n & \phi_i \end{vmatrix} = \phi_0\phi_i - \phi_n\phi_{n-1},$$

$$i = 0,1,2,\text{K}\ ,n-1,\ \phi_0 = -1$$

และสมาชิกของแถวที่ 5 และ 6 หาได้จาก

$$b_i = \begin{vmatrix} a_0 & a_{n-1-i} \\ a_{n-1} & a_i \end{vmatrix} = a_0a_i - a_{n-1}a_{n-1-i},$$

$$i = 0,1,2,\text{K}\ ,n-2$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จนกระทั่งถึงแถวที่ $2n-3$ ซึ่งแถวสุดท้ายนี้จะประกอบด้วยสมาชิกเพียง 3 ตัวเท่านั้น คือ l_0, l_1 และ l_2 ระบบนี้จะคงที่ก็ต่อเมื่อเงื่อนไขดังต่อไปนี้เป็นจริง

$$(i) \quad \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \mathrm{K} + \phi_n < 1$$

$$(ii) \quad -\phi_1 + \phi_2 - \phi_3 + \mathrm{K} + (-1)^n \phi_n < 1$$

$$(iii) \quad |\phi_n| < 1$$

$$|a_{n-1}| < |a_0|$$

$$|b_{n-2}| < |b_0|$$

$$\mathrm{K} \quad \mathrm{K} \quad \mathrm{K}$$

$$|l_2| < |l_0|$$

สำหรับการตรวจสอบความผกผันสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน แต่แทนที่ ϕ_i's ด้วย θ_i ตัวอย่างเช่น หากกำหนด $p = 2$ ต้องการหาเงื่อนไขความคงที่จากเงื่อนไข $(i), (ii)$ และ (iii) ดังนี้

$$\phi_1 + \phi_2 < 1$$

$$\phi_2 - \phi_1 < 1$$

$$|\phi_2| < 1$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบการเกิดอัตตสหสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อนหลังจากทำการประมาณค่า

หลังจากทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการต่างๆ และตรวจสอบแล้วว่าค่าประมาณของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ไม่เกิดอัตตสหสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบตัวคูณลากรานจ์ ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะแสดงแผนภาพการกระจายของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลา เพื่อตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการประมาณมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

เมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดอัตตสหสัมพันธ์อันดับที่ 2

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพการกระจาย พบว่า ค่าคลาดเคลื่อนกระจายรอบศูนย์ แสดงให้เห็นว่า ค่าคลาดเคลื่อนไม่มีอัตตสหสัมพันธ์ นอกจากนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และค่าความแปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนคงที่ ในทุกกรณีที่ศึกษา ดังนี้

กรณีที่ศึกษา

1. ตัวอย่างขนาด 15

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

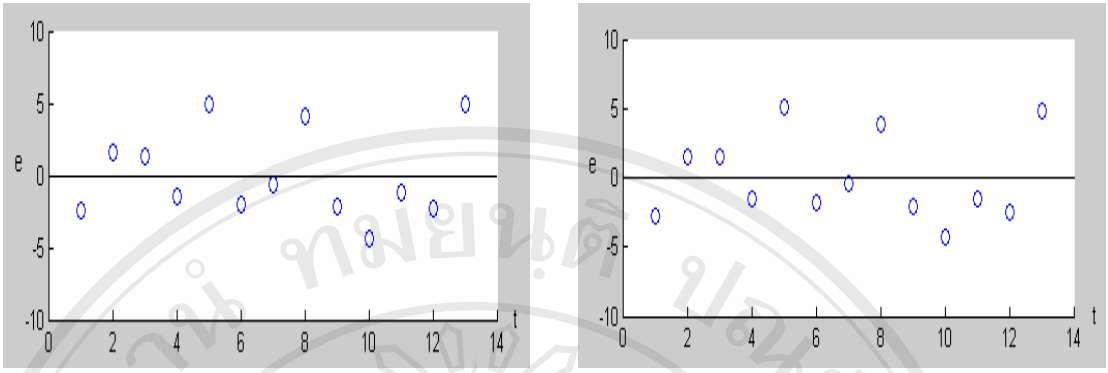
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 27.2253,\ R^2_{OLS} = 0.9419$$
$$MSE_{CO} = 16.9706,\ R^2_{CO} = 0.9285$$
$$MSE_{HL} = 16.4426,\ R^2_{HL} = 0.9051$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์ และมีความแปรปรวนคงที่

$$\bar{e}_{CO} = -9.0496 \times 10^{-12} \quad ,\ V(e_{CO}) = 9.3786$$
$$\bar{e}_{HL} = -6.4392 \times 10^{-12} \quad ,\ V(e_{HL}) = 9.4180$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

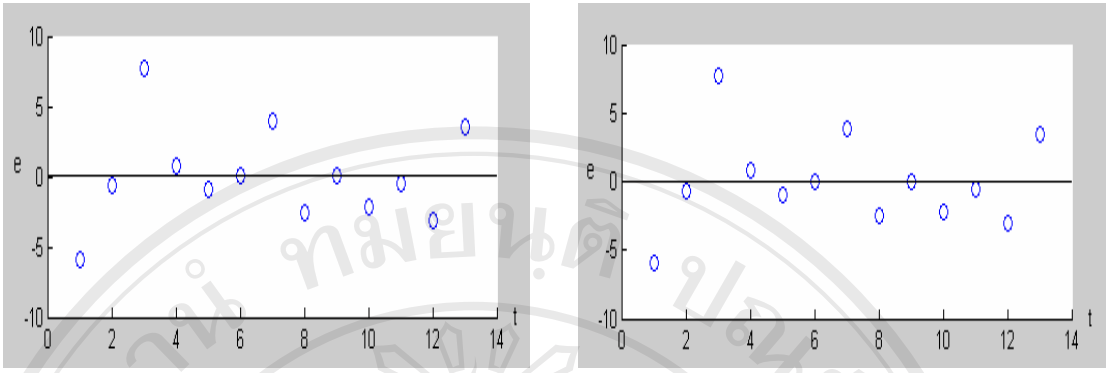
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 26.9715,\ R^2_{OLS} = 0.9689$$
$$MSE_{CO} = 18.0877,\ R^2_{CO} = 0.9641$$
$$MSE_{HL} = 18.0865,\ R^2_{HL} = 0.9638$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 9.0881 \times 10^{-13} \quad , V(e_{CO}) = 12.0585$$
$$\bar{e}_{HL} = -2.0357 \times 10^{-12} \quad , V(e_{HL}) = 12.0570$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

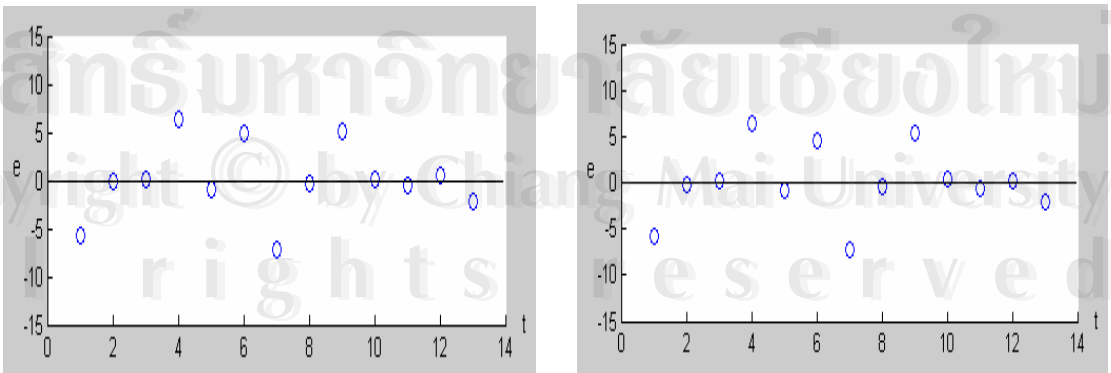
รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 26.6825,\ R^2_{OLS} = 0.9392$$
$$MSE_{CO} = 15.3781,\ R^2_{CO} = 0.9257$$
$$MSE_{HL} = 14.9068,\ R^2_{HL} = 0.9206$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -3.4140 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{CO}) = 15.0884$$
$$\bar{e}_{HL} = 5.1555 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{HL}) = 15.1309$$

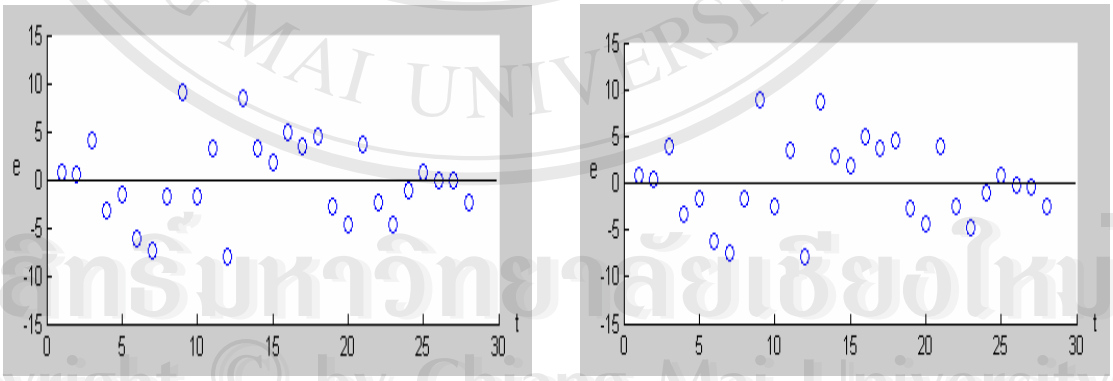
2. ตัวอย่างขนาด 30

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 31.1279,\ R^2_{OLS} = 0.9775$$
$$MSE_{CO} = 23.3706,\ R^2_{CO} = 0.9364$$
$$MSE_{HL} = 23.3379,\ R^2_{HL} = 0.9254$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

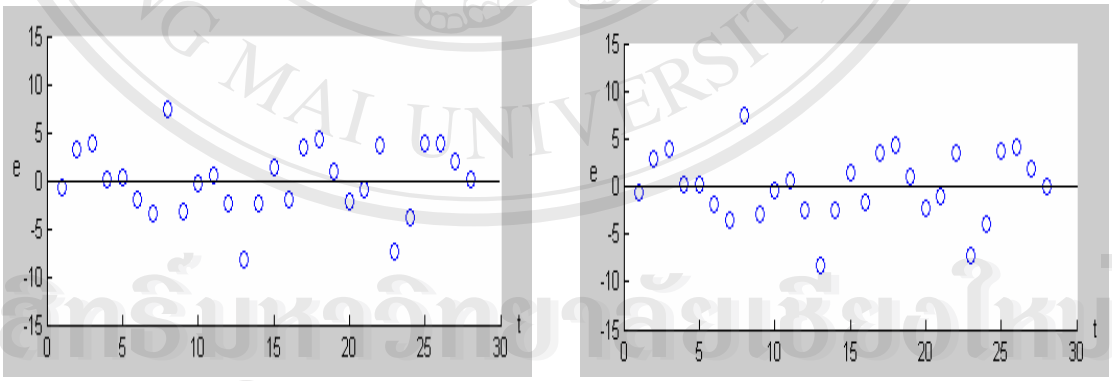
$$\bar{e}_{CO} = 2.9056 \times 10^{-14} \quad ,V(e_{CO}) = 18.7880$$
$$\bar{e}_{HL} = -6.7337 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{HL}) = 18.8188$$

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 30.0733,\ R^2_{OLS} = 0.9765$$
$$MSE_{CO} = 22.4877,\ R^2_{CO} = 0.9008$$
$$MSE_{HL} = 22.4460,\ R^2_{HL} = 0.8830$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม ดังนี้



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -2.8225 \times 10^{-13} \quad , V(e_{CO}) = 16.3729$$
$$\bar{e}_{HL} = -3.9169 \times 10^{-13} \quad , V(e_{HL}) = 16.4031$$

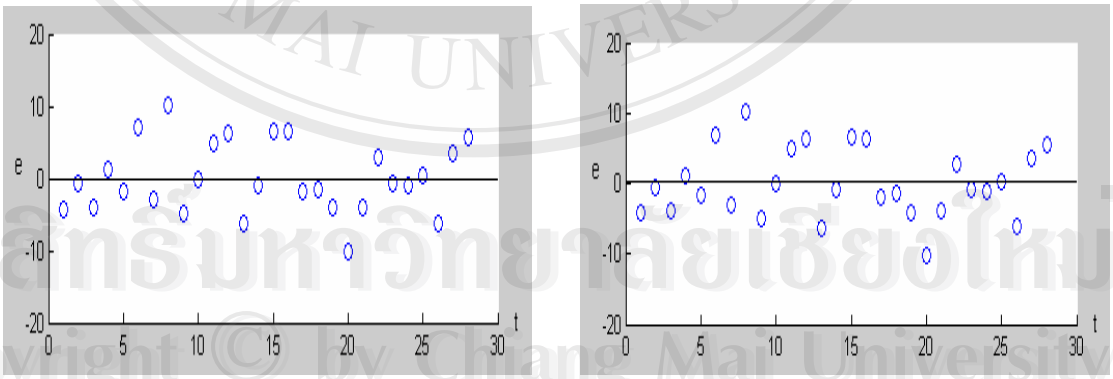
เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 35.3505, \; R^2_{OLS} = 0.9769$$
$$MSE_{CO} = 21.1391, \; R^2_{CO} = 0.8975$$
$$MSE_{HL} = 21.0877, \; R^2_{HL} = 0.8608$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -7.7398 \times 10^{-15} \quad , V(e_{CO}) = 23.7536$$
$$\bar{e}_{HL} = -5.773 \times 10^{-14} \quad , V(e_{HL}) = 23.7562$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ตัวอย่างขนาด 40

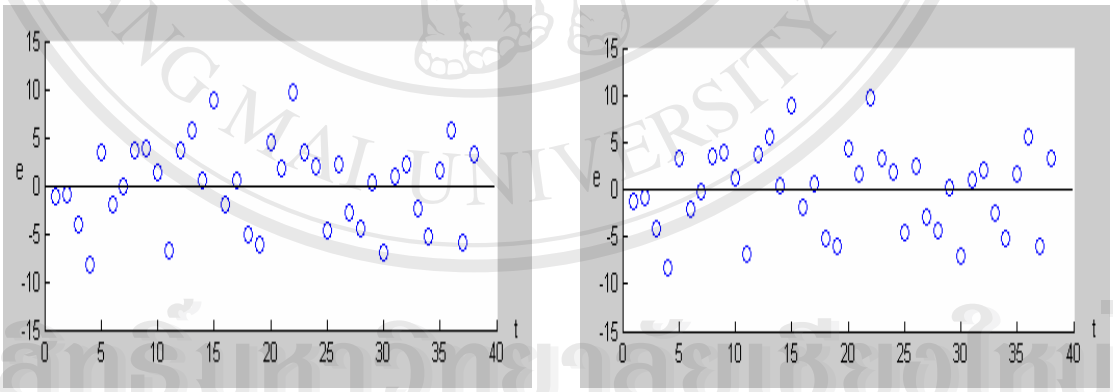
เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 32.3016,\ R^2_{OLS} = 0.9866$$
$$MSE_{CO} = 23.0783,\ R^2_{CO} = 0.9542$$
$$MSE_{HL} = 23.0593,\ R^2_{HL} = 0.9544$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และ เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -1.9218 \times 10^{-12} \quad , V(e_{CO}) = 19.6517$$
$$\bar{e}_{HL} = -1.7889 \times 10^{-12} \quad , V(e_{HL}) = 19.6576$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

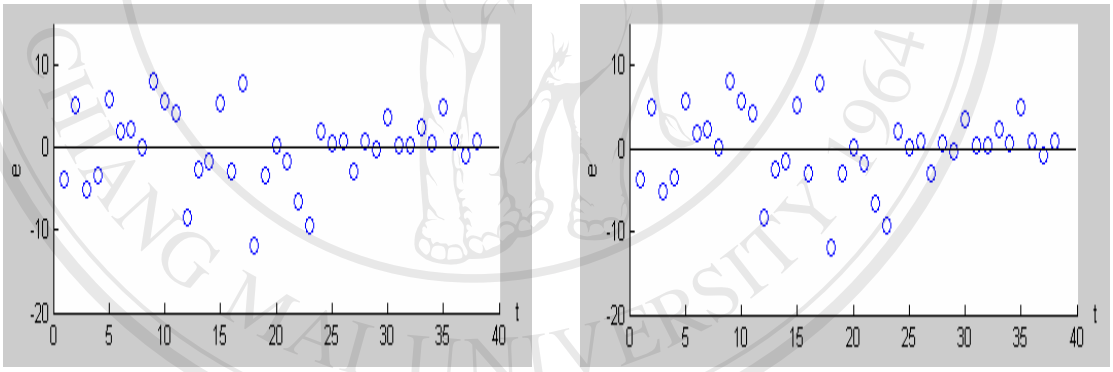
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 32.4060,\ R^2_{OLS} = 0.9860$$
$$MSE_{CO} = 21.5979,\ R^2_{CO} = 0.9310$$
$$MSE_{HL} = 21.5890,\ R^2_{HL} = 0.9160$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

จะได้ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -5.3291 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{CO}) = 20.3984$$
$$\bar{e}_{HL} = -2.6440 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{HL}) = 20.4044$$

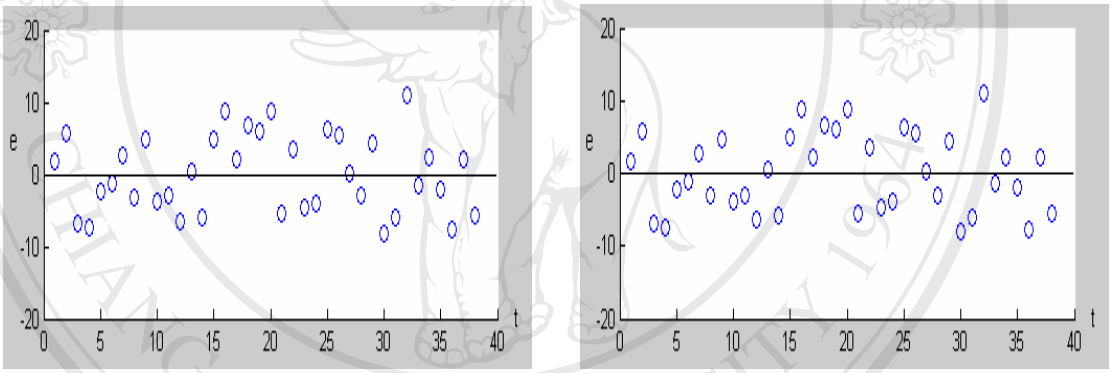
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 40.9036,\ R^2_{OLS} = 0.9835$$
$$MSE_{CO} = 23.4130,\ R^2_{CO} = 0.8878$$
$$MSE_{HL} = 23.4064,\ R^2_{HL} = 0.9083$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -3.9173 \times 10^{-14} \quad , V(e_{CO}) = 28.3644$$
$$\bar{e}_{HL} = 6.2733 \times 10^{-14} \quad , V(e_{HL}) = 28.3657$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

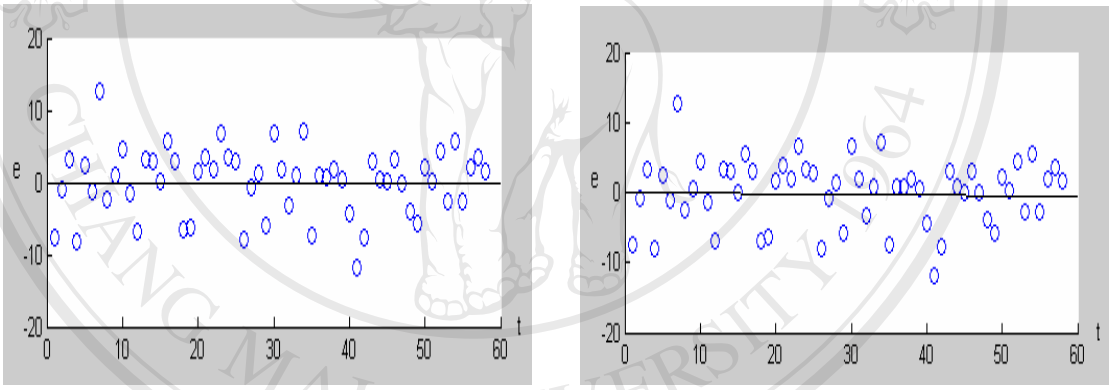
4. ขนาดตัวอย่าง 60

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 33.4273,\ R^2_{OLS} = 0.9937$$
$$MSE_{CO} = 23.7592,\ R^2_{CO} = 0.9760$$
$$MSE_{HL} = 23.7774,\ R^2_{HL} = 0.9762$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.1$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 2.0185 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{CO}) = 21.9571$$
$$\bar{e}_{HL} = -1.5267 \times 10^{-11} \quad ,V(e_{HL}) = 21.9735$$

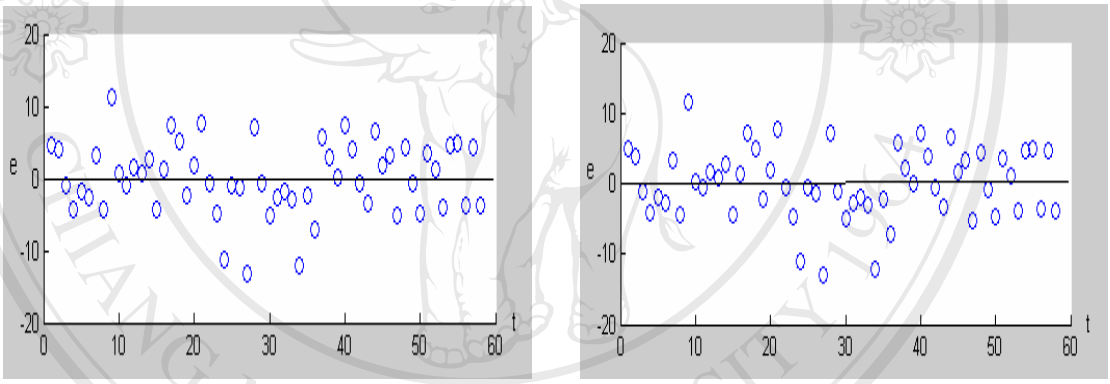
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 49.0438,\ R^2_{OLS} = 0.9907$$
$$MSE_{CO} = 26.4024,\ R^2_{CO} = 0.9073$$
$$MSE_{HL} = 26.3624,\ R^2_{HL} = 0.9154$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 6.3496 \times 10^{-13} \quad , V(e_{CO}) = 24.5217$$
$$\bar{e}_{HL} = -2.2284 \times 10^{-13} \quad , V(e_{HL}) = 24.5496$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

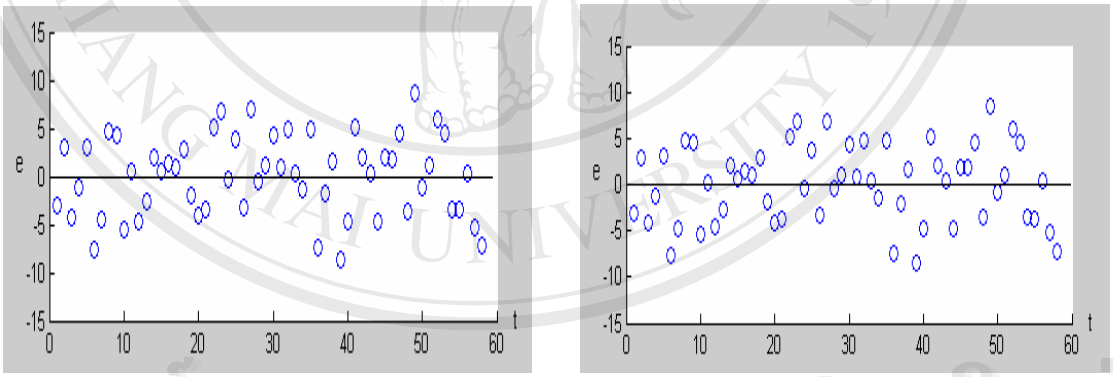
เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 48.4838,\ R^2_{OLS} = 0.9907$$
$$MSE_{CO} = 24.2643,\ R^2_{CO} = 0.9323$$
$$MSE_{HL} = 24.2684,\ R^2_{HL} = 0.9107$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 4.2326 \times 10^{-14} \quad ,V(e_{CO}) = 23.5805$$
$$\bar{e}_{HL} = 1.5705 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{HL}) = 23.6108$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1$

เมื่อความคลาดเคลื่อนเกิดอัตตสหสัมพันธ์อันดับที่ 3

เมื่อพิจารณาแผนภาพการกระจายของค่าประมาณความคลาดเคลื่อน (e) กับเวลา (t) พบว่าค่าประมาณความคลาดเคลื่อนจะกระจายแบบสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ นั่นคือ เมื่อทำการประมาณค่าด้วยวิธีการที่กำหนดแล้ว ค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ไม่มีอัตตสหสัมพันธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรณีศึกษา

1. ขนาดตัวอย่าง 15

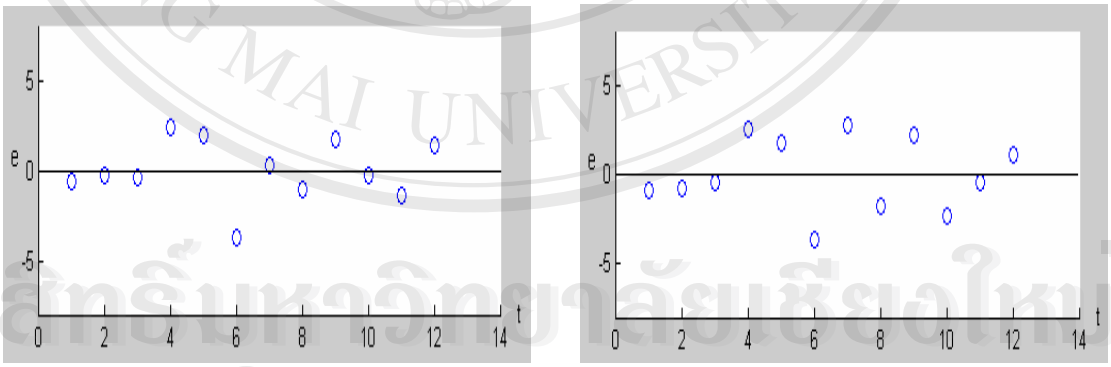
เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 27.5795,\ R^2_{OLS} = 0.9420$$
$$MSE_{CO} = 10.2732,\ R^2_{CO} = 0.9917$$
$$MSE_{HL} = 9.3944,\ R^2_{HL} = 0.9885$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -2.2127 \times 10^{-11} \quad ,V(e_{CO}) = 2.9198$$
$$\bar{e}_{HL} = -2.2903 \times 10^{-11} \quad ,V(e_{HL}) = 4.2995$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

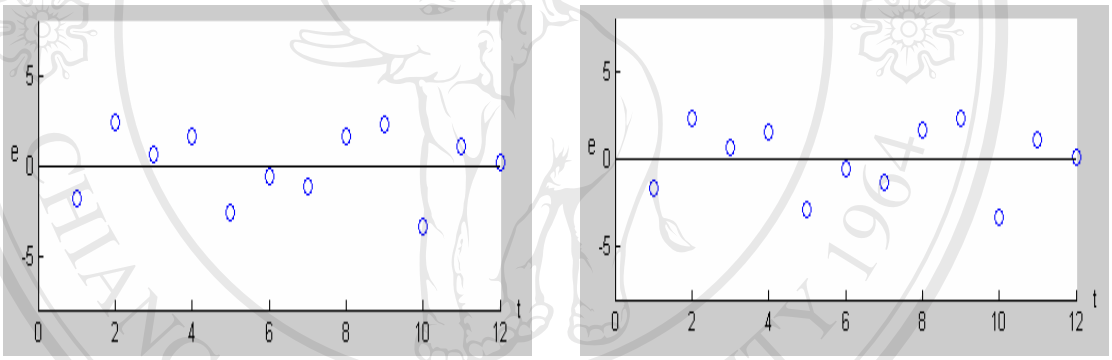
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 20.5591,\ R^2_{OLS} = 0.9711$$
$$MSE_{CO} = 10.4650,\ R^2_{CO} = 0.9860$$
$$MSE_{HL} = 9.6746,\ R^2_{HL} = 0.9801$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -1.4560 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{CO}) = 3.7631$$
$$\bar{e}_{HL} = 2.4111 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{HL}) = 3.7748$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

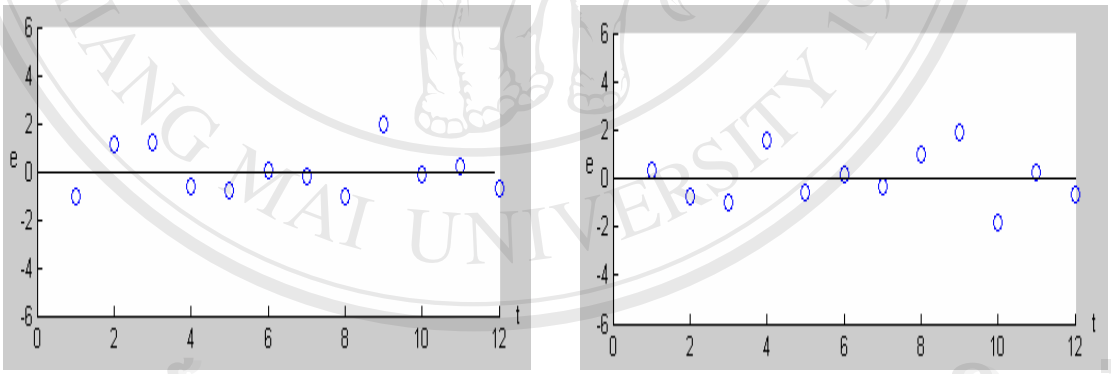
เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 18.0719,\ R^2_{OLS} = 0.9611$$
$$MSE_{CO} = 8.7275,\ R^2_{CO} = 0.9821$$
$$MSE_{HL} = 8.0227,\ R^2_{HL} = 0.9847$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -4.3698 \times 10^{-13} \qquad V(e_{CO}) = 0.9545$$
$$\bar{e}_{HL} = -2.2204 \times 10^{-15} \qquad V(e_{HL}) = 1.1964$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 15 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

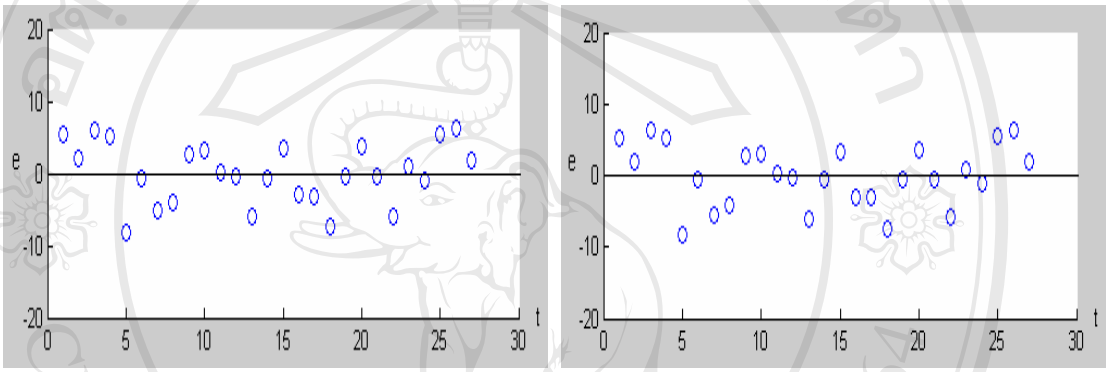
2. ขนาดตัวอย่าง 30

เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 32.5373,\ R^2_{OLS} = 0.9789$$
$$MSE_{CO} = 23.0923,\ R^2_{CO} = 0.9417$$
$$MSE_{HL} = 23.0911,\ R^2_{HL} = 0.8477$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 1.5039 \times 10^{-11} \quad , V(e_{CO}) = 17.9785$$
$$\bar{e}_{HL} = 2.0858 \times 10^{-11} \quad , V(e_{HL}) = 18.0095$$

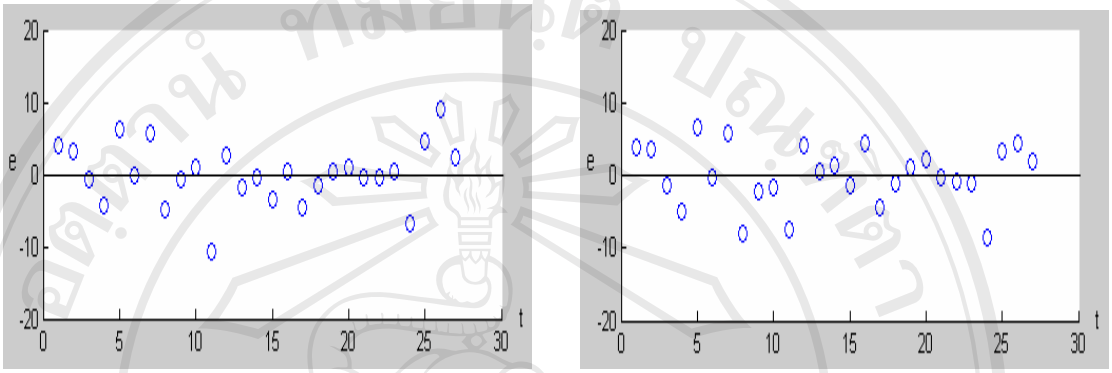
เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 27.3539,\ R^2_{OLS} = 0.9828$$
$$MSE_{CO} = 18.6231,\ R^2_{CO} = 0.8475$$
$$MSE_{HL} = 18.5792,\ R^2_{HL} = 0.7893$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม ดังนี้



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -4.4409 \times 10^{-15} \quad , V(e_{CO}) = 17.4631$$
$$\bar{e}_{HL} = 2.6316 \times 10^{-16} \quad , V(e_{HL}) = 16.9077$$

เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 23.3979, \; R^2_{OLS} = 0.9825$$
$$MSE_{CO} = 19.2474, \; R^2_{CO} = 0.9341$$
$$MSE_{HL} = 19.1035, \; R^2_{HL} = 0.8682$$

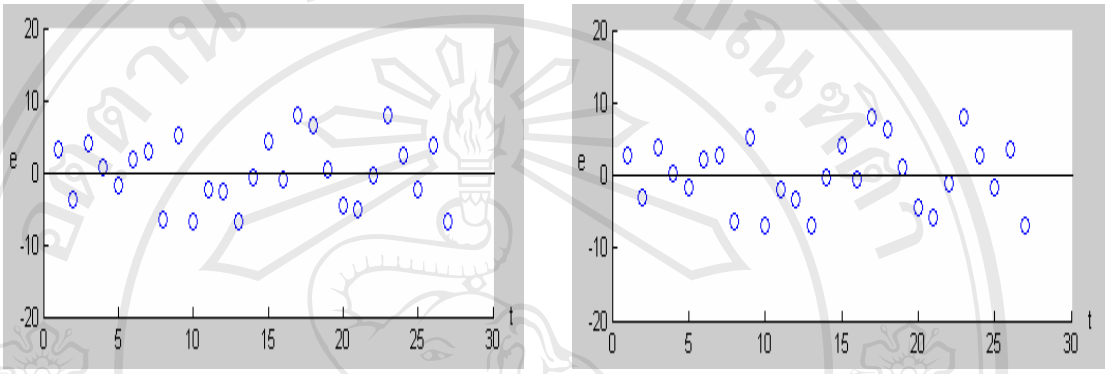
นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 7.5739 \times 10^{-13} \quad ,V(e_{CO}) = 20.8003$$

$$\bar{e}_{HL} = 1.7701 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{HL}) = 20.8582$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 30 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

3. ขนาดตัวอย่าง 40

เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 38.7503, \; R^2_{OLS} = 0.9848$$

$$MSE_{CO} = 20.9086, \; R^2_{CO} = 0.9468$$

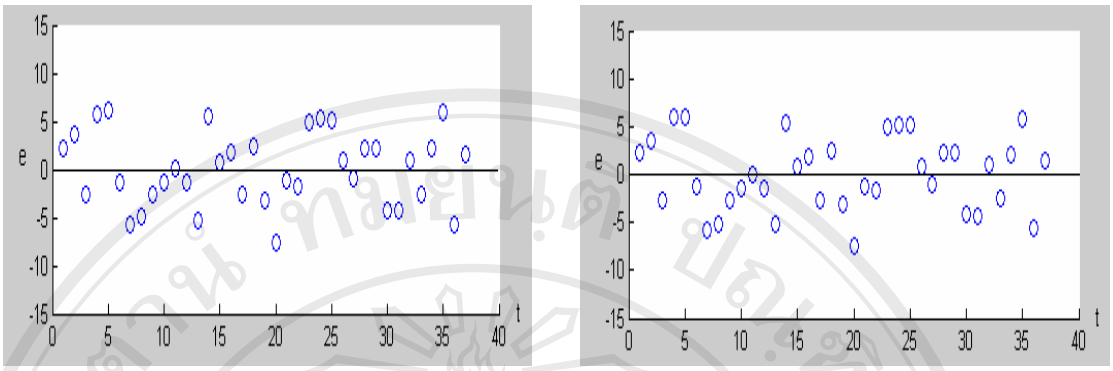
$$MSE_{HL} = 20.9305, \; R^2_{HL} = 0.9009$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -2.5482 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{CO}) = 14.4271$$

$$\bar{e}_{HL} = -4.6731 \times 10^{-12} \quad ,V(e_{HL}) = 14.4326$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

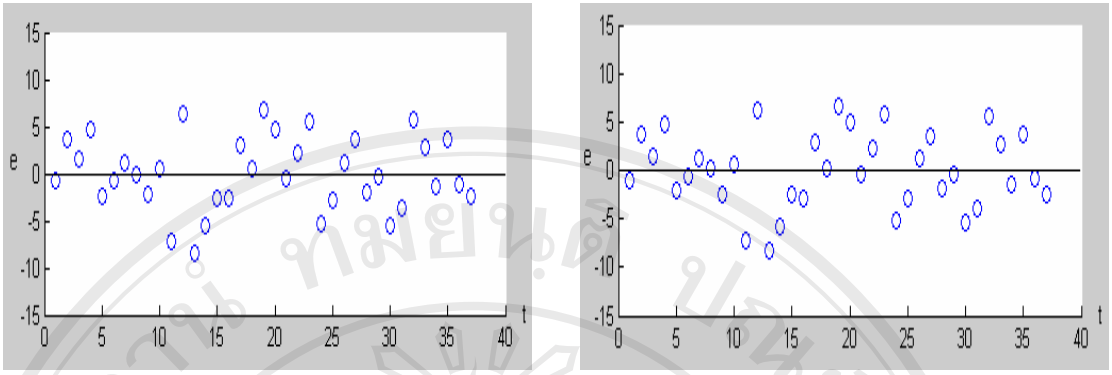
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 19.5432,\ R^2_{OLS} = 0.9896$$
$$MSE_{CO} = 16.6388,\ R^2_{CO} = 0.9811$$
$$MSE_{HL} = 16.6666,\ R^2_{HL} = 0.9833$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -1.5036 \times 10^{-12} \quad , V(e_{CO}) = 14.7901$$
$$\bar{e}_{HL} = -4.0219 \times 10^{-12} \quad , V(e_{HL}) = 14.8147$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

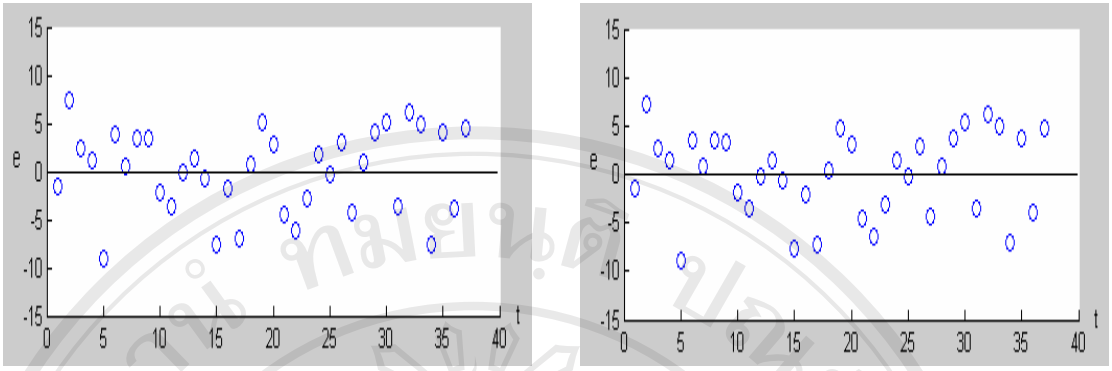
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 40.7553,\ R^2_{OLS} = 0.9815$$
$$MSE_{CO} = 21.4376,\ R^2_{CO} = 0.8709$$
$$MSE_{HL} = 21.4764,\ R^2_{HL} = 0.8372$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม ดังนี้เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -1.9444 \times 10^{-14} \quad , V(e_{CO}) = 18.6023$$
$$\bar{e}_{HL} = -3.3223 \times 10^{-14} \quad , V(e_{HL}) = 18.6521$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 40 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

4. ขนาดตัวอย่าง 60

เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

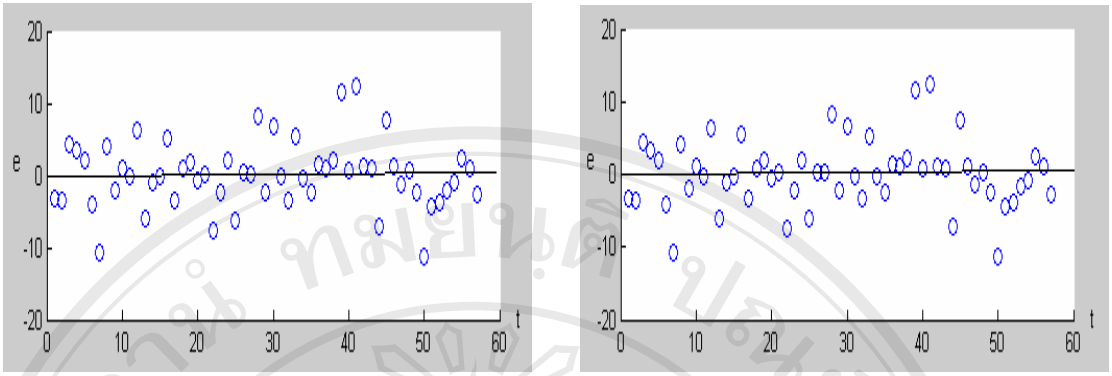
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 39.1617,\ R^2_{OLS} = 0.9930$$
$$MSE_{CO} = 23.8430,\ R^2_{CO} = 0.9467$$
$$MSE_{HL} = 23.8977,\ R^2_{HL} = 0.9014$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -1.6043\times10^{-13} \quad , V(e_{CO}) = 21.4077$$
$$\bar{e}_{HL} = -6.6941\times10^{-14} \quad , V(e_{HL}) = 21.4221$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

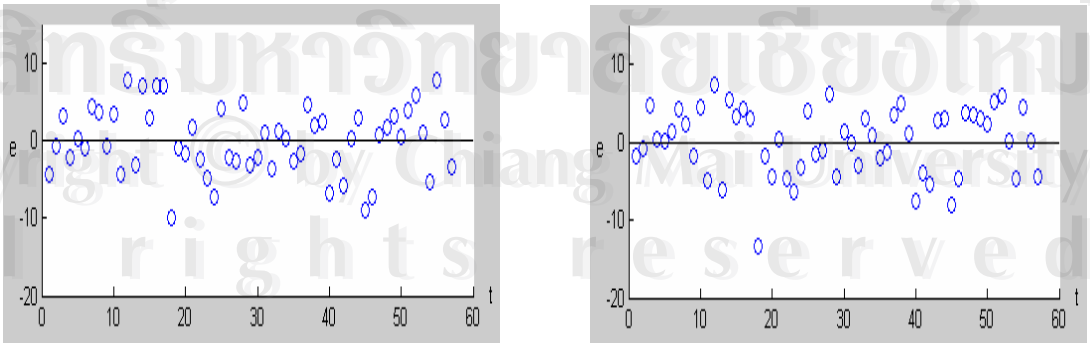
รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.1, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.7$

เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 44.9676,\ R^2_{OLS} = 0.9916$$
$$MSE_{CO} = 22.1812,\ R^2_{CO} = 0.8878$$
$$MSE_{HL} = 22.2031,\ R^2_{HL} = 0.8671$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม ดังนี้



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.5, \rho_2 = 0.3, \rho_3 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = 1.5039 \times 10^{-11} \quad ,V(e_{CO}) = 17.9785$$
$$\bar{e}_{HL} = 2.0858 \times 10^{-11} \quad ,V(e_{HL}) = 18.0095$$

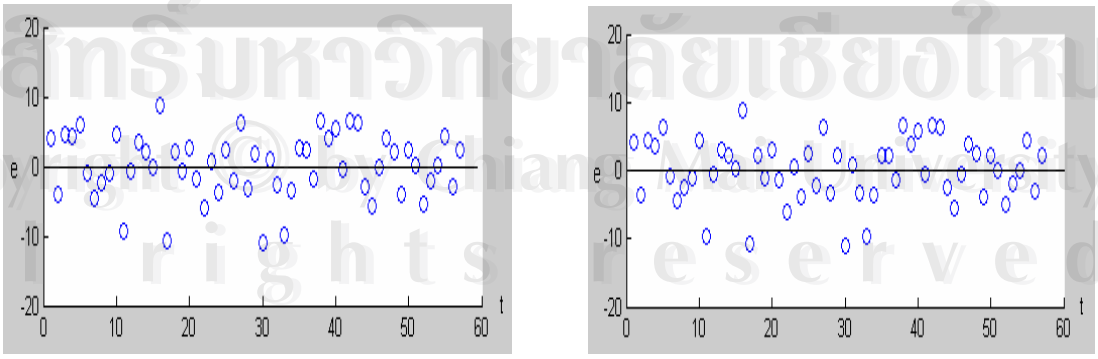
เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของวิธี OLS วิธี CO และวิธี HL ดังต่อไปนี้

$$MSE_{OLS} = 57.4509, \; R^2_{OLS} = 0.9873$$
$$MSE_{CO} = 22.0493, \; R^2_{CO} = 0.8812$$
$$MSE_{HL} = 22.1193, \; R^2_{HL} = 0.8818$$

นำค่าประมาณความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการประมาณค่า (e) แต่ละวิธีมาพล็อตกราฟกับเวลา (t) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบสุ่ม และเมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี CO และวิธี HL พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนเข้าใกล้ศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนี้

$$\bar{e}_{CO} = -9.4240 \times 10^{-14} \quad ,V(e_{CO}) = 20.5758$$
$$\bar{e}_{HL} = 6.7564 \times 10^{-14} \quad ,V(e_{HL}) = 20.6171$$



(ก) วิธี CO (ข) วิธี HL

รูป แสดงแผนภาพการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนกับช่วงเวลาของวิธี CO (ก) และวิธี HL (ข) ของตัวอย่างขนาด 60 เมื่อ $\rho_1 = 0.7, \rho_2 = 0.1, \rho_3 = 0.1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวปิยดา พฤกสวัสดิ์นนท์

วัน เดือน ปี เกิด 27 สิงหาคม 2523

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนผดุงปัญญา ปีการศึกษา 2541

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved