รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สุพล ดุรงค์วัฒนา . ดร. **การวิเคราะห์การถดถอย.** ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพมหานคร.

ภาษาต่างประเทศ

Albert.A. and Anderson.J.A.(1984). "On The Existence of Maximum Likelihood Estimates in Logistic Models." **Biometrika.** 71.1-10.

Brenn.T. and Arnesen.E.(1985). "Selecting Risk Factors : A Comparison of Discriminant Analysis. Logistic Regression and Cox's Regression Model using Data from The Troms∅ Heart Study." **Statictics in Medicine.** 4.413-423.

Collett.D.(1991). **Modelling Binary Data.** Chapman & Hall : London.

Darlington.Richard B.(1990). **Regression and Linear models.** Singapore : McGraw Hill.

Efron.B.(1975). "The Efficiency of Logistic Regression Compared to Normal Discriminant Analysis." **Journal of The American Statistical Association.** 70.892-898.

Hosmer. David W. and Lameshow, S.(1989), **Applied Logistic Regression.** John Willey : Newyork.

Johnson.R.A. and Wichern,D.W.(1982), **Applied Multivariate Statistical Analysis.** Prentic-Hall : Newjersy.

Landwehr.J.M.. Pregibon.D. and Shoemaker.A.C.(1984). "Graphical Methods for Assessing Logistic Regression Model(with discussion)." **Journal of The American Statistical Association.** 79.61-83.

Montgomery.Douglas C. and Peck. Elizabeth A.(1982). **Introduction to Linear Regression Analysis.** John Willey : Newyork.

Nelder.J.A. and Wedderburn.R.W.M.(1972). " Generalize Linear Models." **Journal of the Royal Statistical Society,** A135. 370-384.

O'Hara.T.F., Hosmer.D.W., Lemeshow.S. and Hartz.S.C.(1982), "A Comparison of Discriminant Function and Maximum Likelihood Estimates of Logistic Coefficients for Categorical-Scaled Data," **Journal of Statistical Computation and Simulation**, 14,169-178.

Prentice.R.L.(1976), "A Generalization of The Probit and Logit Methods for Dose Response Curves," **Biometrics**, 32,761-768.

Press.J.S. and Wilson.S.(1978), "Choosing Between Logistic Regression and Discriminant Analysis," **Journal of The American Statistical Association**, 73,699-705.

Van Houwelingen.J.C and Le Cessie.B.S.(1992), " Ridge Estimators in Logistic Regression," **Journal of the Royal Statistical Society**, 191-201.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อมูล อายุ (x_1) จำนวนปีที่ทำงานในแผนกรักษาความปลอดภัย (x_2) และการเป็นโรคหัวใจ (y) ของคน 100 คน[1]

ลำดับที่	x_1	x_2	y
1	20	1	0
2	23	1	0
3	24	2	0
4	25	1	0
5	25	1	1
6	26	1	0
7	26	2	0
8	28	2	0
9	28	1	0
10	29	1	0
11	30	1	0
12	30	2	0
13	30	2	0
14	30	2	0
15	30	3	0
16	30	3	1
17	32	2	0
18	32	2	0
19	33	2	0
20	33	1	0
21	34	1	0
22	34	1	0
23	34	2	1
24	34	2	0
25	34	2	0

ลำดับที่	x_1	x_2	y
26	35	3	0
27	35	3	0
28	36	2	0
29	36	2	0
30	36	3	1
31	37	2	0
32	37	2	0
33	37	3	0
34	38	2	0
35	38	2	0
36	39	3	0
37	39	3	0
38	40	4	0
39	40	3	0
40	41	2	0
41	41	3	1
42	42	3	0
43	42	4	0
44	42	4	0
45	42	4	0
46	43	3	0
47	43	3	0
48	43	4	1
49	44	4	0
50	44	4	0

[1] *Hosmer, Jr. D.W.* และ *Lemeshow, S.*, "Applied Logistic Regression"

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) แสดงข้อมูล อายุ (x_1) จำนวนปีที่ทำงานในแผนกรักษาความปลอดภัย (x_2) และการเป็นโรคหัวใจ (y) ของคน 100 คน

ลำดับที่	x_1	x_2	y
51	44	4	1
52	44	4	1
53	45	4	0
54	45	4	1
55	46	3	0
56	46	3	1
57	47	3	0
58	47	3	0
59	47	4	1
60	48	4	0
61	48	5	1
62	48	5	1
63	49	3	0
64	49	3	0
65	49	3	1
66	50	3	0
67	52	3	1
68	51	4	0
69	52	5	0
70	52	5	1
71	53	5	1
72	53	5	1
73	54	6	1
74	55	4	0
75	55	4	1

ลำดับที่	x_1	x_2	y
76	55	4	1
77	56	4	1
78	56	5	1
79	56	5	1
80	57	3	0
81	57	3	0
82	57	4	1
83	57	4	1
84	57	5	1
85	57	5	1
86	58	4	0
87	58	4	1
88	58	4	1
89	59	4	1
90	59	4	1
91	60	4	0
92	60	5	1
93	61	6	1
94	62	4	1
95	62	4	1
96	63	4	1
97	64	5	0
98	64	5	1
99	65	6	1
100	69	4	1

ตัวอย่างการประมาณค่าพารามิเตอร์

จากข้อมูลในตารางที่ 1.1 ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ฟังก์ชันจำแนกประเภท และวิธีกำลังสองน้อยสุดถ่วงน้ำหนัก ได้ดังนี้

<u>การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยภาวะน่าจะเป็นสูงสุด</u>

<u>1. กรณีตัวแปรอธิบาย 1 ตัว</u>

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ) , y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = \beta_0 + \beta_1 x_i$

ความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับ x_i คือ $\pi(x_i) = \dfrac{e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}$

ประมาณค่า β_0 และ β_1 ด้วยการคำนวนซ้ำแบบ $Newton - Raphson$ ด้วยสมการ

$$\hat{\mathbf{B}}_{r+1} = \hat{\mathbf{B}}_r - \mathbf{H}^{-1}(\mathbf{B}_r)\mathbf{U}(\mathbf{B}_r)$$

โดยให้ $\mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} 0.01 \\ 0.01 \end{bmatrix}$ และ $z_i = 0.01 + 0.01x_i$

ดังนั้น $$\mathbf{U}(\mathbf{B}_0) = \begin{bmatrix} \sum_{i-1}^{100}\left\{y_i - \dfrac{e^{z_i}}{1+e^{z_i}}\right\} \\ \sum_{i-1}^{100} x_i\left\{y_i - \dfrac{e^{z_i}}{1+e^{z_i}}\right\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7.0 \\ -9.5 \end{bmatrix}$$

และ $$\mathbf{H}(\mathbf{B}_0) = \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^{100}\dfrac{e^{z_i}}{(1+e^{z_i})^2} & -\sum_{i=1}^{100} x_i\dfrac{e^{z_i}}{(1+e^{z_i})^2} \\ -\sum_{i=1}^{100} x_i\dfrac{e^{z_i}}{(1+e^{z_i})^2} & -\sum_{i=1}^{100} x_i^2\dfrac{e^{z_i}}{(1+e^{z_i})^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -61.85 & -2739.35 \\ -3739.35 & -129925.9 \end{bmatrix}$$

คำนวนได้ $\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} -1.6609 \\ -2.9429 \end{bmatrix}$ นำไปคำนวนซ้ำได้ $\mathbf{B}_2$, $\mathbf{B}_3$, ...

ในที่สุด $\mathbf{B}_{23} = \begin{bmatrix} -5.2862 \\ 0.1105 \end{bmatrix}$

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = -5.2862 + 0.1105x_i$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับ x_i คือ $\dfrac{e^{-5.2862+0.1105x_i}}{1+e^{-5.2862+0.1105x_i}}$

2. กรณีตัวแปรอธิบาย 2 ตัว

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ) , x_2 (จำนวนปีที่ทำงานในแผนกรักษาความปลอดภัย) และ y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x_i})) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$

ความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ

$$\pi(\mathbf{x_i}) = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}$$

ประมาณค่า β_0 , β_1 และ β_2 ด้วยการคำนวนซ้ำแบบ *Newton – Raphson* ด้วยสมการ

$$\hat{\mathbf{B}}_{r+1} = \hat{\mathbf{B}}_r - \mathbf{H}^{-1}(\mathbf{B}_r)\mathbf{U}(\mathbf{B}_r)$$

โดยให้ $\mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} 0.01 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{bmatrix}$ และ $z_i = 0.01 + 0.01x_{1i} + 0.01x_{2i}$

ดังนั้น
$$\mathbf{U}(\mathbf{B}) = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{N}\left\{ y_i - \dfrac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}} \right\} \\ \sum_{i=1}^{N} x_{1i}\left\{ y_i - \dfrac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}} \right\} \\ \sum_{i=1}^{N} x_{2i}\left\{ y_i - \dfrac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}} \right\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -18.8538 \\ -570.1873 \\ -29.7392 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}(\mathbf{B}) = \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^{N} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{1i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{2i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} \\ -\sum_{i=1}^{N} x_{1i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{1i}^2 \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{1i} x_{2i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} \\ -\sum_{i=1}^{N} x_{2i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{1i} x_{2i} \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} & -\sum_{i=1}^{N} x_{2i}^2 \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{(1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}})^2} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -23.50 & -1032.58 & -75.38 \\ -1032.58 & -48623.79 & -3605.06 \\ -75.38 & -3605.06 & -280.90 \end{bmatrix}$$

คำนวนได้ $\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} -3.83 \\ 0.036 \\ 0.598 \end{bmatrix}$ นำไปคำนวนซ้ำได้ $\mathbf{B}_2$, $\mathbf{B}_3$, ...

ในที่สุด $\mathbf{B}_{12} = \begin{bmatrix} -5.109 \\ 0.0439 \\ 0.835 \end{bmatrix}$

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x_i})) = -5.109 + 0.0439x_{1i} + 0.835x_{2i}$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ $\frac{e^{-5.109+0.0439x_{1i}+0.835x_{2i}}}{1+e^{-5.109+0.0439x_{1i}+0.835x_{2i}}}$

<u>การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยฟังก์ชันจำแนกประเภท</u>

<u>1. กรณีตัวแปรอธิบาย 1 ตัว</u>

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ), y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = \beta_0 + \beta_1 x_i$

ความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับ x_i คือ $\pi(x_i) = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}$

ประมาณค่า β_0 และ β_1 ได้จากสมการ

$$\beta_0 = \ln\left(\frac{\theta_1}{\theta_0}\right) - 0.5\left(\frac{\mu_1^2 - \mu_0^2}{\sigma^2}\right)$$

และ $$\beta_1 = \frac{(\mu_1 - \mu_0)}{\sigma^2}$$

โดยการแทน ค่าเฉลี่ย μ_1 ด้วย $\bar{x}_1$ คือ ค่าเฉลี่ยของ x ในกลุ่มย่อยที่ $y = 1$

ค่าเฉลี่ย μ_0 ด้วย $\bar{x}_0$ คือ ค่าเฉลี่ยของ x ในกลุ่มย่อยที่ $y = 0$

$$\theta_1 = \frac{n_1}{N}$$

$$\theta_0 = 1 - \theta_1$$

และ $$\hat{\sigma}^2 = \frac{(n_0 - 1)S_0^2 + (n_1 - 1)S_1^2}{n_0 + n_1 - 2}$$

เมื่อ S_1^2 คือ ตัวประมาณค่าความแปรปรวนของ x ในกลุ่มย่อยที่ $y = 1$

S_0^2 คือ ตัวประมาณค่าความแปรปรวนของ x ในกลุ่มย่อยที่ $y = 0$

<u>ตารางการเตรียมข้อมูล</u>

$x \setminus y = 1$				$x \setminus y = 0$			
25	48	57	69	20	32	38	47
30	48	57		23	32	38	47
34	49	57		24	33	39	48
36	50	58		25	33	40	49
37	52	58		26	34	41	49
39	53	59		26	34	41	50
40	53	59		28	34	42	51
42	54	60		28	34	42	52
43	55	61		29	35	43	55
44	55	62		30	35	43	57
44	56	62		30	36	44	57
45	56	63		30	36	44	58
46	56	64		30	37	45	60
47	57	65		30	37	46	64
$n_1 = 43$				$n_0 = 57$			

$$\mu_1 = \bar{x}_1 = \frac{1}{43}\sum_{i=1}^{43} x_{1i} = 51.28 \qquad \mu_0 = \bar{x}_0 = \frac{1}{57}\sum_{i=1}^{57} x_{0i} = 39.017$$

$$S_1^2 = \frac{1}{42}\sum_{i=1}^{43}(x_{1i}-\bar{x}_1)^2 = 99.59 \qquad S_0^2 = \frac{1}{56}\sum_{i=1}^{57}(x_{0i}-\bar{x}_0)^2 = 107.80$$

$$\theta_1 = \frac{43}{100} = 0.43 \qquad \theta_0 = 1-\frac{43}{100} = 0.57$$

และ $\hat{\sigma}^2 = 104.28$

ดังนั้น β_0 = -5.5904 และ β_1 = 0.1176

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = -5.5904 + 0.1176x_i$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y=1$ ณ ระดับ x_i คือ $\dfrac{e^{-5.5904+0.1176x_i}}{1+e^{-5.5904+0.1176x_i}}$

<u>2. กรณีตัวแปรอธิบาย 2 ตัว</u>

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ) , x_2 (จำนวนปีที่ทำงานในแผนกรักษาความปลอดภัย) และ y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x_i})) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$

ความน่าจะเป็นที่ $y=1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ

$$\pi(\mathbf{x_i}) = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}$$

ประมาณค่า β_0 , β_1 และ β_2 ได้จากสมการ

$$\beta_0 = \ln\left(\frac{\theta_1}{\theta_0}\right) - (0.5)\left(\mathbf{U}_1 - \mathbf{U}_0\right)' \Sigma^{-1}\left(\mathbf{U}_1 + \mathbf{U}_0\right)$$

และ $$\mathbf{B}' = \left(\mathbf{U}_1 - \mathbf{U}_0\right)' \Sigma^{-1}$$

โดยที่แทน เวกเตอร์ค่าเฉลี่ย $\mathbf{U}_1$ ด้วย $\bar{\mathbf{x}}_1 = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \end{bmatrix}$

$\mathbf{U}_0$ ด้วย $\bar{\mathbf{x}}_0 = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \end{bmatrix}$

ตัวประมาณของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม Σ คือ เมตริกซ์ $\mathbf{S}$

$$\mathbf{S} = \frac{(n_0 - 1)\mathbf{S}_0 + (n_1 - 1)\mathbf{S}_1}{n_0 + n_1 - 2}$$

เมื่อ $\mathbf{S}_1$ และ $\mathbf{S}_0$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มย่อยที่ $y = 1$ และ $y = 0$

$$\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}^2_{x_1} & \hat{\sigma}_{x_1 x_2} \\ \hat{\sigma}_{x_2 x_1} & \hat{\sigma}^2_{x_2} \end{bmatrix}$$

และ $$\mathbf{S}_0 = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}^2_{x_1} & \hat{\sigma}_{x_1 x_2} \\ \hat{\sigma}_{x_2 x_1} & \hat{\sigma}^2_{x_2} \end{bmatrix}$$

$$\theta_1 = \frac{n_1}{N}$$

$$\theta_0 = 1 - \theta_1$$

<u>ตารางการเตรียมข้อมูล</u>

$x_1, x_2 \setminus y = 1$			$x_1, x_2 \setminus y = 0$		
25 , 1	54 , 6	69 , 4	20 , 1	34 , 2	46 , 3
30 , 3	55 , 4		23 , 2	35 , 3	47 , 3
34 , 2	55 , 4		24 , 1	35 , 3	47 , 3
36 , 2	56 , 4		25 , 1	36 , 2	48 , 4
37 , 2	56 , 5		26 , 1	36 , 3	49 , 3
39 , 3	56 , 5		26 , 2	37 , 2	49 , 3
40 , 3	57 , 4		28 , 2	37 , 3	50 , 3
42 , 4	57 , 4		28 , 1	38 , 2	51 , 4
43 , 4	57 , 5		29 , 1	38 , 2	52 , 5
44 , 4	57 , 5		30 , 1	39 , 3	55 , 4
44 , 4	58 , 4		30 , 2	40 , 4	57 , 3
45 , 4	58 , 4		30 , 2	41 , 2	57 , 3
46 , 3	59 , 4		30 , 2	41 , 3	58 , 4
47 , 4	59 , 4		30 , 3	42 , 3	60 , 4
48 , 5	60 , 5		32 , 2	42 , 4	64 , 5
48 , 5	61 , 6		32 , 2	42 , 4	
49 , 3	62 , 4		33 , 2	43 , 3	
50 , 3	62 , 4		33 , 1	43 , 3	
52 , 5	63 , 4		34 , 1	44 , 4	
53 , 5	64 , 5		34 , 1	44 , 4	
53 , 5	65 , 6		34 , 2	45 , 4	
$n_1 = 43$			$n_0 = 57$		

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{43}\sum_{i=1}^{43_1} x_{1i}$$
$$= 57.28$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{43}\sum_{i=1}^{43} x_{2i}$$
$$= 4.05$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{57}\sum_{i=1}^{57} x_{1i}$$
$$= 39.17$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{57}\sum_{i=1}^{57} x_{1i}$$
$$= 2.63$$

$$\hat{\sigma}^2_{x_1} = \frac{1}{42}\sum_{i=1}^{43}(x_{1i}-\bar{x}_1)^2 = 99.58 \qquad \hat{\sigma}^2_{x_1} = \frac{1}{56}\sum_{i=1}^{57}(x_{1i}-\bar{x}_1)^2 = 104.07$$

$$\hat{\sigma}^2_{x_2} = \frac{1}{42}\sum_{i=1}^{43}(x_{2i}-\bar{x}_2)^2 = 7.58 \qquad \hat{\sigma}^2_{x_2} = \frac{1}{56}\sum_{i=1}^{57}(x_{1i}-\bar{x}_1)^2 = 1.20$$

$$\sigma_{x_1x_2} = \frac{1}{42}\sum_{i=1}^{43}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{21}-\bar{x}_2) = 1.188 \qquad \sigma_{x_1x_2} = \frac{1}{56}\sum_{i=1}^{57}(x_{1i}-\bar{x}_1)(x_{21}-\bar{x}_2) = 8.86$$

$$\theta_1 = \frac{43}{100} = 0.43$$

$$\theta_0 = 1-\frac{43}{100} = 0.57$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 102.15 & 8.32 \\ 8.32 & 1.19 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น β_0 = -5.356 , β_1 = 0.051 และ β_2 = 0.828

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x}_i)) = -5.356 + 0.051x_{1i} + 0.828x_{2i}$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y=1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ $\dfrac{e^{-5.356+0.0051x_{1i}+0.828x_{2i}}}{1+e^{-5.356+0.0051x_{1i}+0.828x_{2i}}}$

<u>การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดถ่วงน้ำหนัก</u>

<u>1. กรณีตัวแปรอธิบาย 1 ตัว</u>

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ), y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = \beta_0 + \beta_1 x_i$

ความน่าจะเป็นที่ $y=1$ ณ ระดับ x_i คือ $\pi(x_i) = \dfrac{e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_i}}$

ประมาณค่า β_0 และ β_1 ได้จากสมการ $\hat{\mathbf{B}} = (\mathbf{W}'\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{W}'\mathbf{P})$

เมื่อ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$, $\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} & \sqrt{w_1}x_1 \\ \sqrt{w_2} & \sqrt{w_2}x_2 \\ \vdots & \vdots \\ \sqrt{w_i} & \sqrt{w_i}x_i \\ \vdots & \vdots \\ \sqrt{w_N} & \sqrt{w_N}x_N \end{bmatrix}_{\mathrm{Nx2}}$ และ $\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}\tilde{p}_1 \\ \sqrt{w_2}\tilde{p}_2 \\ \vdots \\ \sqrt{w_i}\tilde{p}_i \\ \vdots \\ \sqrt{w_N}\tilde{p}_N \end{bmatrix}_{\mathrm{Nx1}}$

<u>ตารางการเตรียมข้อมูล</u>

ลำดับที่	x	n_i	$y_i = 1$	$\tilde{p}_i = \dfrac{y_i}{n_i}$	$w_i = \dfrac{n_i}{p_i(1-p_i)}$
1	20	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
2	23	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
3	24	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
4	25	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
5	26	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
6	28	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
7	29	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
8	30	6	1	$\frac{1}{6} = 0.167$	48.13
9	32	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
10	33	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
11	34	5	1	$\frac{1}{5} = 0.2$	31.25
12	35	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
13	36	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
14	37	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
15	38	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
16	39	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
17	40	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
18	41	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
19	42	4	1	$\frac{1}{4} = 0.25$	21.33
20	43	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
21	44	4	2	$\frac{2}{4} = 0.5$	16

ลำดับที่	x	n_i	$y_i = 1$	$\tilde{p}_i = \frac{y_i}{n_i}$	$w_i = \frac{n_i}{p_i(1-p_i)}$
22	45	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
23	46	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
24	47	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
25	48	3	2	$\frac{2}{3} = 0.667$	13.50
26	49	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
27	50	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
28	51	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
29	52	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
30	53	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow 0.995$	402
31	54	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201
32	55	3	2	$\frac{2}{3} = 0.667$	13.50
33	56	3	3	$\frac{3}{3} \rightarrow 0.995$	603
34	57	6	4	$\frac{4}{6} = 0.667$	27
35	58	3	2	$\frac{2}{3} = 0.667$	13.50
36	59	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow 0.995$	402
37	60	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
38	61	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201
39	62	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow 0.995$	402
40	63	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201
41	64	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
42	65	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201
43	69	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201

จากตาราง จะได้ว่า

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 14.18 & 283.6 \\ 14.18 & 326.14 \\ \vdots & \vdots \\ 14.18 & 978.42 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0.0709 \\ 0.0709 \\ \vdots \\ 14.1091 \end{bmatrix}$$

ดังนั้น $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -0.8505 \\ 0.0294 \end{bmatrix}$

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(x_i)) = -0.8505 + 0.0294x_i$

ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับ x_i คือ $\dfrac{e^{-0.8505+0.0294x_i}}{1+e^{-0.8505+0.0294x_i}}$

<u>2. กรณีตัวแปรอธิบาย 2 ตัว</u>

ข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ข้อมูลประกอบด้วย x_1 (อายุ) , x_2 (จำนวนปีที่ทำงานในแผนกรักษาความปลอดภัย) และ y (เป็นโรคหัวใจ) N=100

สมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x_i})) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}$

ความน่าจะเป็นที่ $y = 1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ

$$\pi(\mathbf{x_i}) = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_{1i}+\beta_2 x_{2i}}}$$

ประมาณค่า β_0 , β_1 และ β_2 ได้จากสมการ $\hat{\mathbf{B}} = (\mathbf{W}'\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{W}'\mathbf{P})$

เมื่อ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$, $\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} & \sqrt{w_1}\,x_{11} & \sqrt{w_1}\,x_{21} \\ \sqrt{w_2} & \sqrt{w_2}\,x_{12} & \sqrt{w_2}\,x_{22} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \sqrt{w_i} & \sqrt{w_i}\,x_{1i} & \sqrt{w_i}\,x_{2i} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \sqrt{w_N} & \sqrt{w_N}\,x_{1N} & \sqrt{w_N}\,x_{2N} \end{bmatrix}_{\text{Nx3}}$ และ $\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}\,\tilde{p}_1 \\ \sqrt{w_2}\,\tilde{p}_2 \\ \vdots \\ \sqrt{w_i}\,\tilde{p}_i \\ \vdots \\ \sqrt{w_N}\,\tilde{p}_N \end{bmatrix}_{\text{Nx1}}$

ตารางการเตรียมข้อมูล

ลำดับที่	x_1	x_2	n_i	$y_i = 1$	$\tilde{p}_i = \frac{y_i}{n_i}$	$w_i = \frac{n_i}{p_i(1-p_i)}$
1	20	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
2	23	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
3	24	2	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
4	25	1	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
5	26	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
6	26	2	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
7	28	2	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
8	28	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
9	29	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
10	30	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
11	30	2	3	0	$\frac{0}{3} \rightarrow 0.005$	603
12	30	3	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
13	32	2	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
14	33	2	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
15	33	1	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
16	34	1	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
17	34	2	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
18	35	3	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
19	36	2	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
20	36	3	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
21	37	2	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
22	37	3	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
23	38	2	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402
24	39	3	2	1	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
25	40	4	1	0	$\frac{1}{2} = 0.5$	8
26	40	3	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow 0.995$	201
27	41	2	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
28	41	3	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
29	42	3	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow 0.005$	201
30	42	4	3	1	$\frac{1}{3} = 0.333$	13.50
31	43	3	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow 0.005$	402

ลำดับที่	x_1	x_2	n_i	$y_i = 1$	$\widetilde{p}_i = \frac{y_i}{n_i}$	$w_i = \frac{n_i}{p_i(1-p_i)}$
32	43	4	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
33	44	4	4	2	$\frac{2}{4}$ = 0.5	16
34	45	4	2	1	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
35	46	3	2	1	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
36	47	3	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow$ 0.005	402
37	47	4	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
38	48	4	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow$ 0.005	201
39	48	5	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
40	49	3	3	1	$\frac{1}{3}$ = 0.333	13.50
41	50	3	2	1	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
42	51	4	1	0	$\frac{0}{1} \rightarrow$ 0.005	201
43	52	5	2	1	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
44	53	5	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
45	54	6	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
46	55	4	3	2	$\frac{2}{3}$ = 0.667	13.50
47	56	4	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
48	56	5	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
49	57	3	2	0	$\frac{0}{2} \rightarrow$ 0.005	402
50	57	4	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
51	57	5	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
52	58	4	3	2	$\frac{2}{3}$ = 0.667	13.50
53	59	4	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
54	60	4	1	0	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
55	60	5	1	1	$\frac{0}{1} \rightarrow$ 0.005	201
56	61	6	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
57	62	4	2	2	$\frac{2}{2} \rightarrow$ 0.995	402
58	63	4	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
59	64	5	2	1	$\frac{1}{2}$ = 0.5	8
60	65	6	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201
61	69	4	1	1	$\frac{1}{1} \rightarrow$ 0.995	201

จากตาราง จะได้ว่า

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 14.18 & 283.6 & 14.18 \\ 14.18 & 326.14 & 14.18 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 14.18 & 978.42 & 56.72 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0.0709 \\ 0.0709 \\ \vdots \\ 14.1091 \end{bmatrix}$$

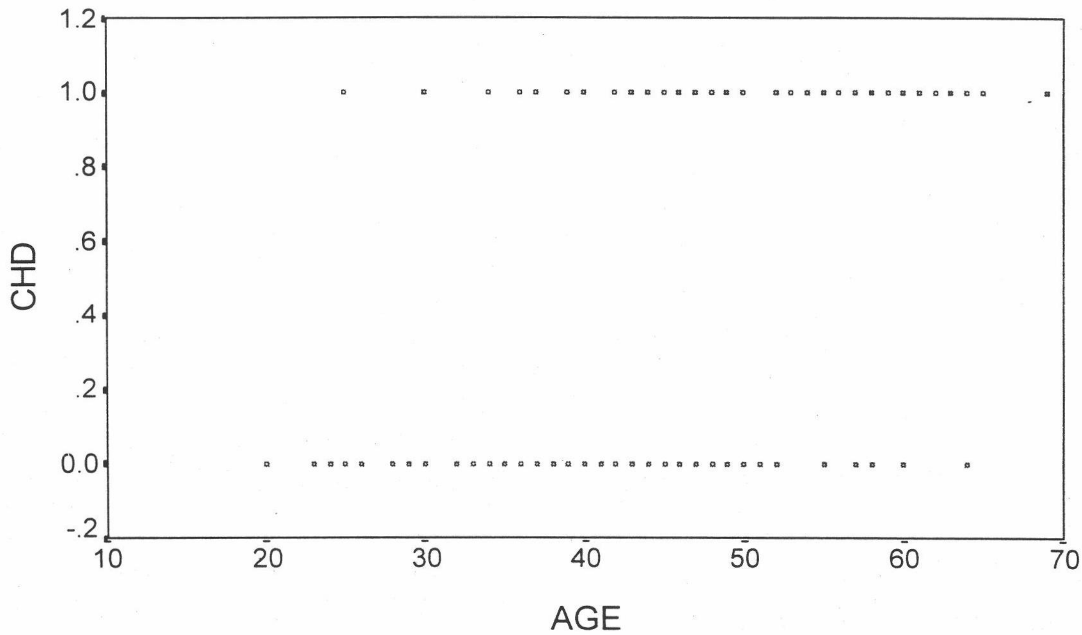
ดังนั้น $$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -0.4611 \\ 0.0098 \\ 0.1388 \end{bmatrix}$$

ดังนั้นสมการถดถอยโลจิสติค คือ $\text{logit}(\pi(\mathbf{x}_i)) = -0.4611 + 0.0098x_{1i} + 0.1388x_{2i}$

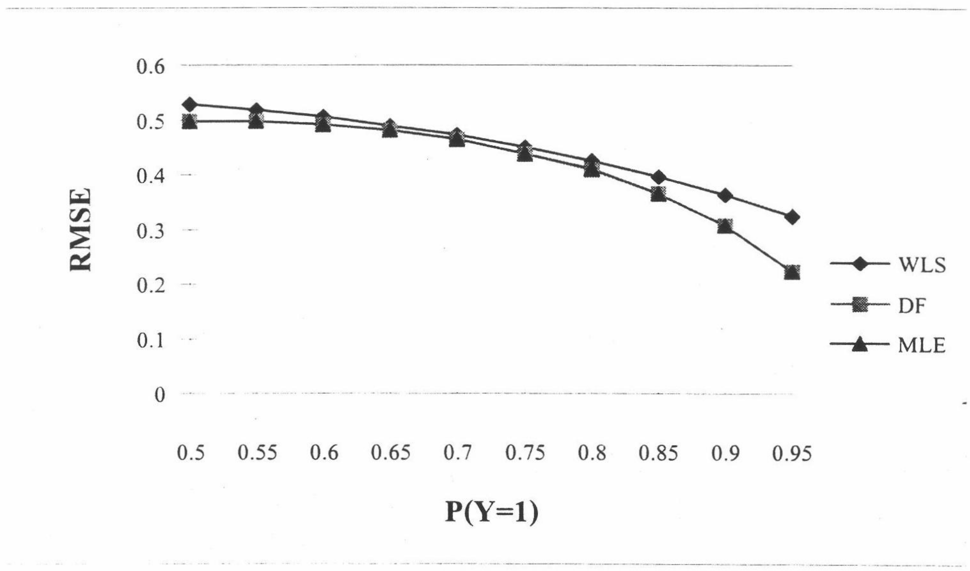
ซึ่งความน่าจะเป็นที่ $y=1$ ณ ระดับอายุ x_1 และจำนวนปีที่ทำงาน x_2 คือ $\dfrac{e^{-0.4611+0.0098x_{1i}+0.1388x_{2i}}}{1+e^{-0.4611+0.0098x_{1i}+0.1388x_{2i}}}$

ภาคผนวก ข

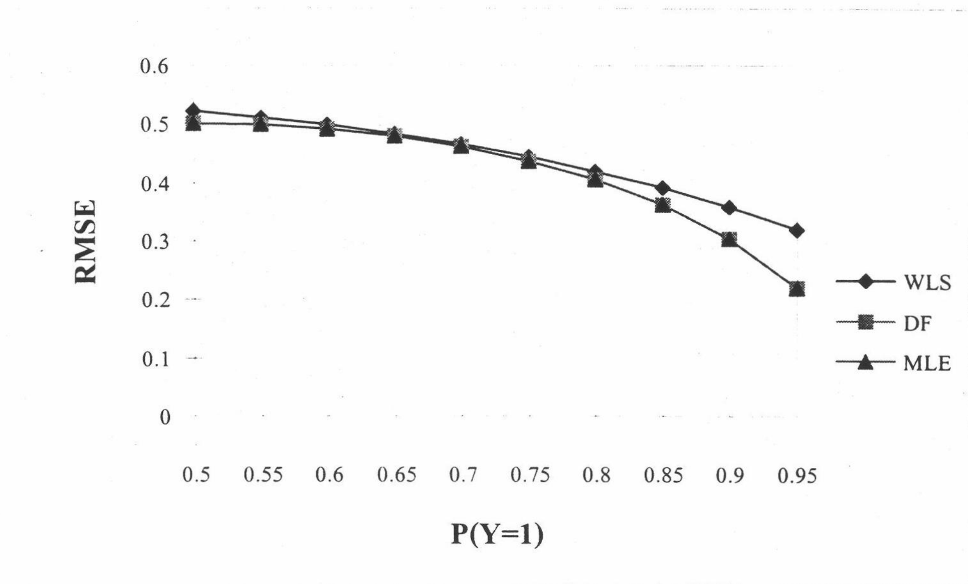
รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพการกระจายข้อมูลตาราง 1.1 ในภาคผนวก ก



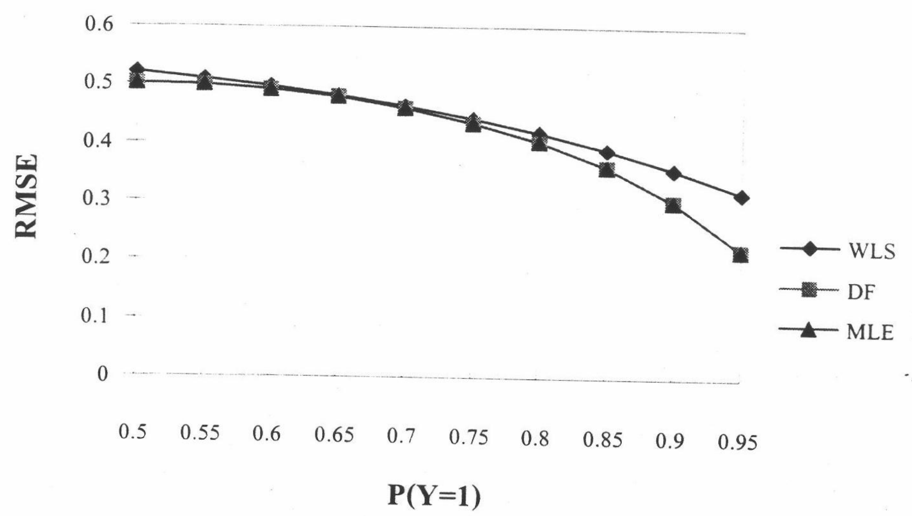
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,0.25)$



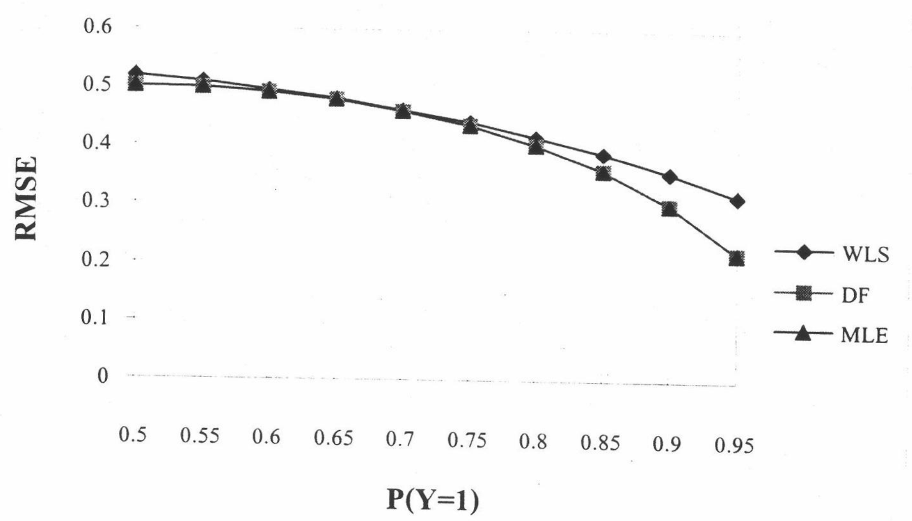
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,0.25)$



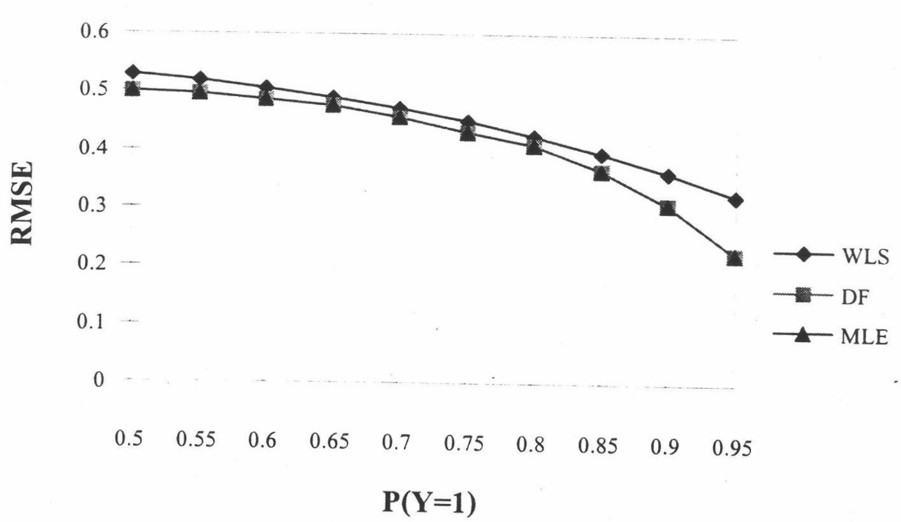
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,0.25)$



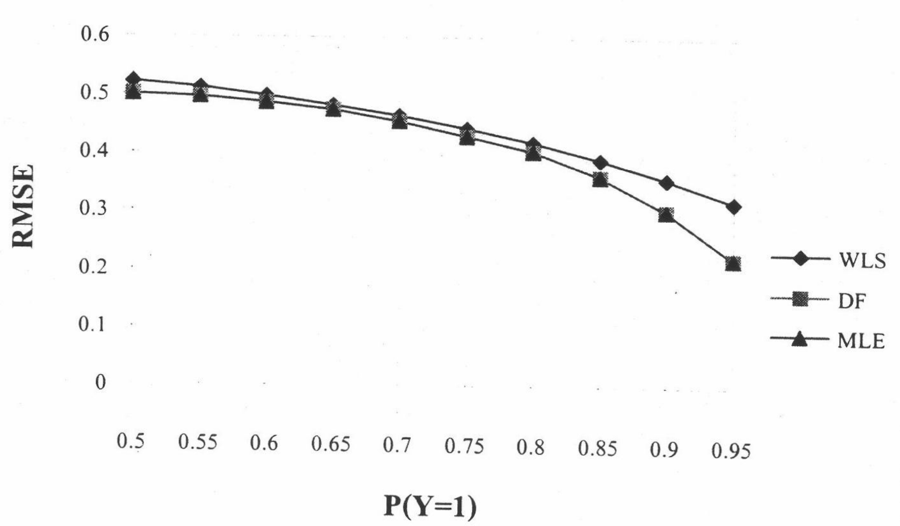
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,0.25)$



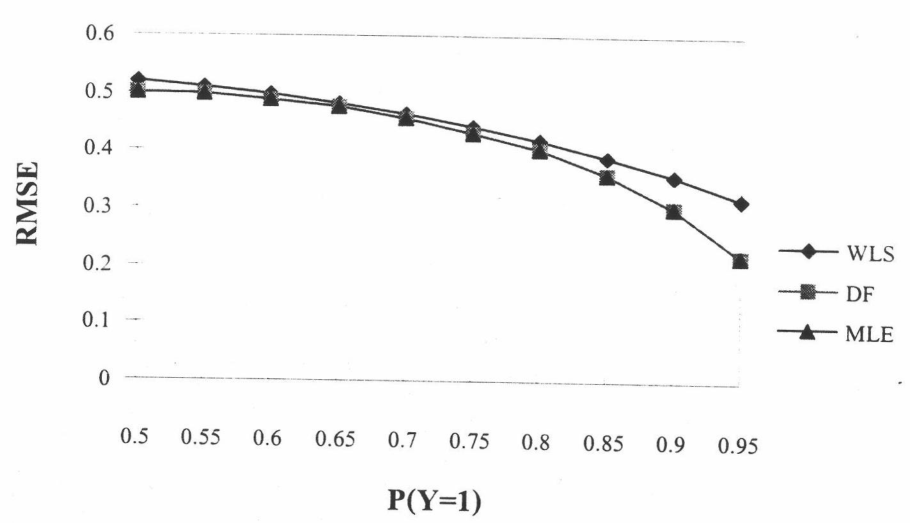
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,1)$



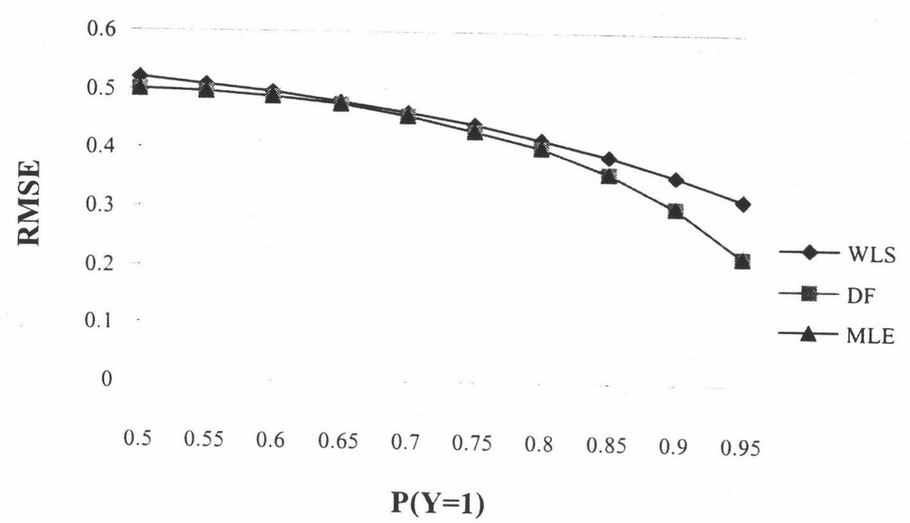
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,1)$



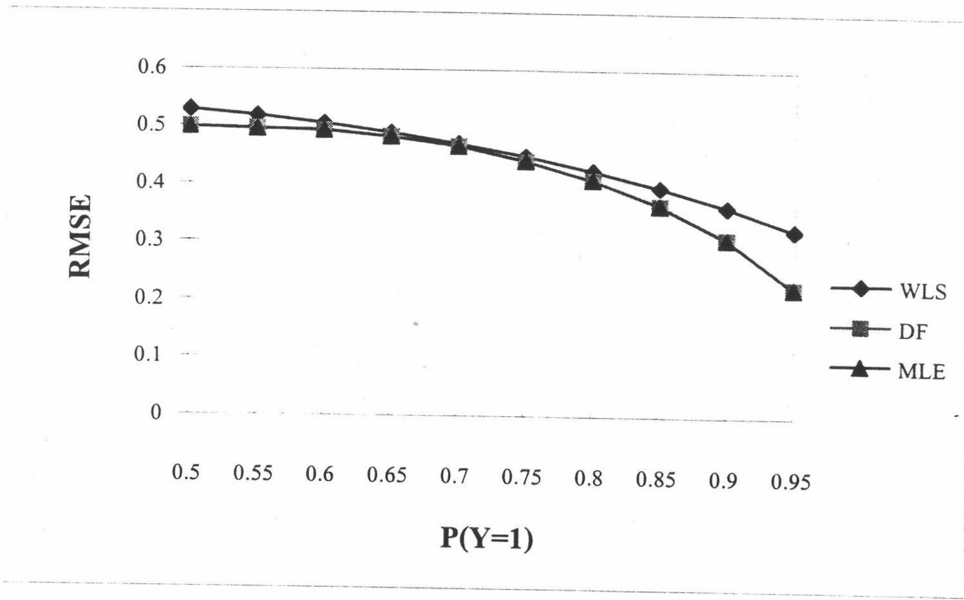
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,1)$



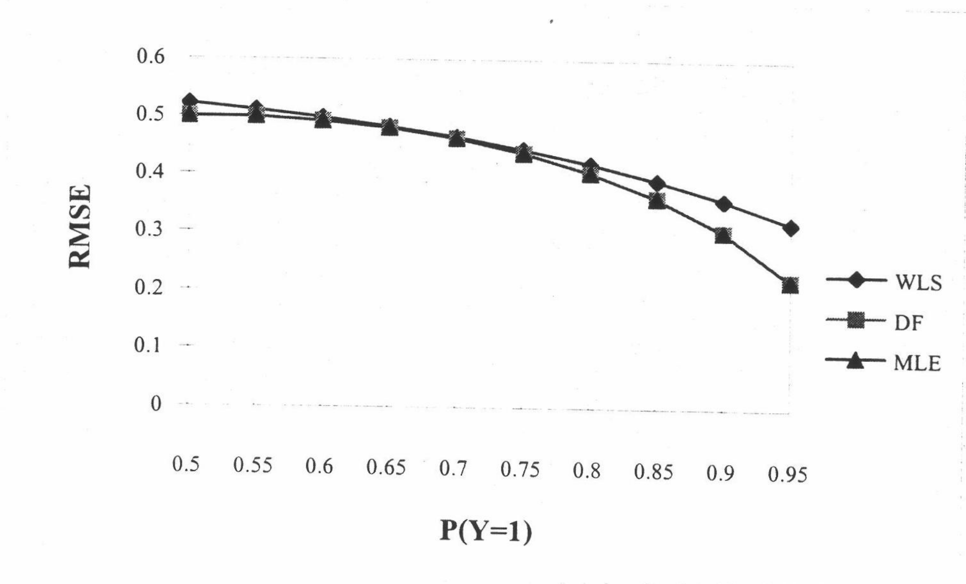
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,1)$



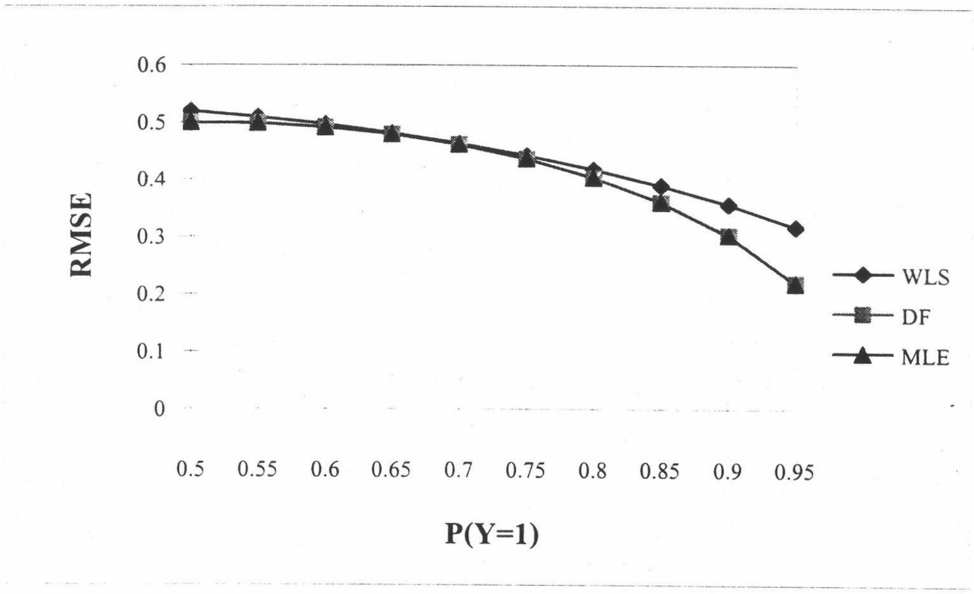
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,4)$



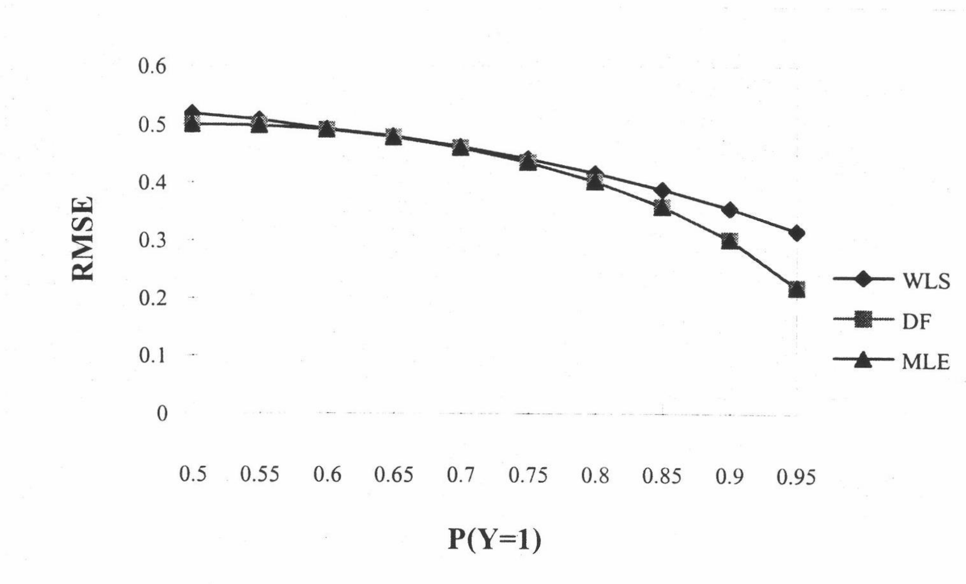
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,4)$



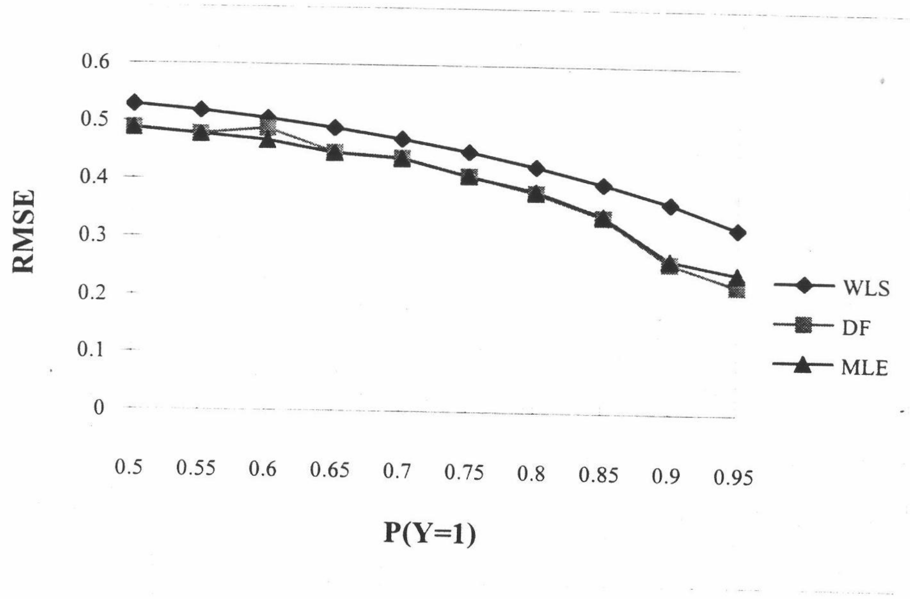
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,4)$



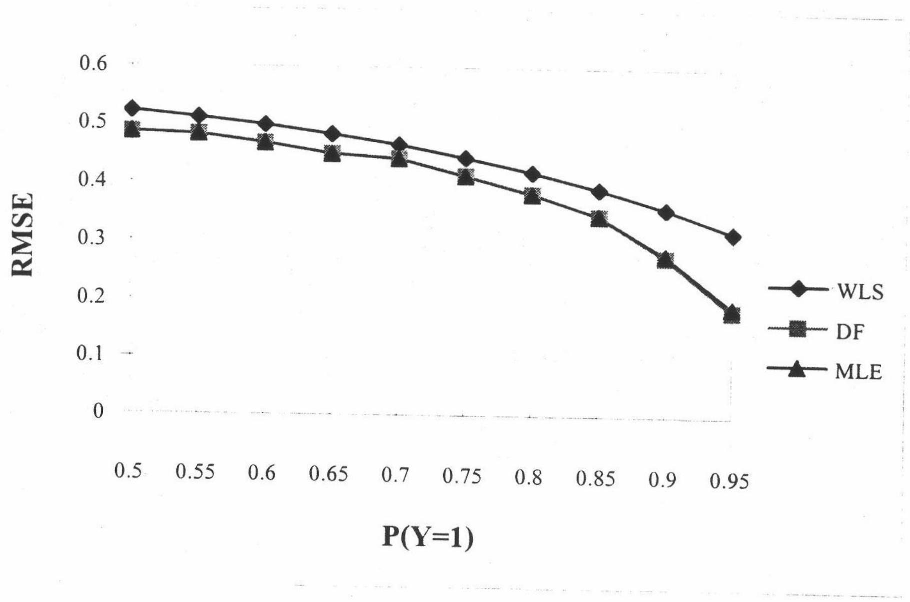
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,4)$



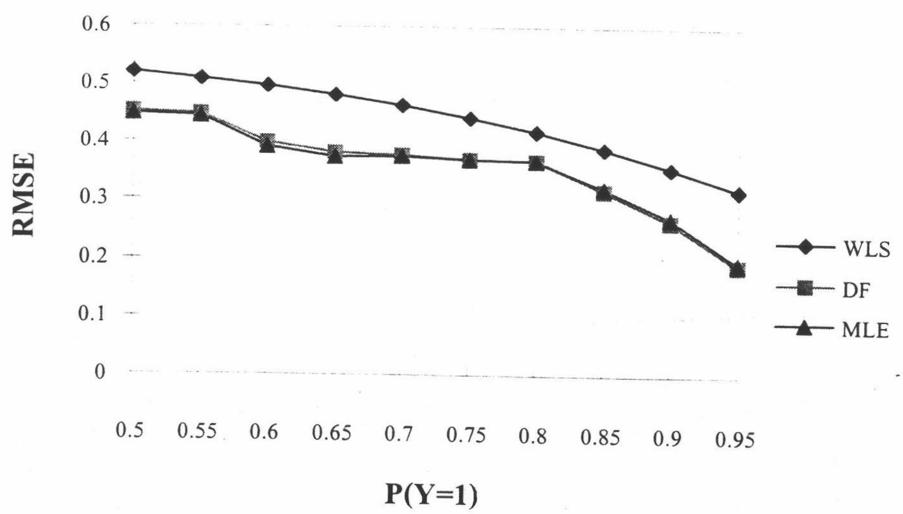
รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(0.5)$



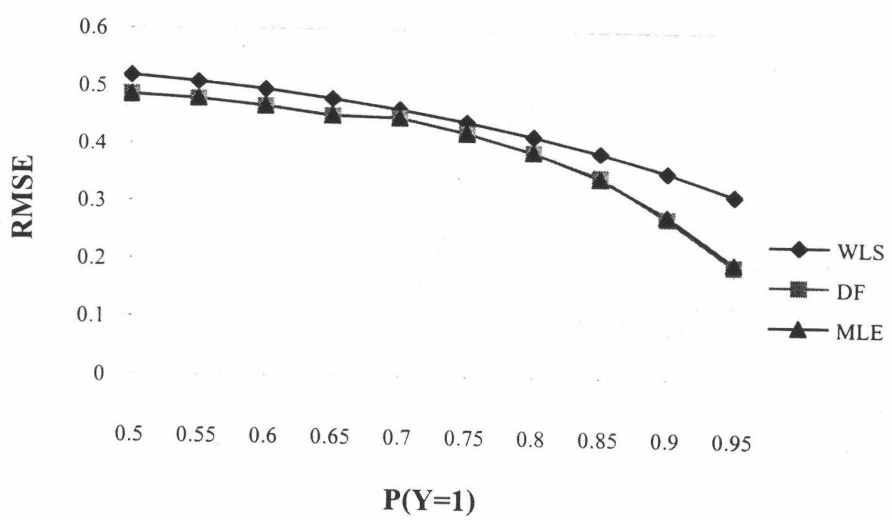
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(0.5)$



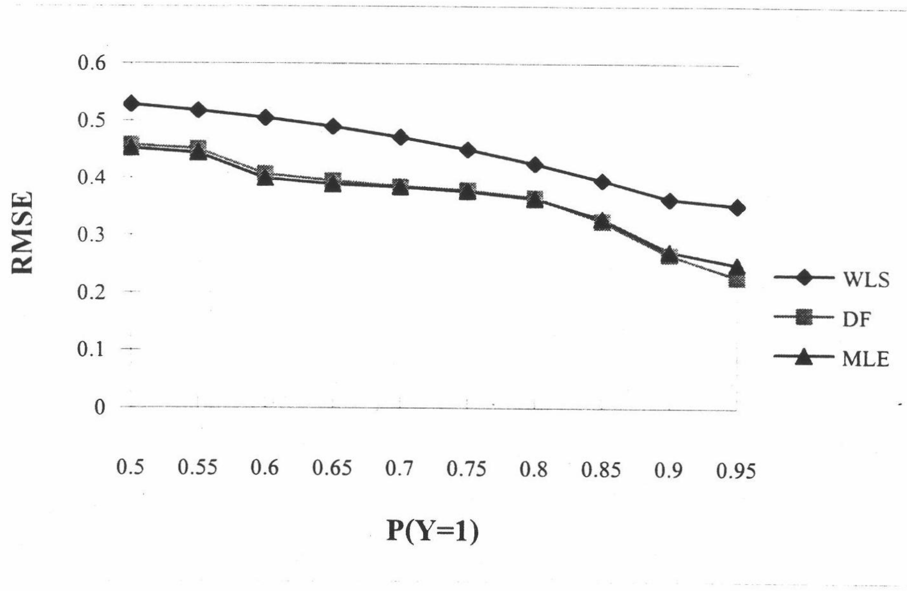
รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(0.5)$



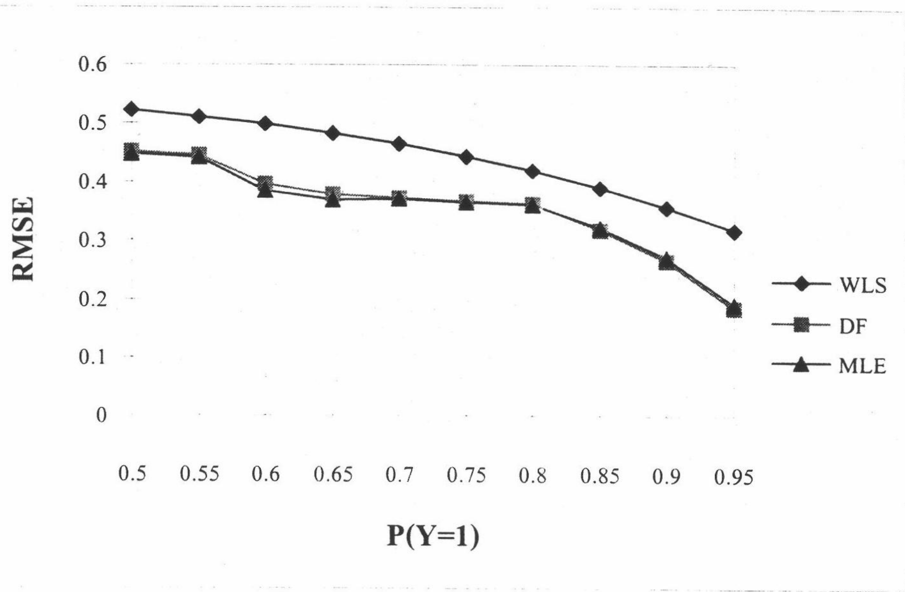
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(0.5)$



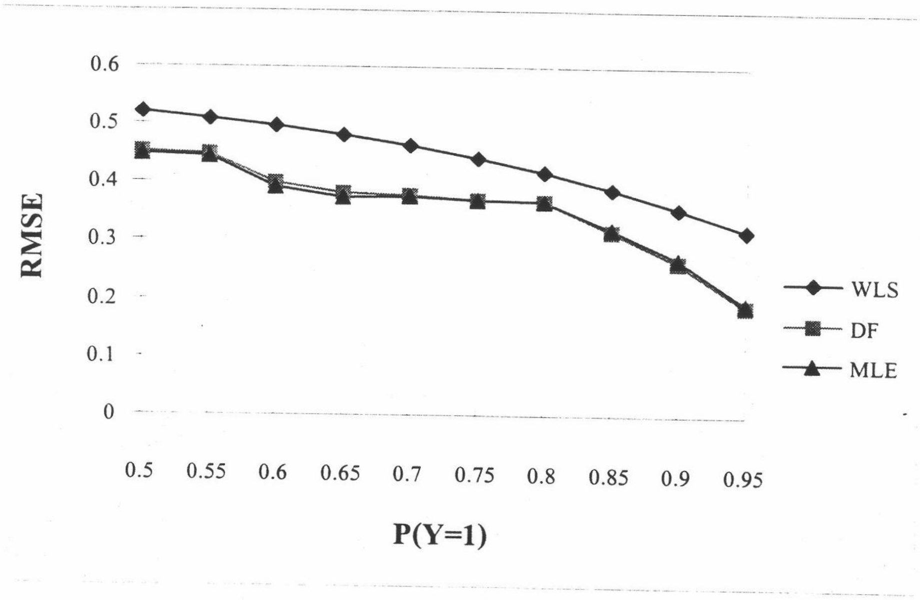
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(1)$



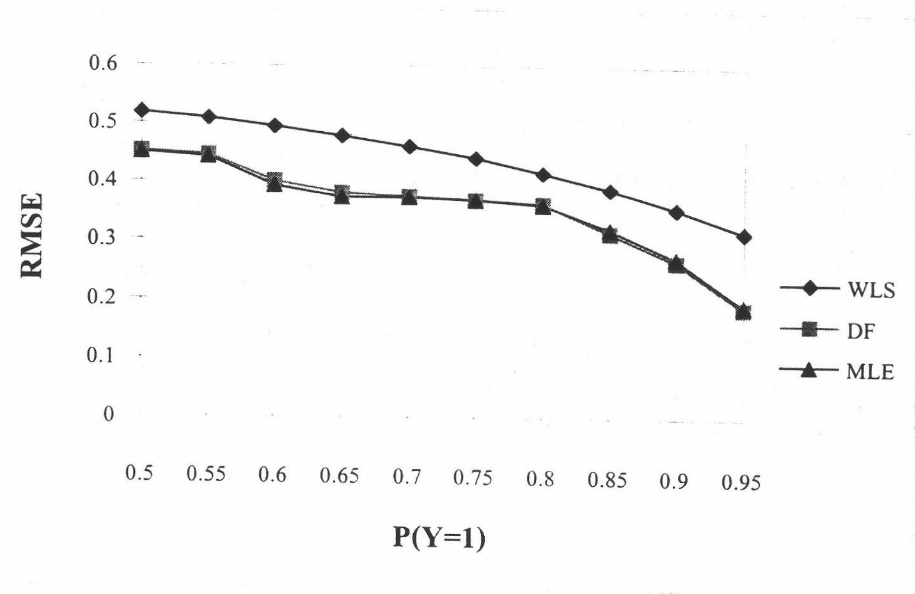
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(1)$



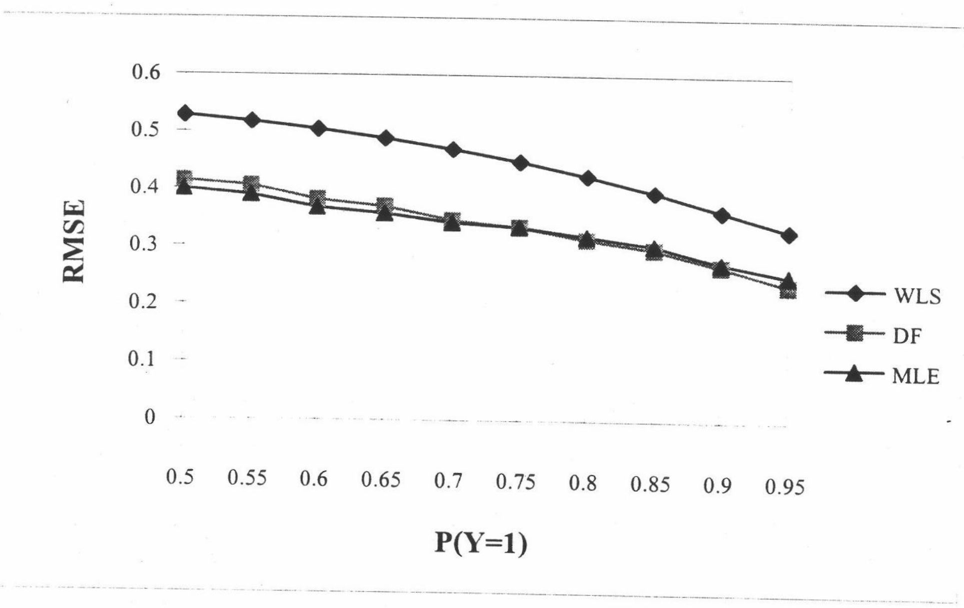
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(1)$



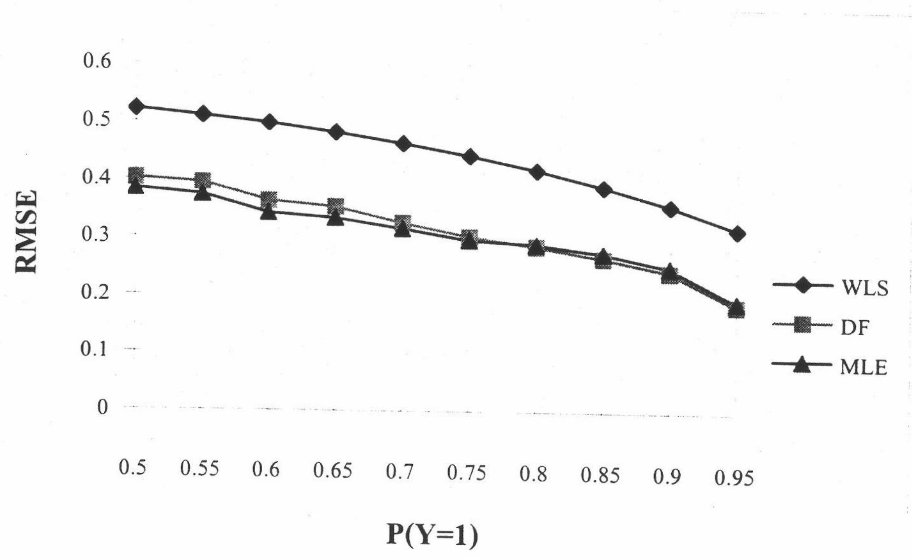
รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(1)$



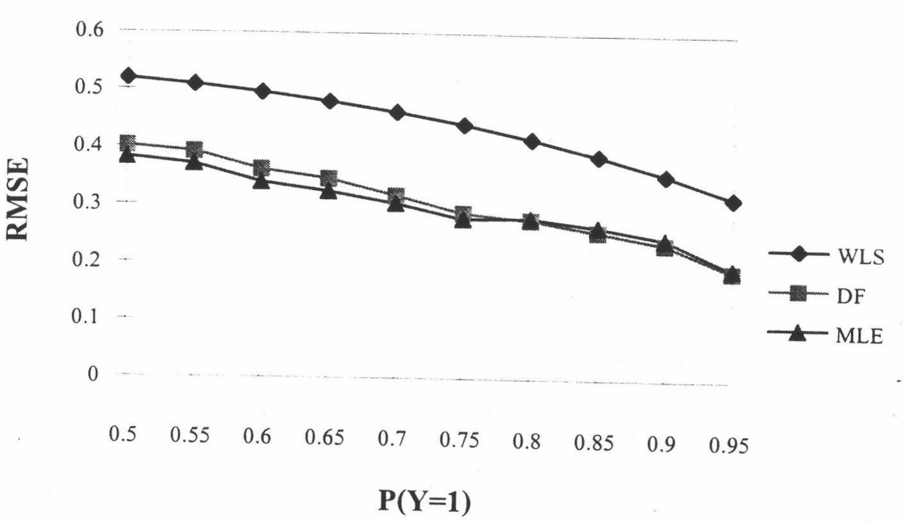
รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(2)$



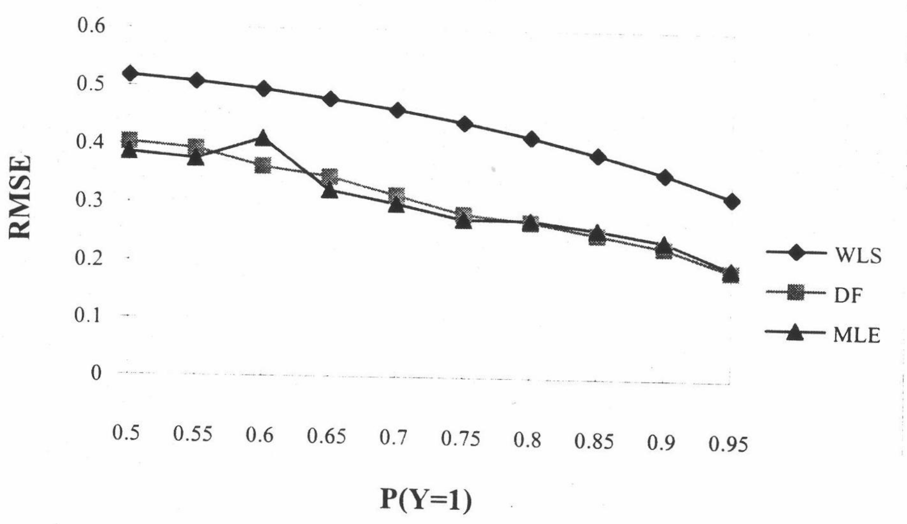
รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(2)$



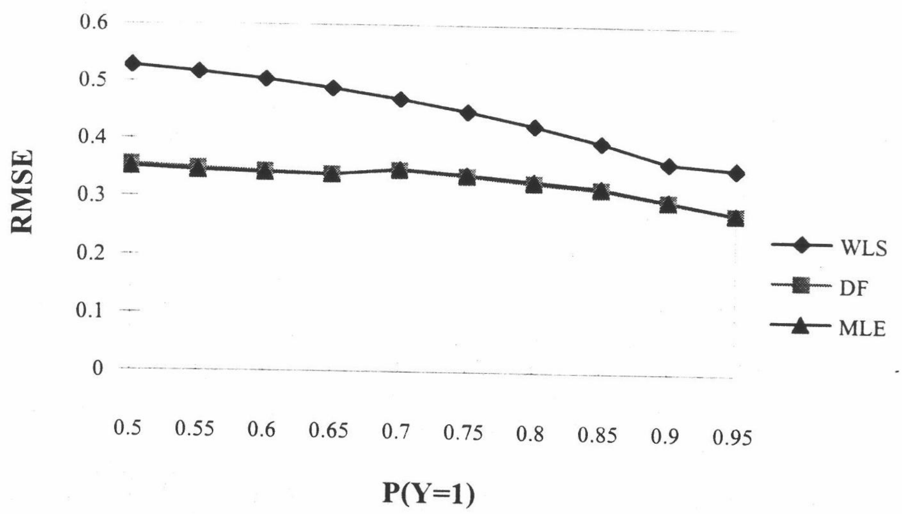
รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(2)$



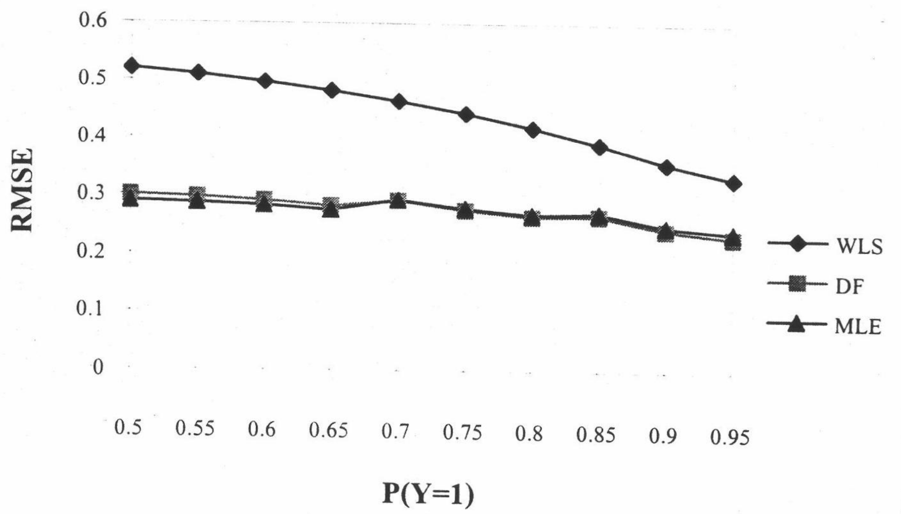
รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(2)$



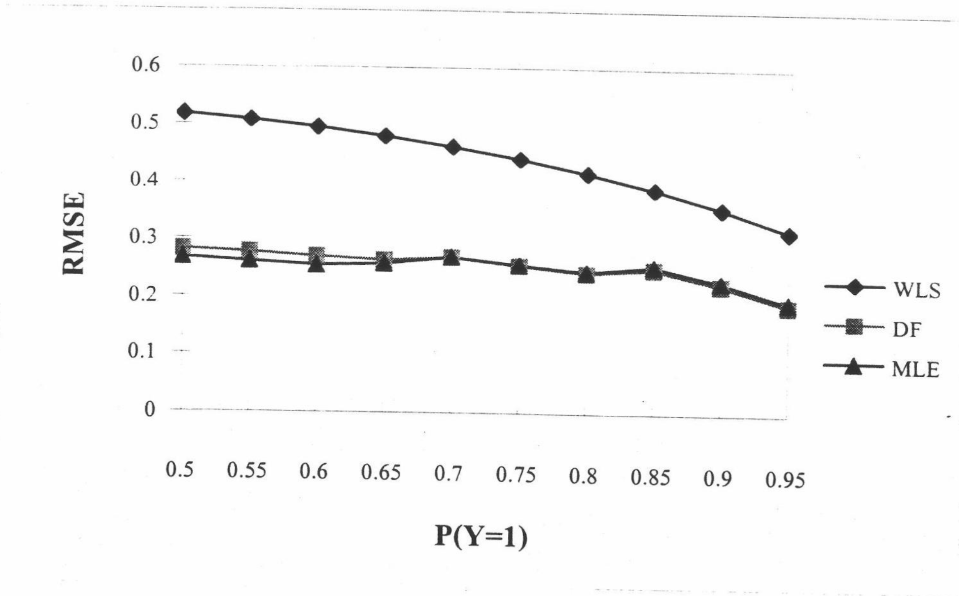
รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,0.5)$



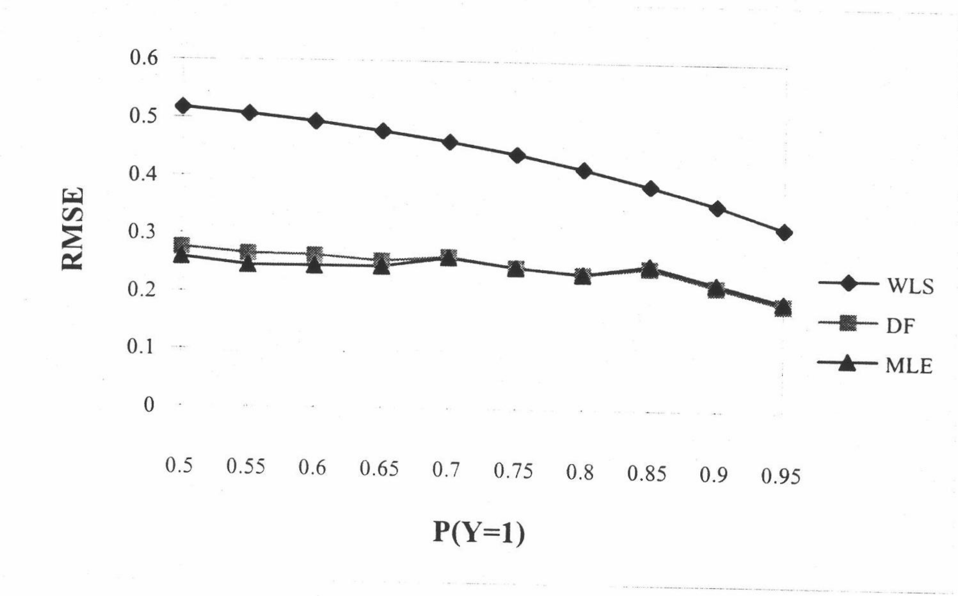
รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,0.5)$



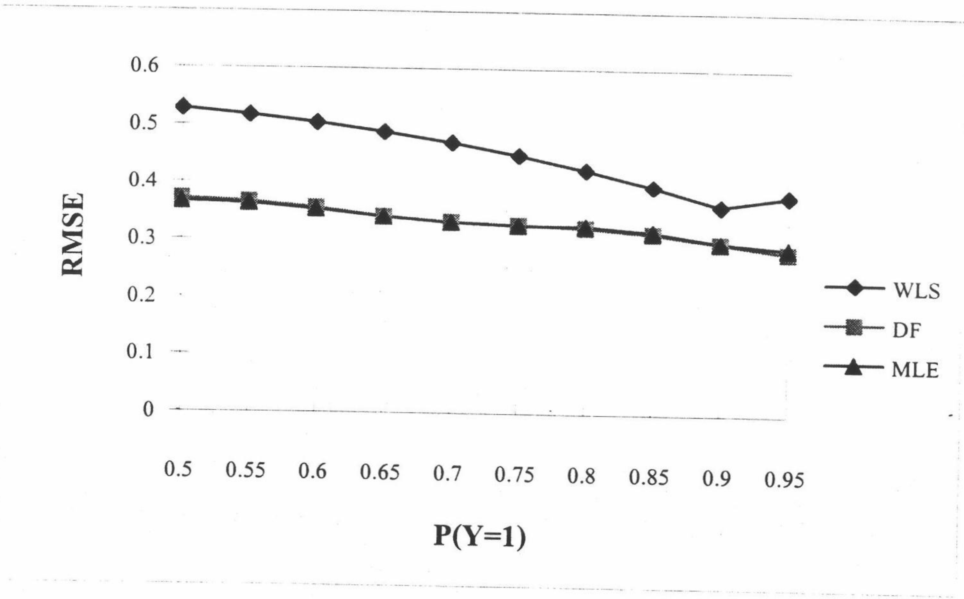
รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,0.5)$



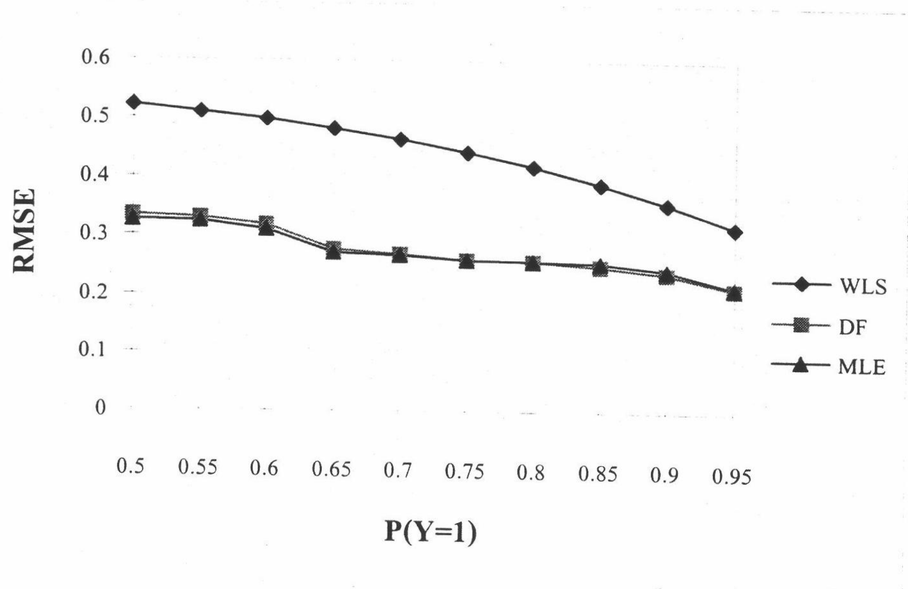
รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,0.5)$



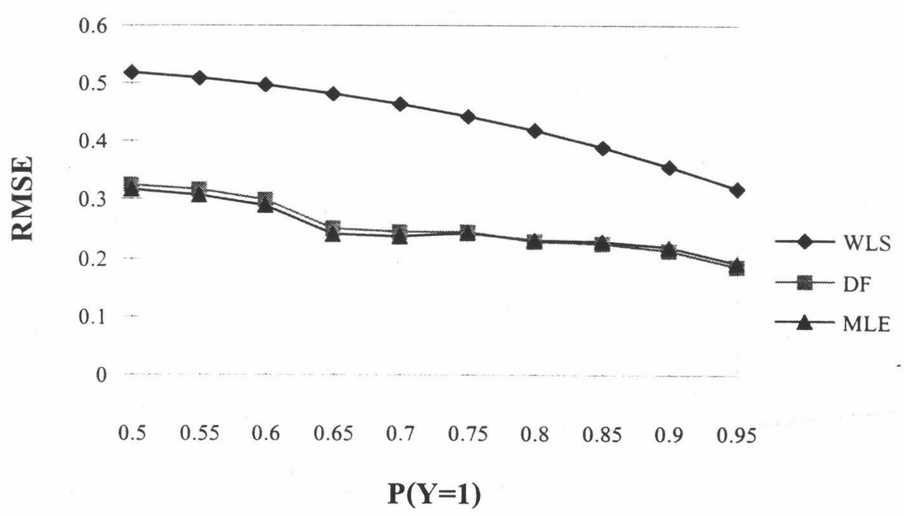
รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,1)$



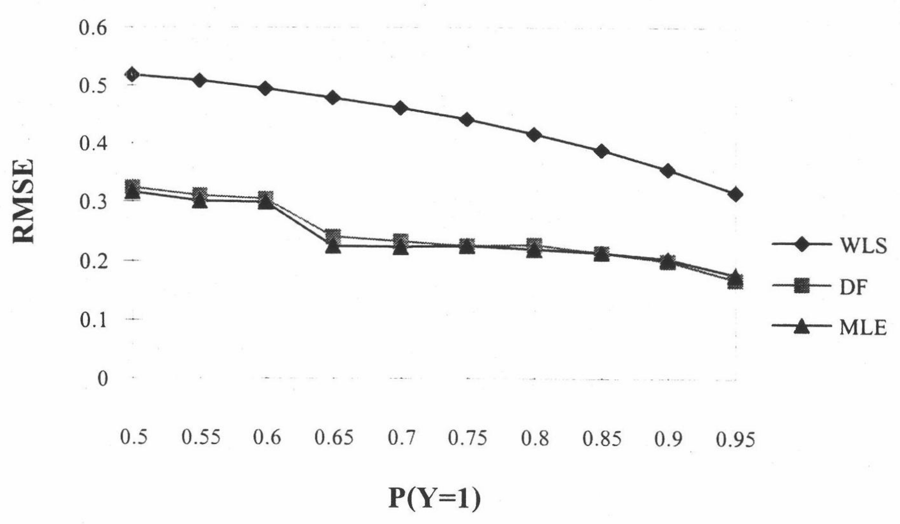
รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,1)$



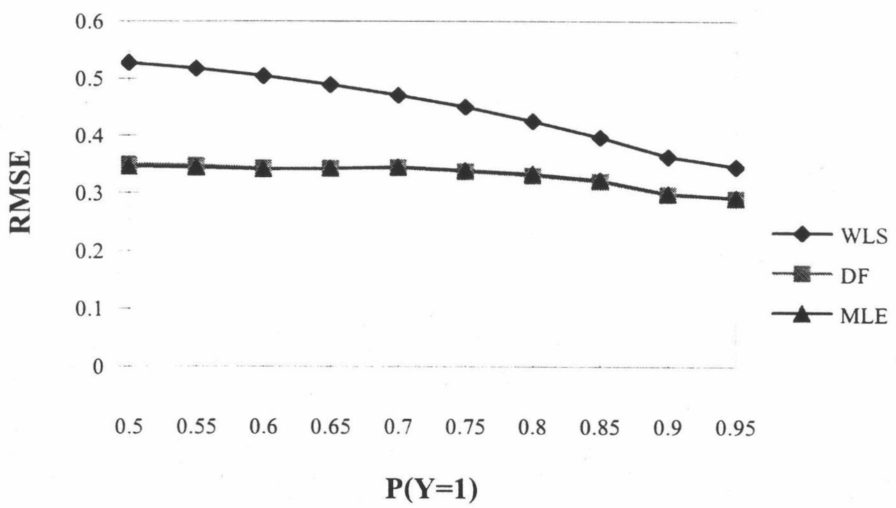
รูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,1)$



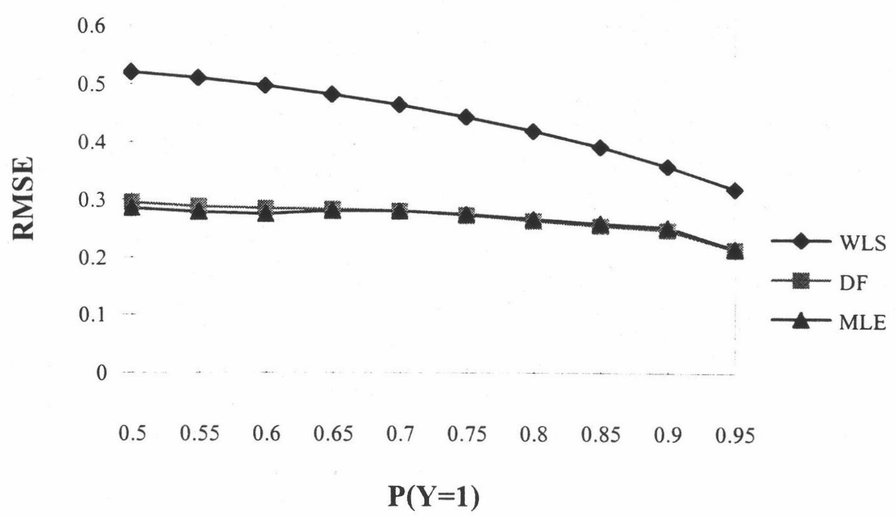
รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,1)$



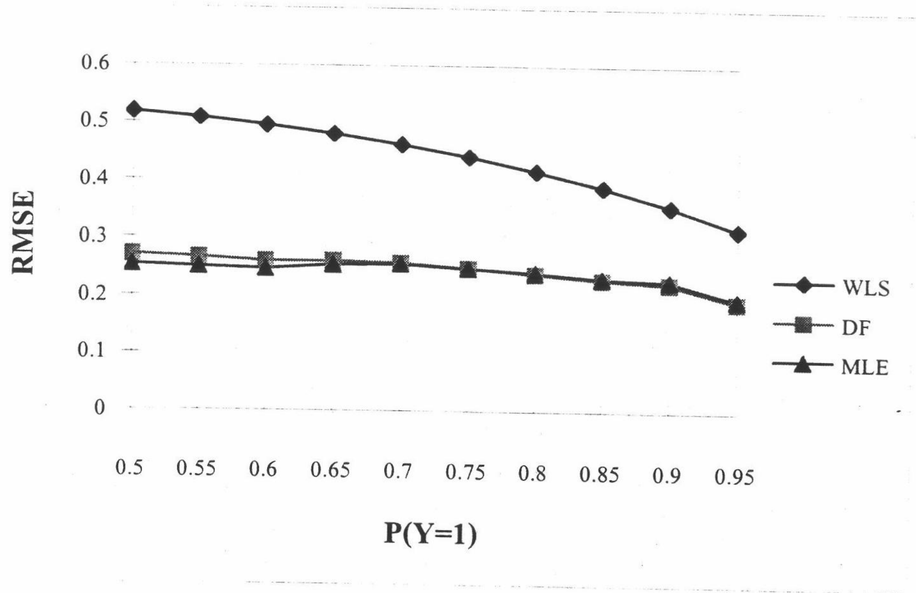
รูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,2)$



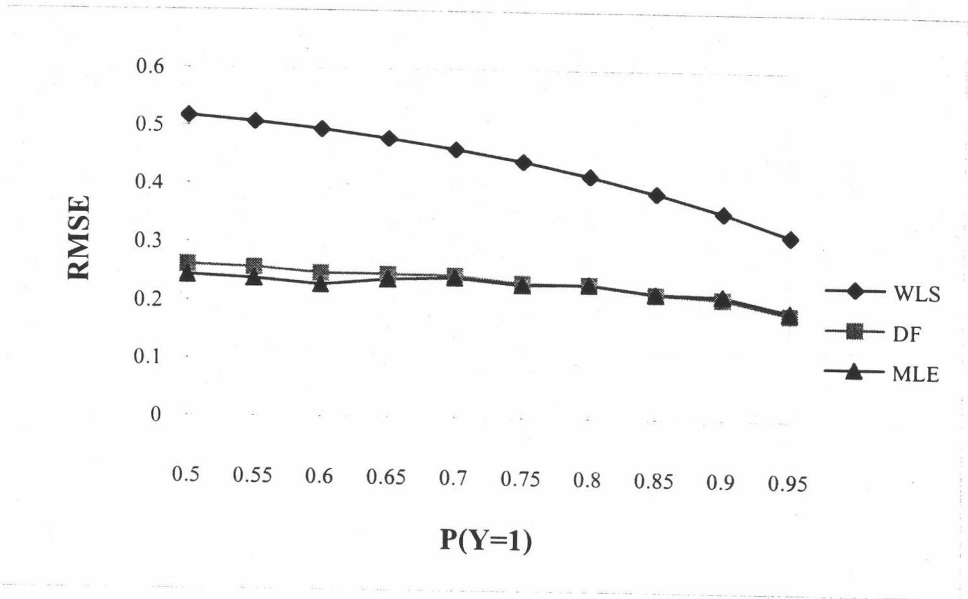
รูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,2)$



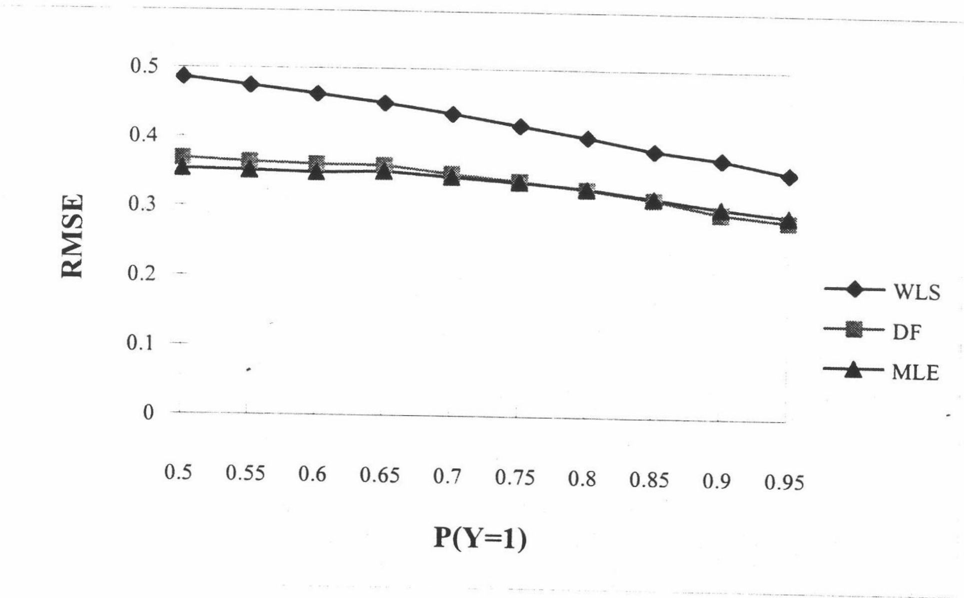
รูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,2)$



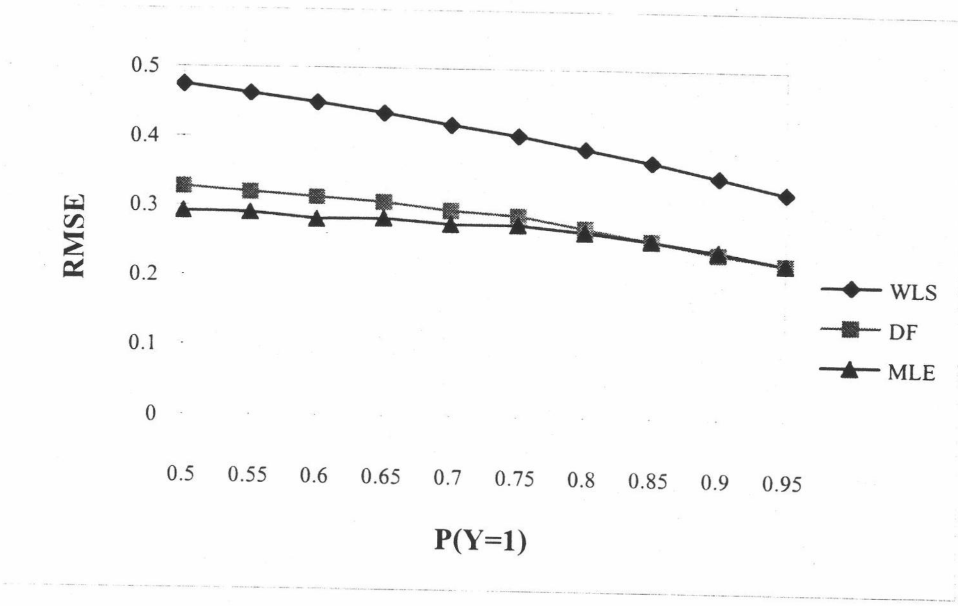
รูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,2)$



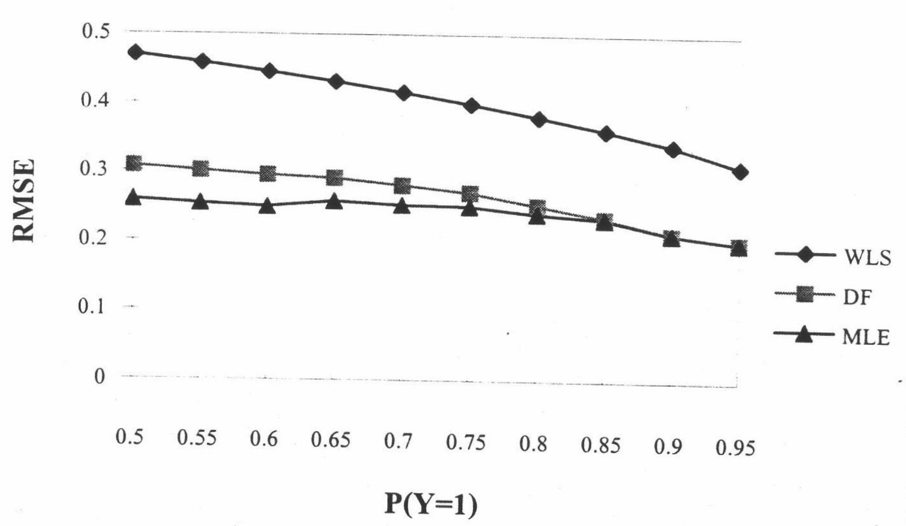
รูปที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



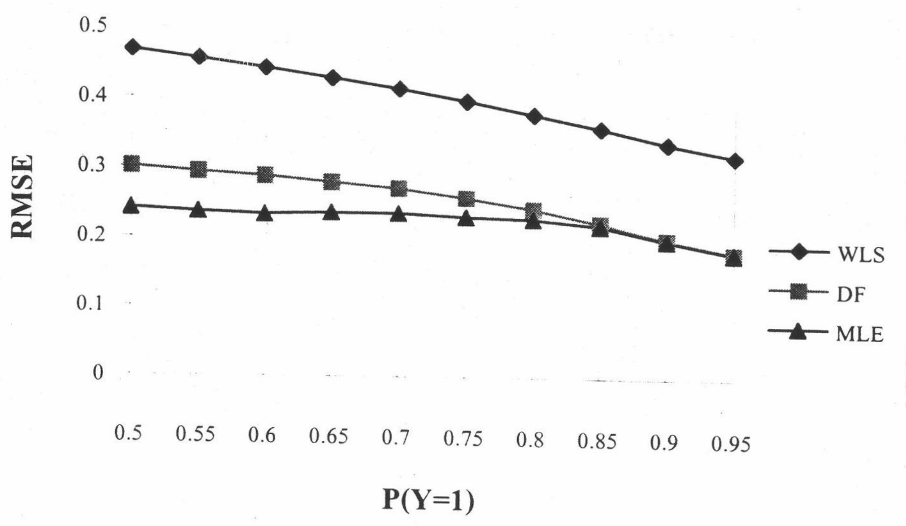
รูปที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



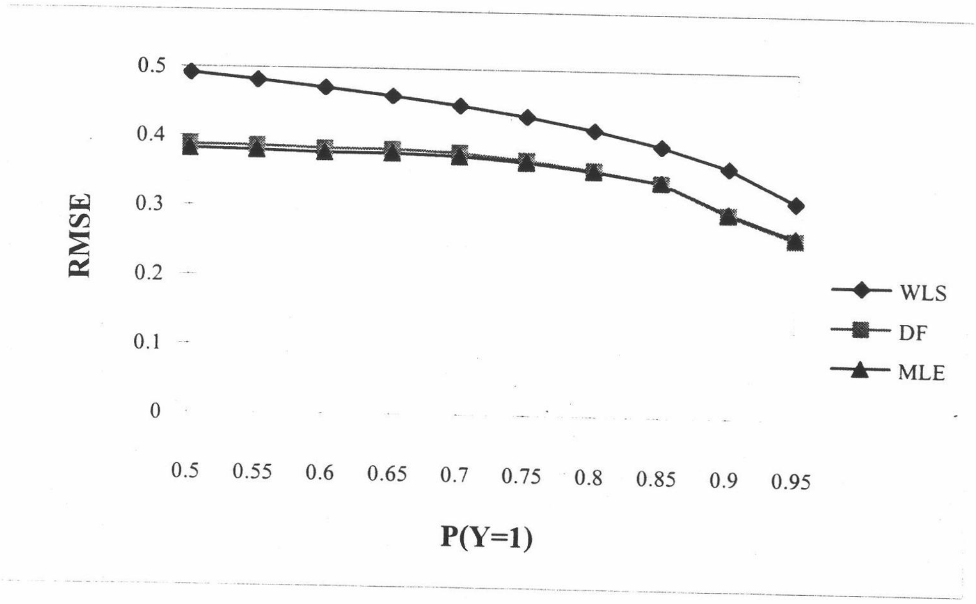
รูปที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



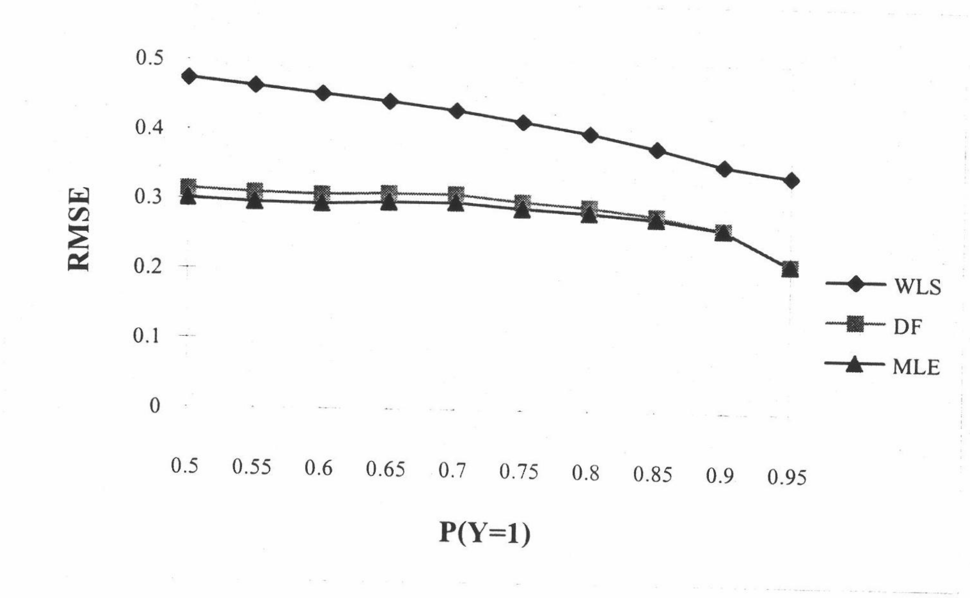
รูปที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



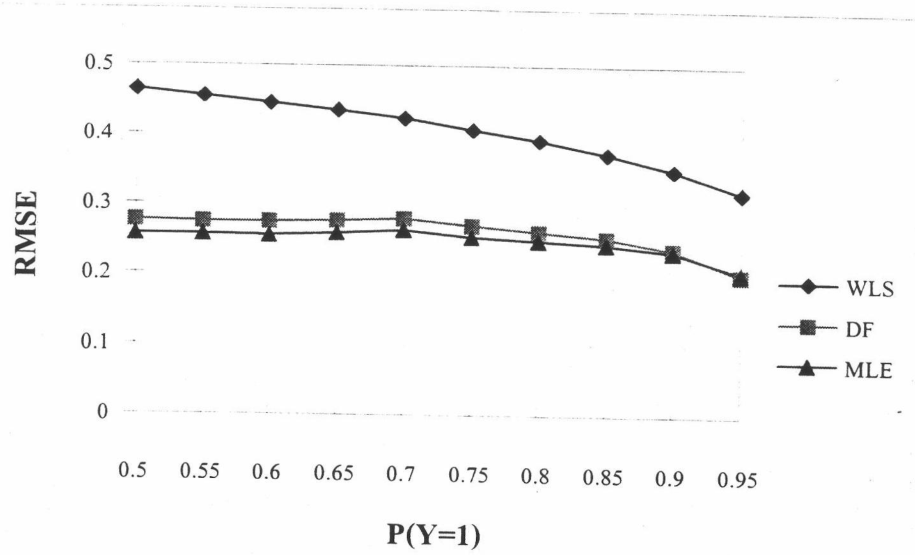
รูปที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



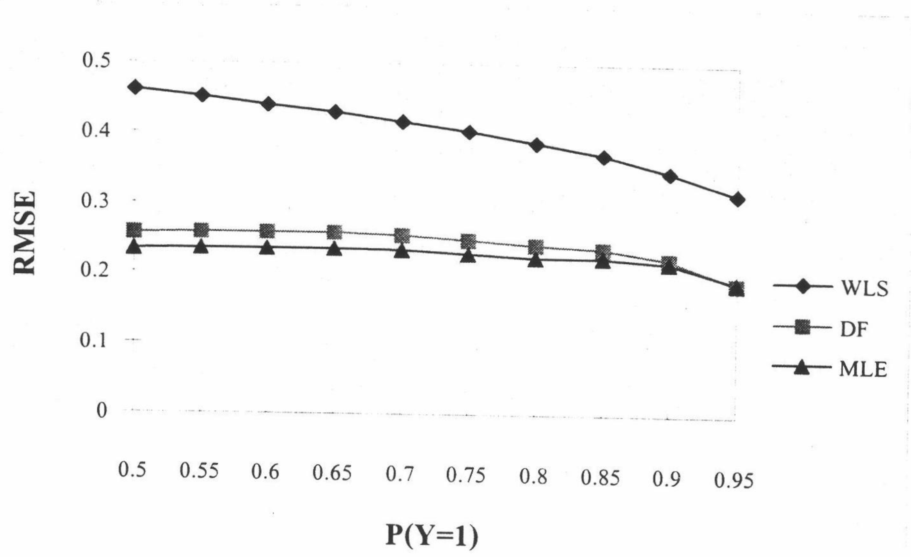
รูปที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



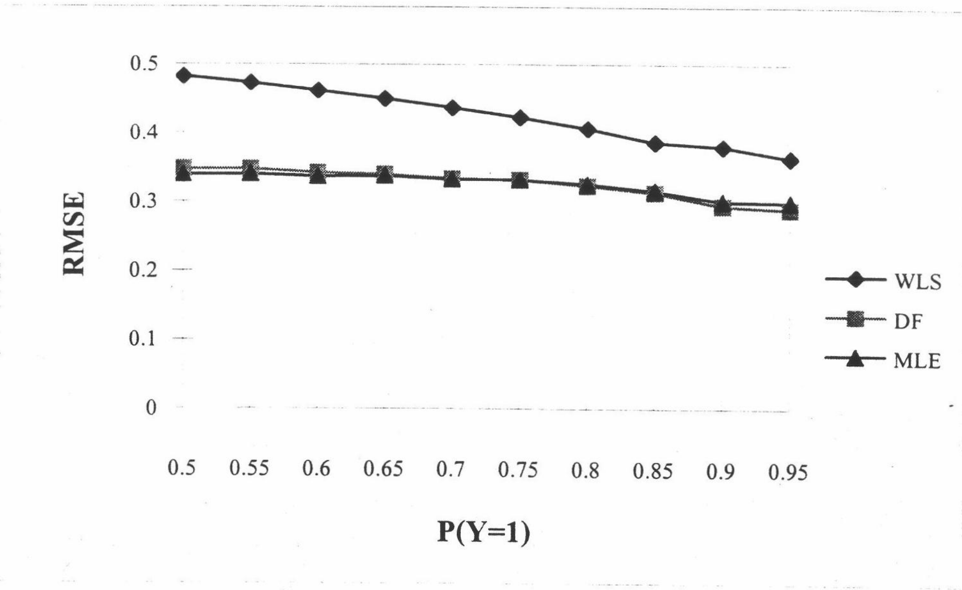
รูปที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



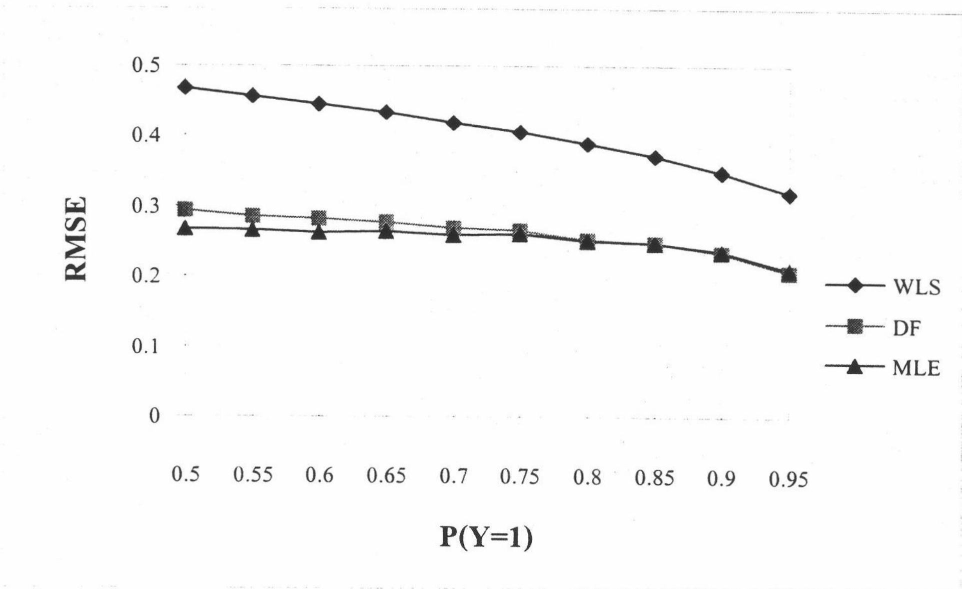
รูปที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



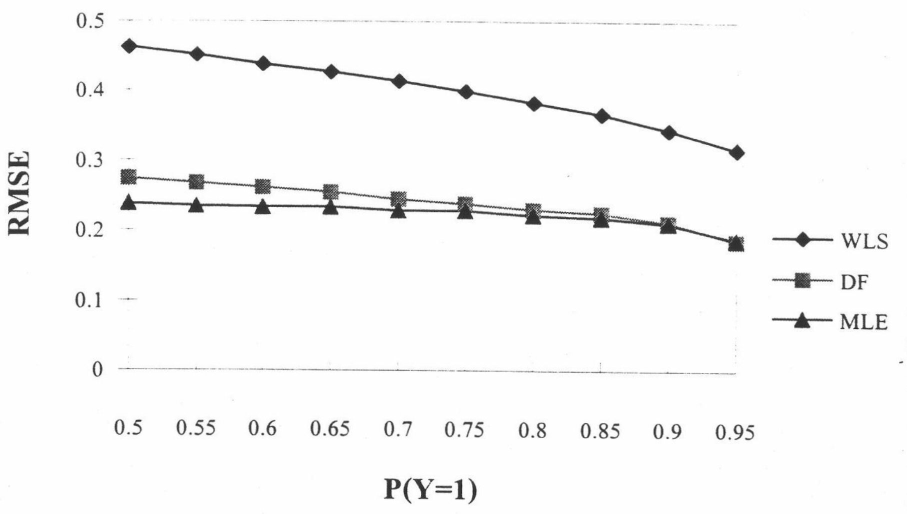
รูปที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



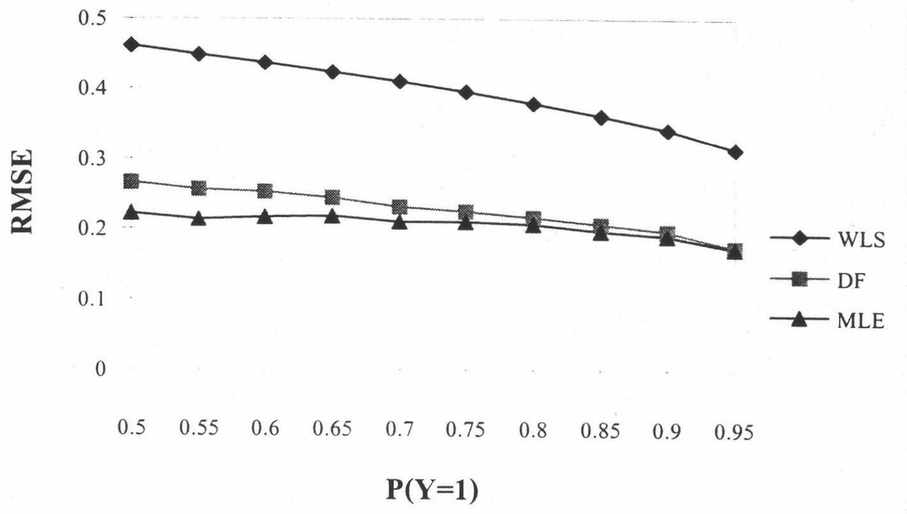
รูปที่ 4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



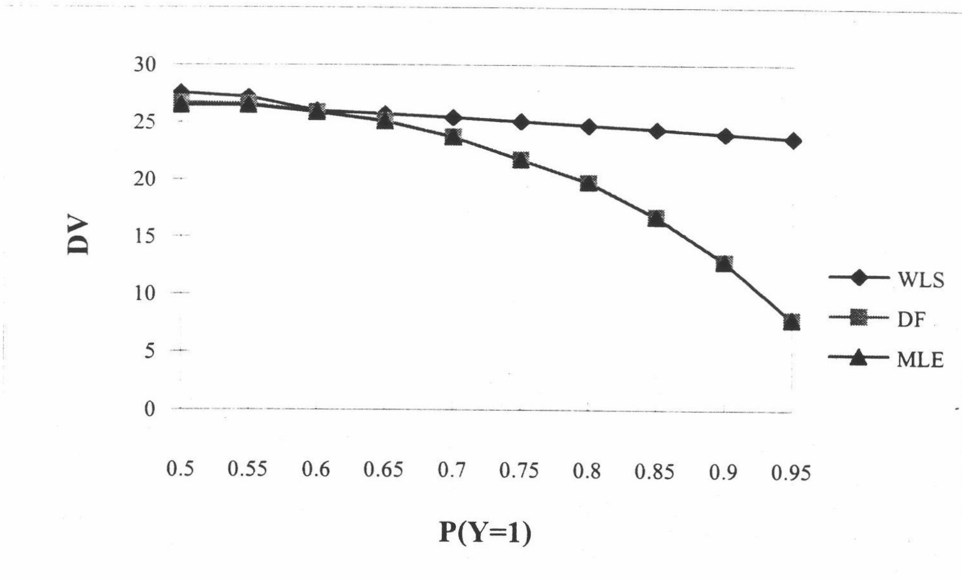
รูปที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



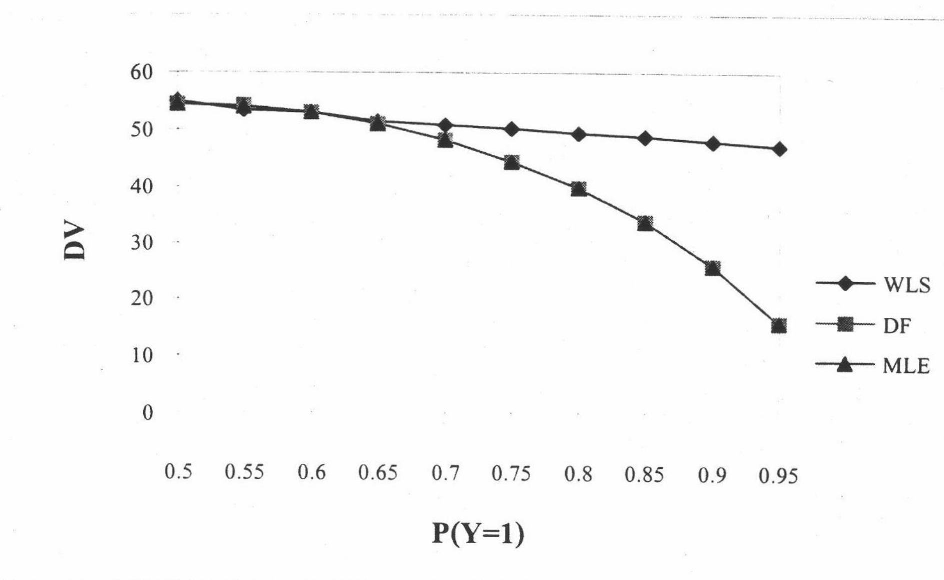
รูปที่ 4.48 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



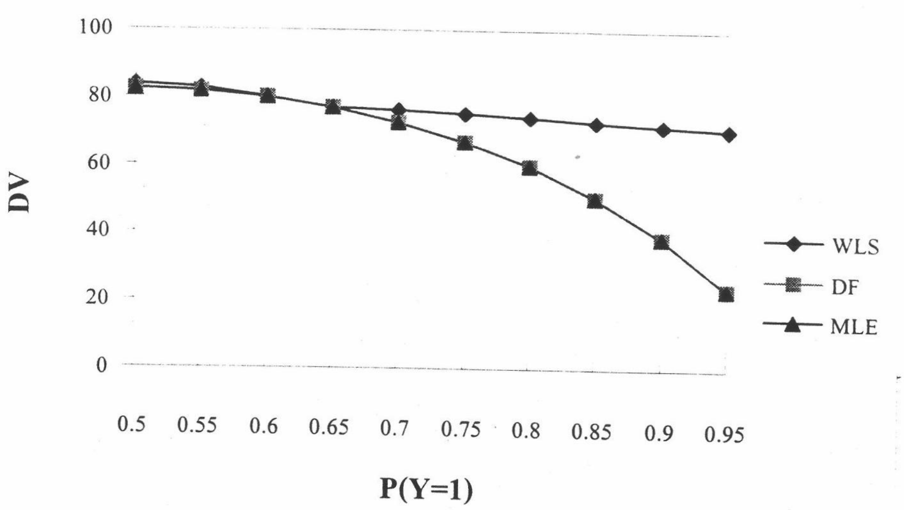
รูปที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,0.25)$



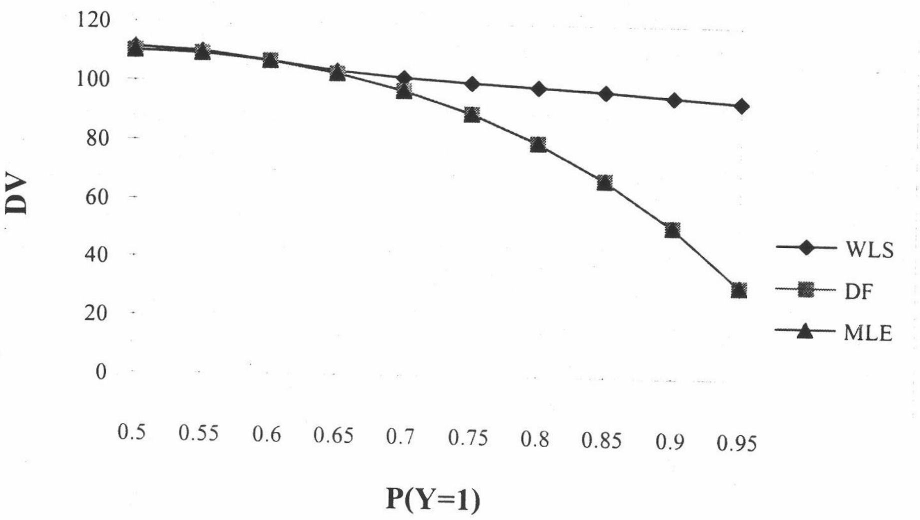
รูปที่ 4.50 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,0.25)$



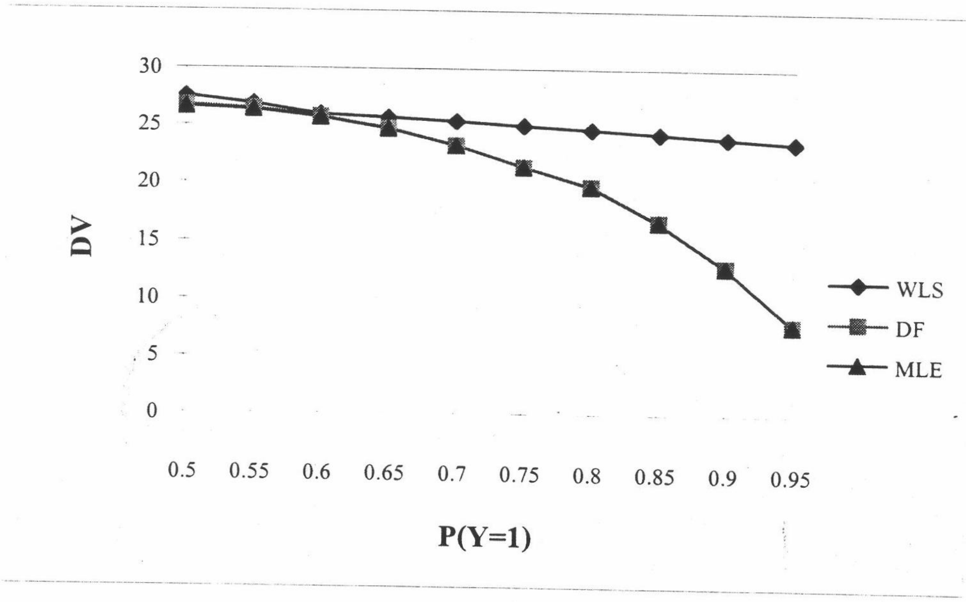
รูปที่ 4.51 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,0.25)$



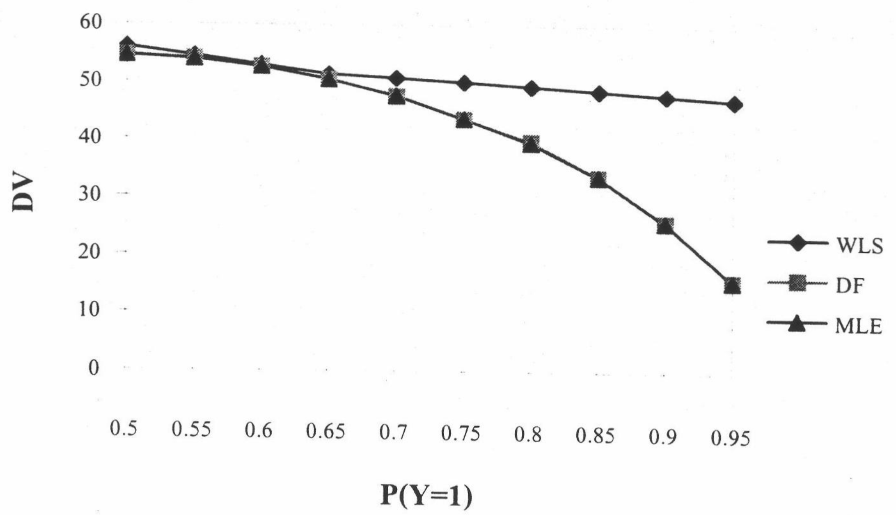
รูปที่ 4.52 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,0.25)$



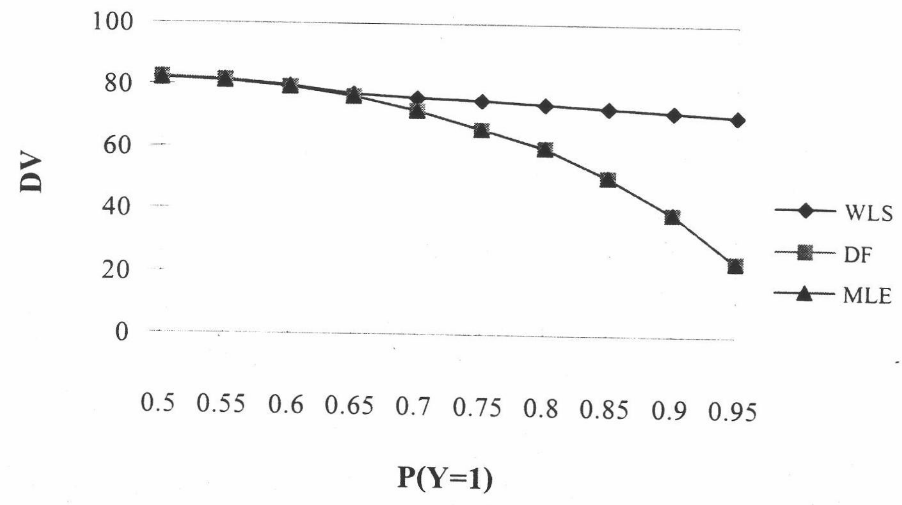
รูปที่ 4.53 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,1)$



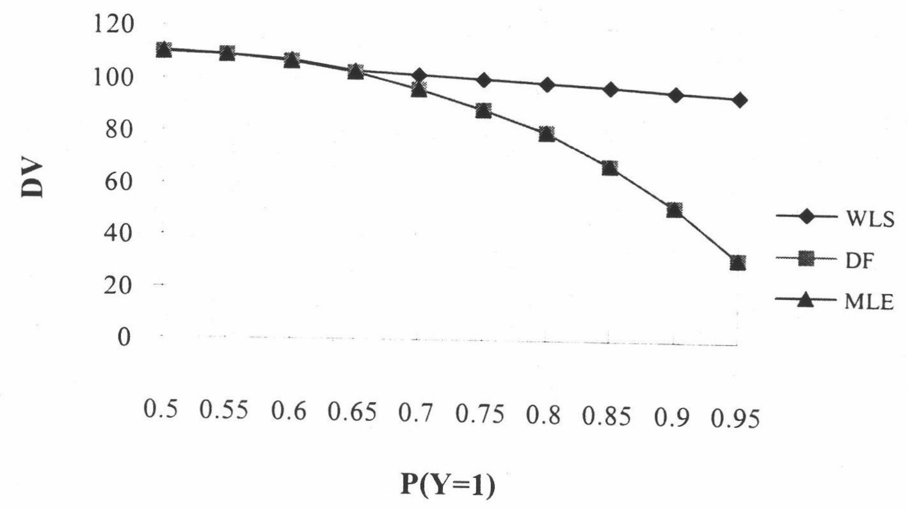
รูปที่ 4.54 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,1)$



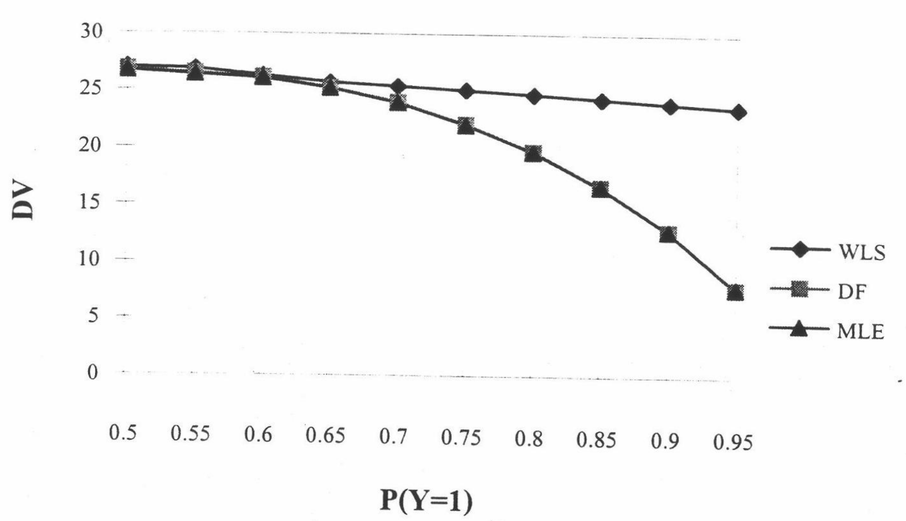
รูปที่ 4.55 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,1)$



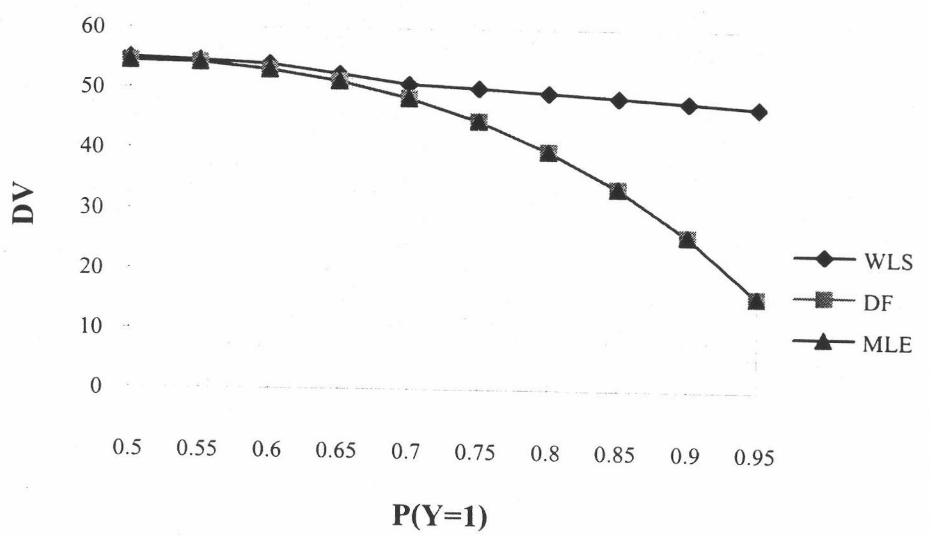
รูปที่ 4.56 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,1)$



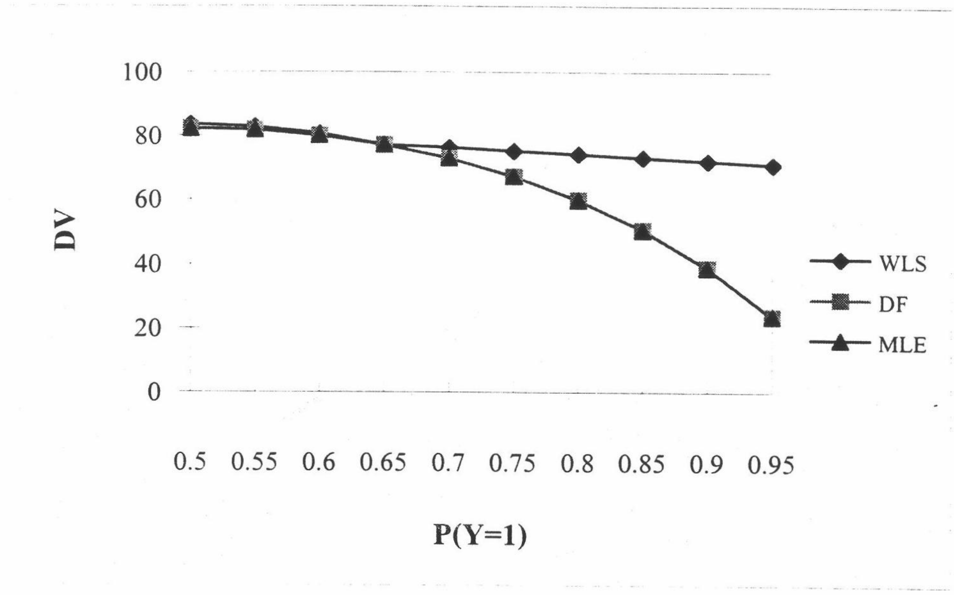
รูปที่ 4.57 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim N(2,4)$



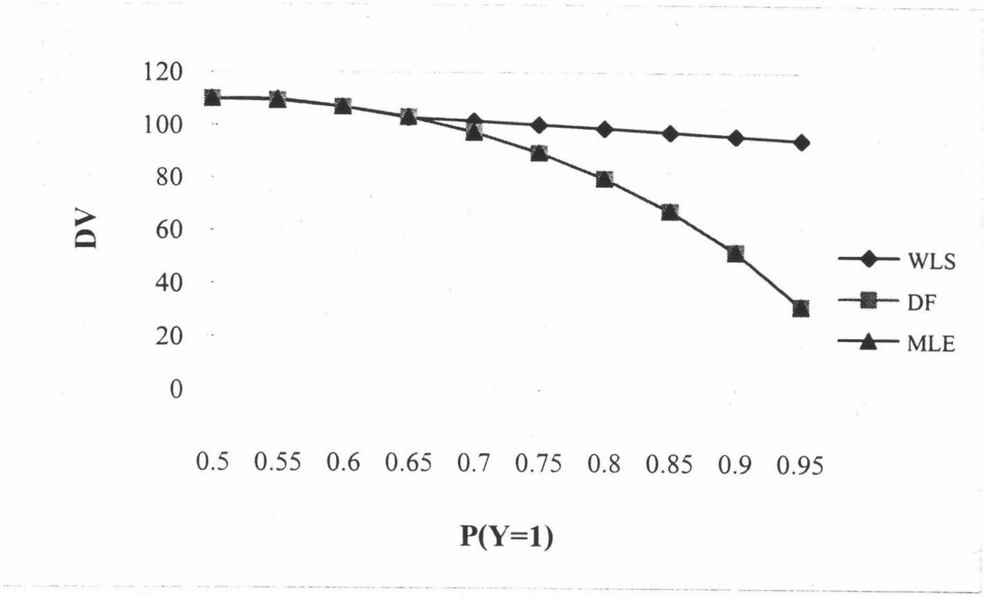
รูปที่ 4.58 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim N(2,4)$



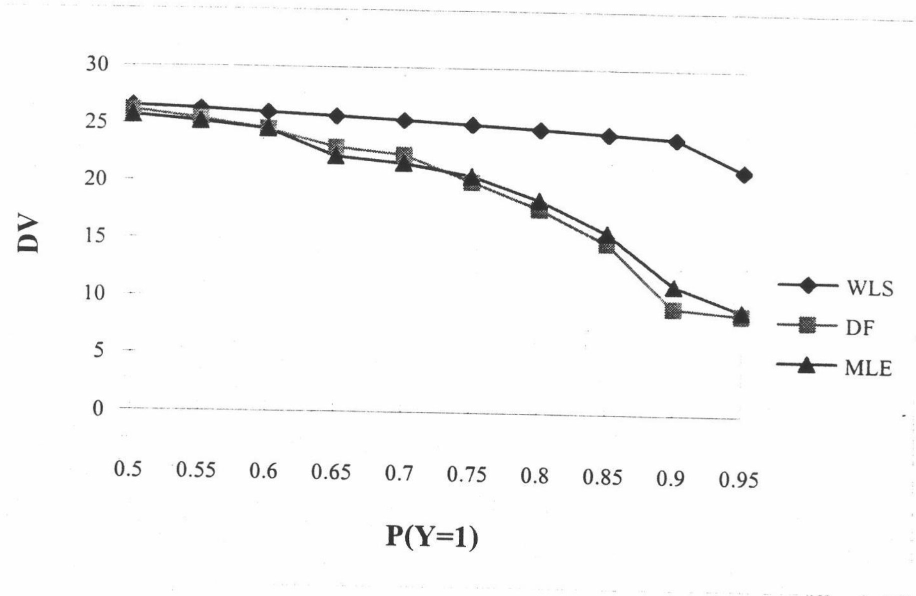
รูปที่ 4.59 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim N(2,4)$



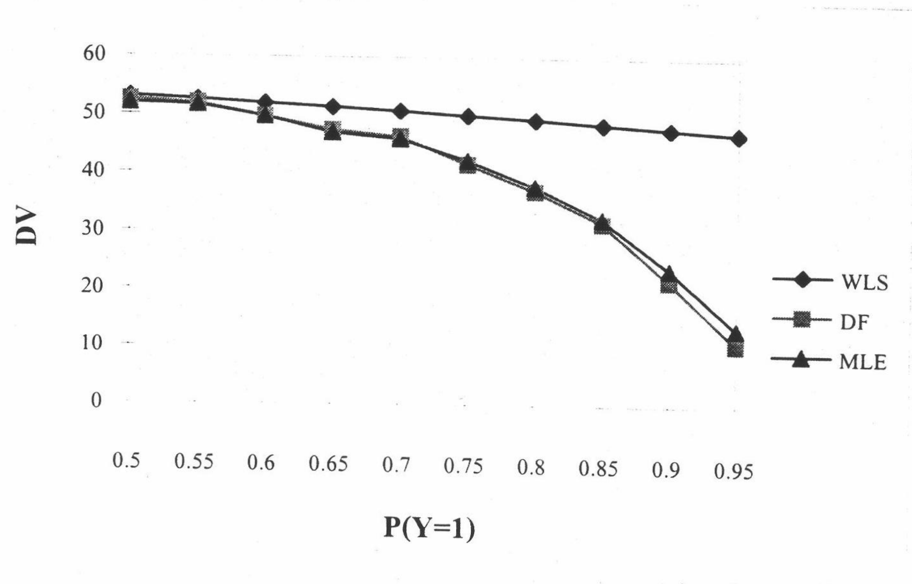
รูปที่ 4.60 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim N(2,4)$



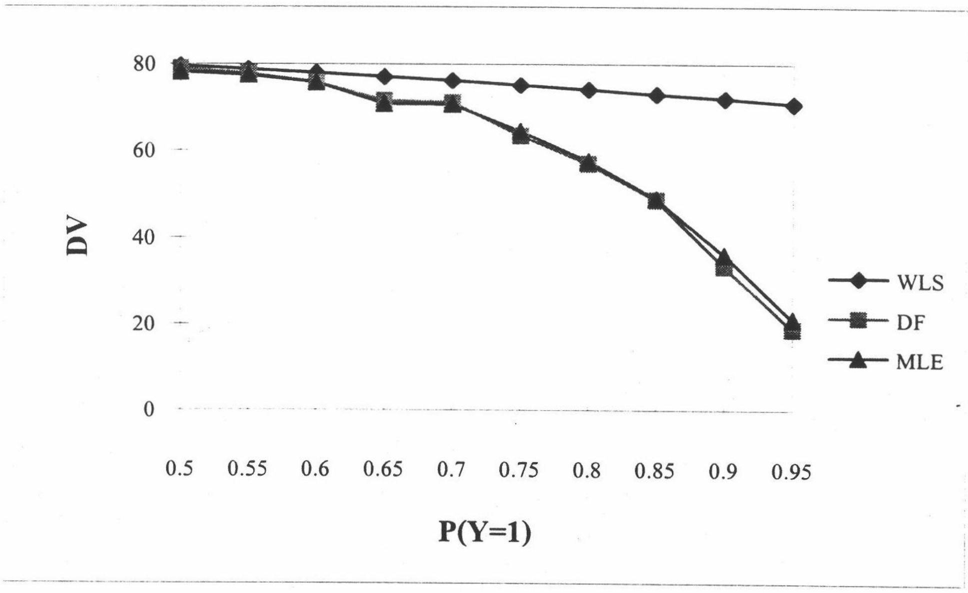
รูปที่ 4.61 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(0.5)$



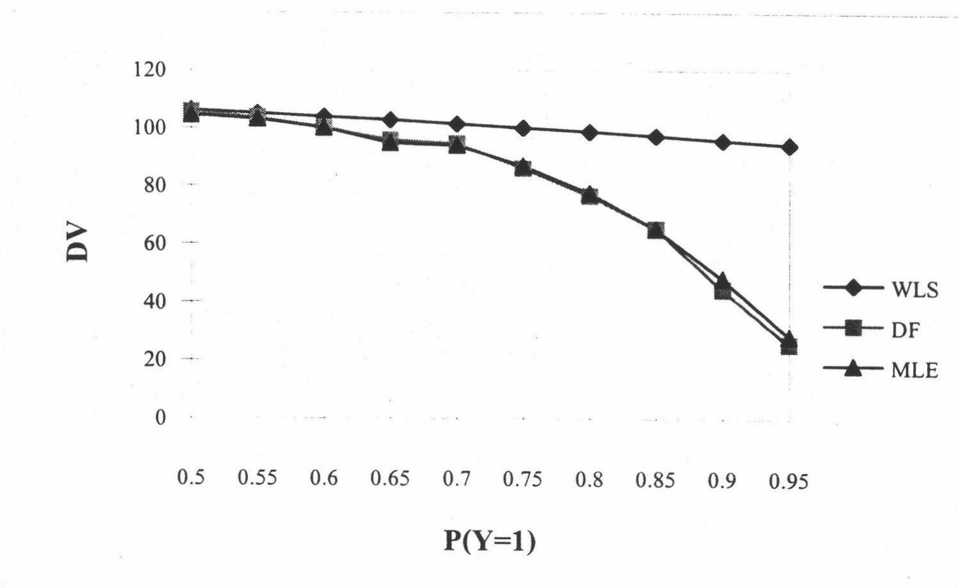
รูปที่ 4.62 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(0.5)$



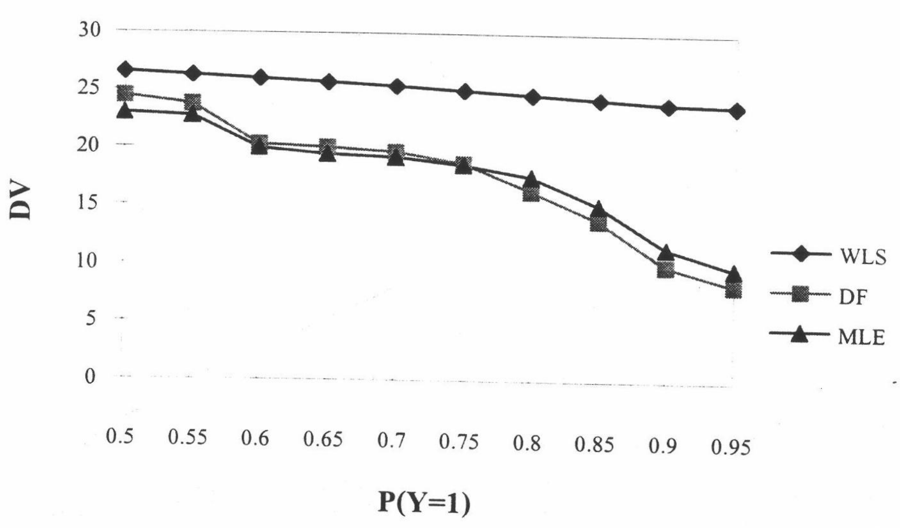
รูปที่ 4.63 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(0.5)$



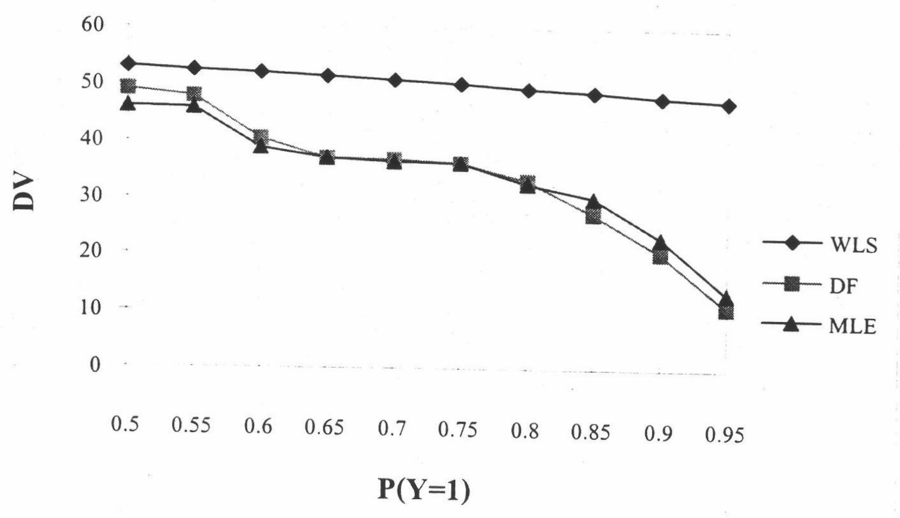
รูปที่ 4.64 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(0.5)$



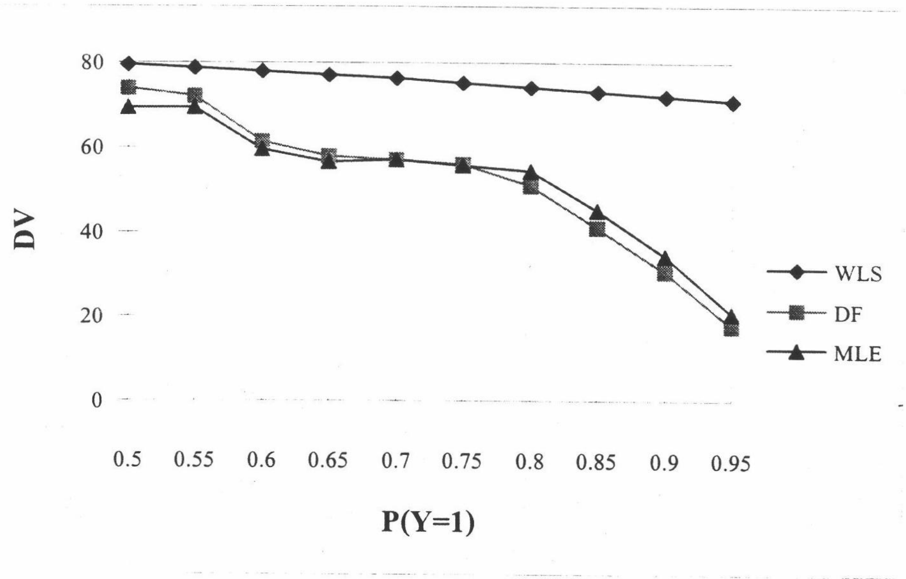
รูปที่ 4.65 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(1)$



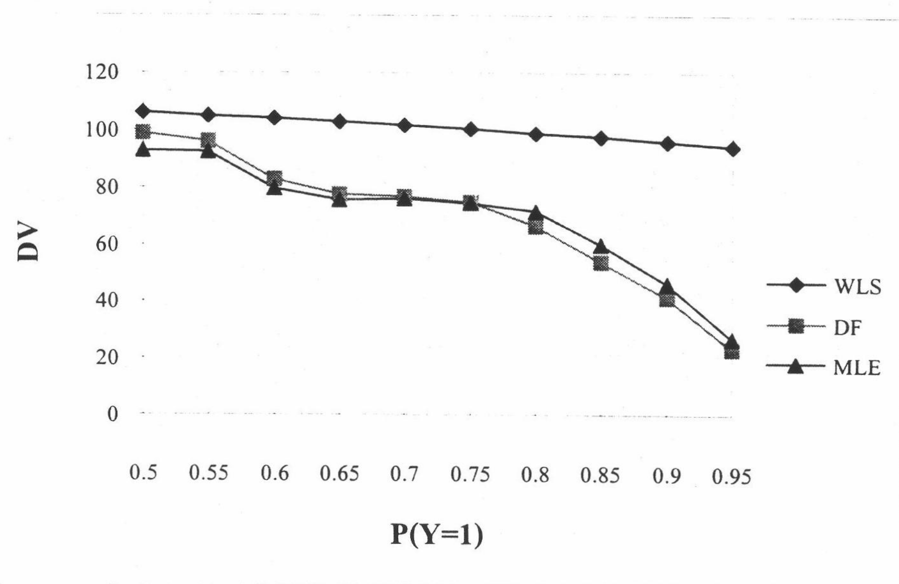
รูปที่ 4.66 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(1)$



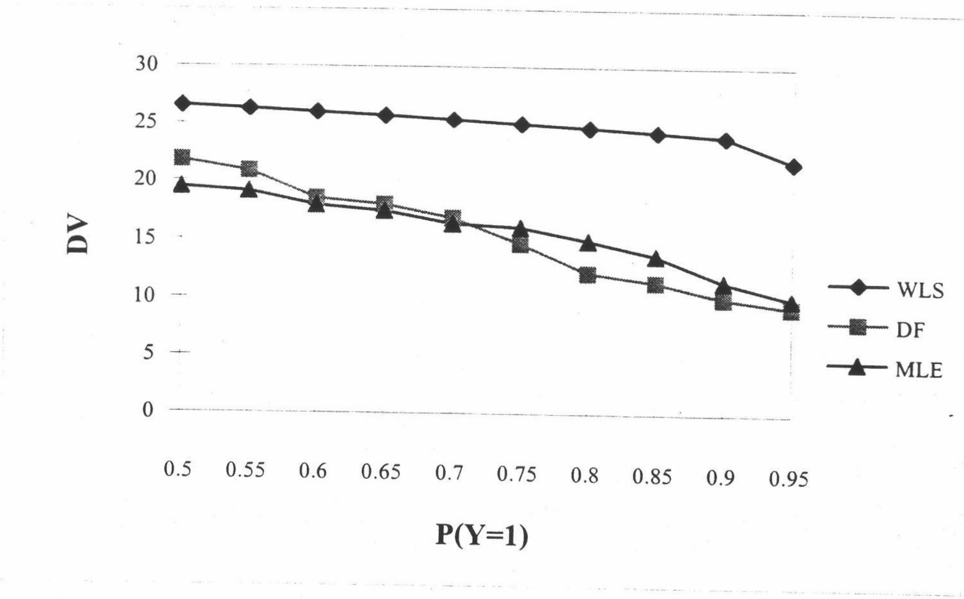
รูปที่ 4.67 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(1)$



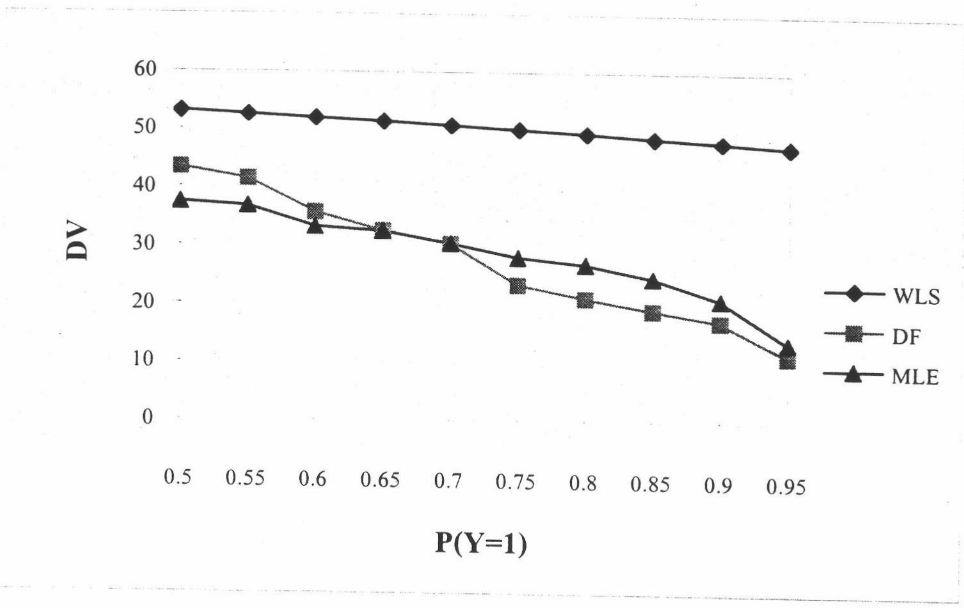
รูปที่ 4.68 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(1)$



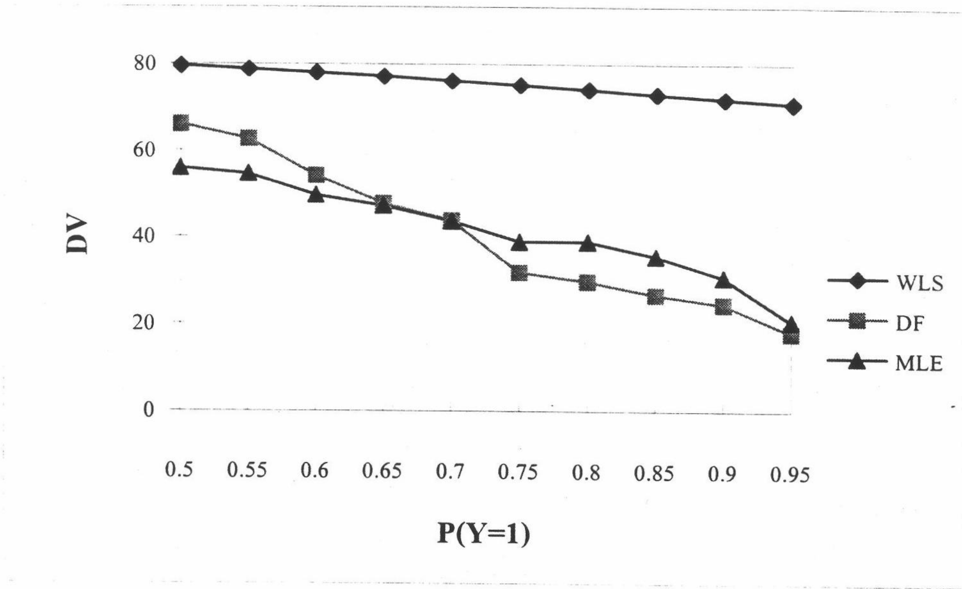
รูปที่ 4.69 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim Exp(2)$



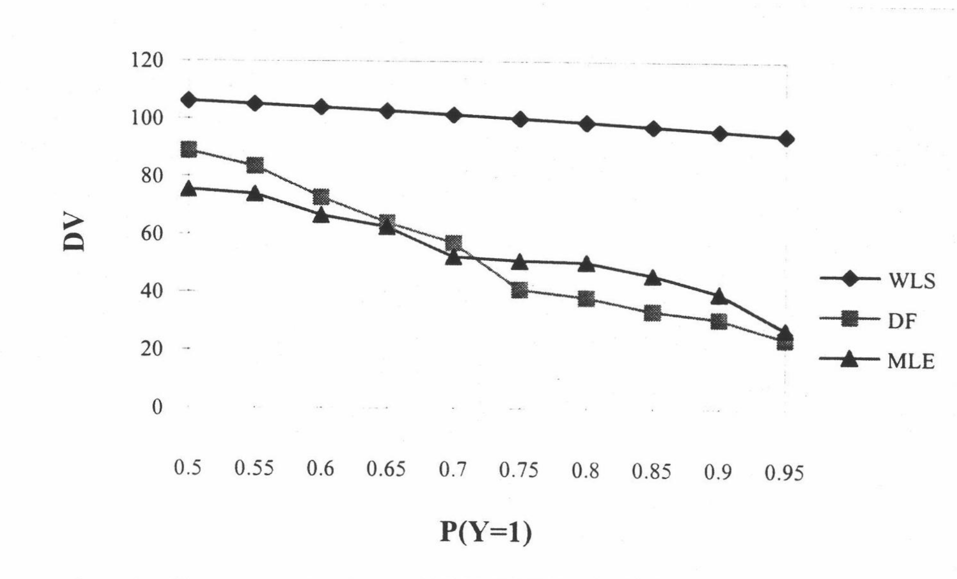
รูปที่ 4.70 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim Exp(2)$



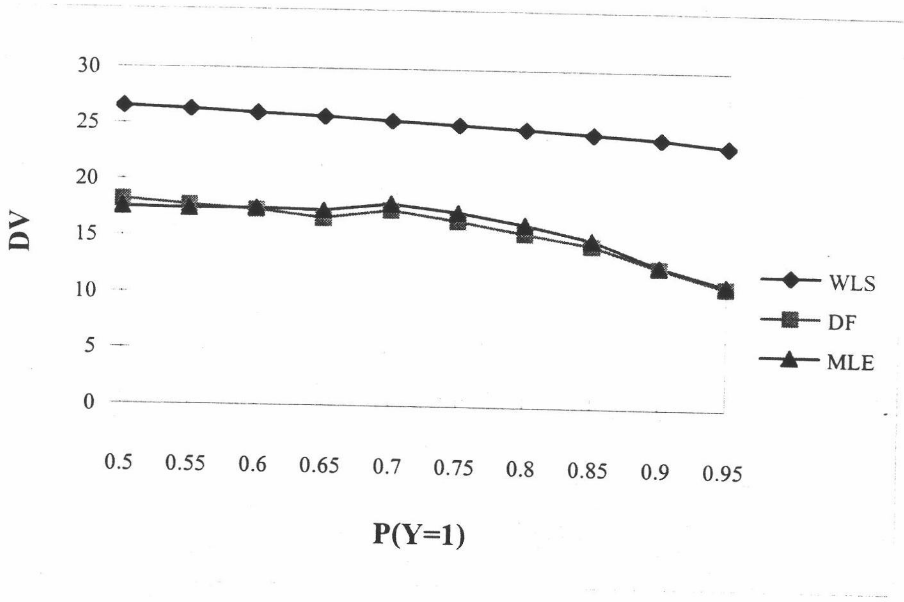
รูปที่ 4.71 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim Exp(2)$



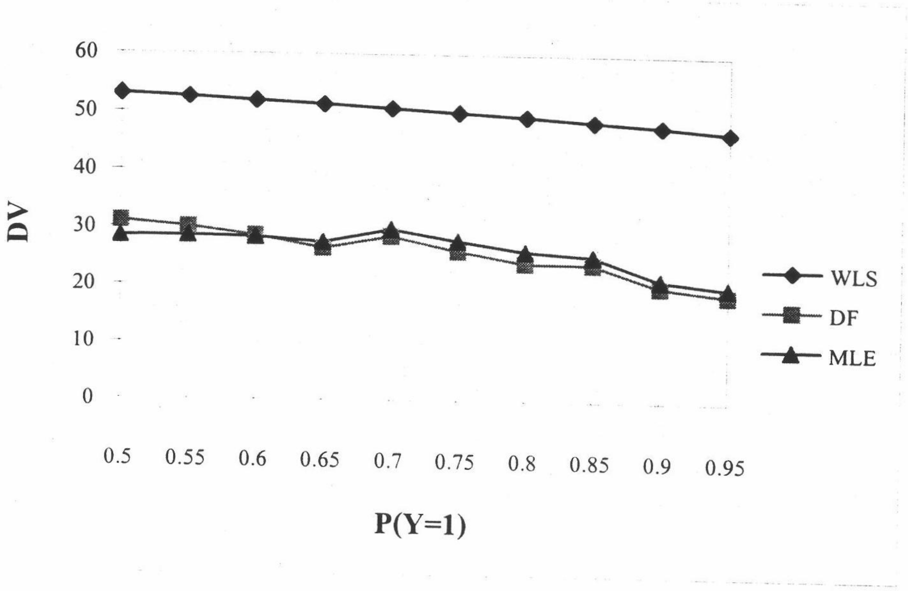
รูปที่ 4.72 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim Exp(2)$



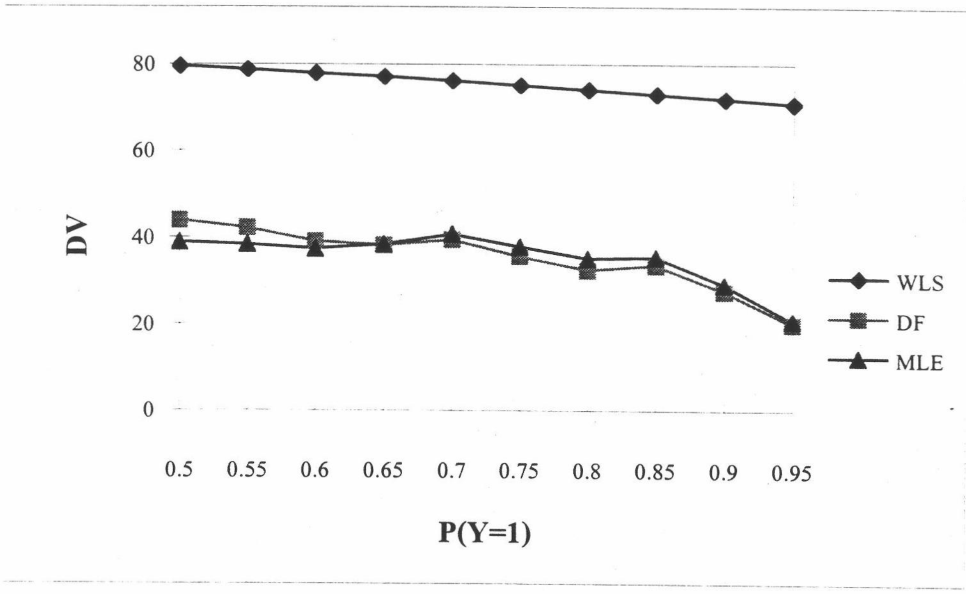
รูปที่ 4.73 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,0.5)$



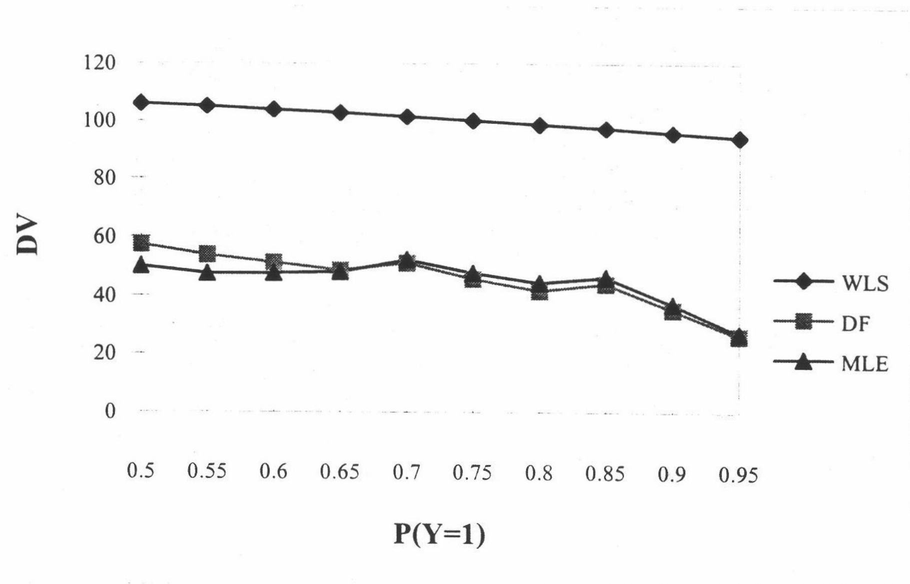
รูปที่ 4.74 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,0.5)$



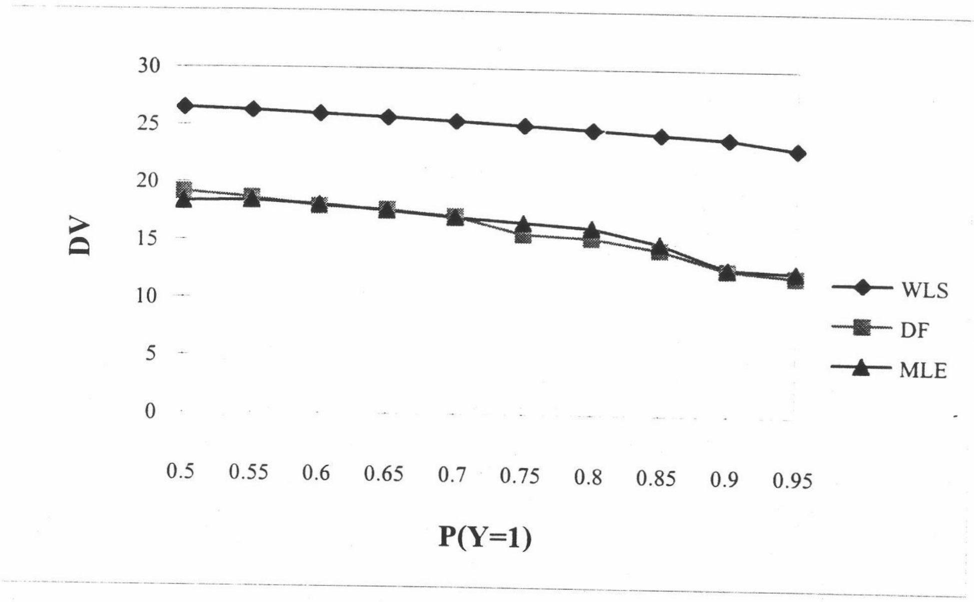
รูปที่ 4.75 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,0.5)$



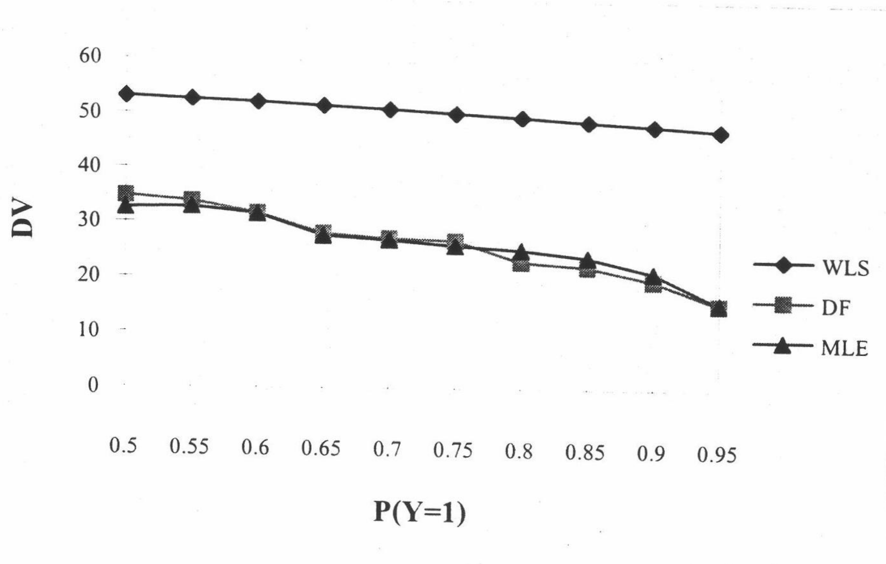
รูปที่ 4.76 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,0.5)$



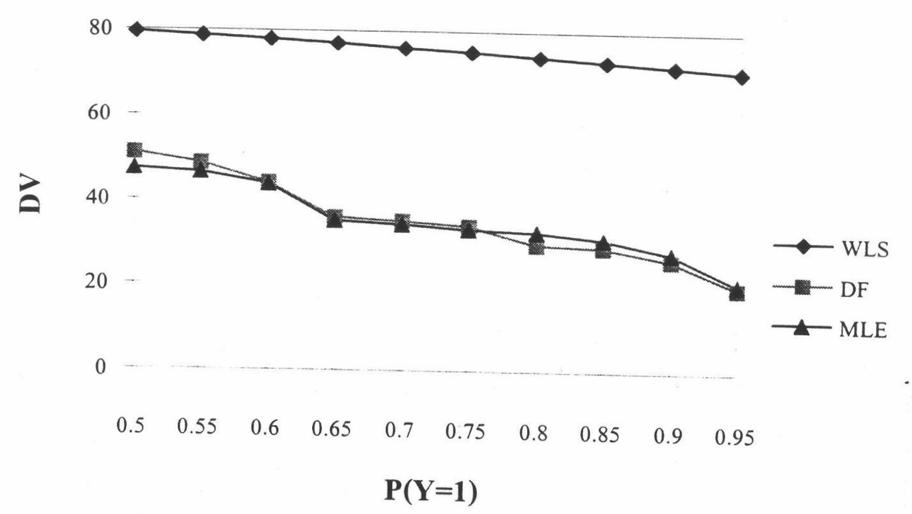
รูปที่ 4.77 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,1)$



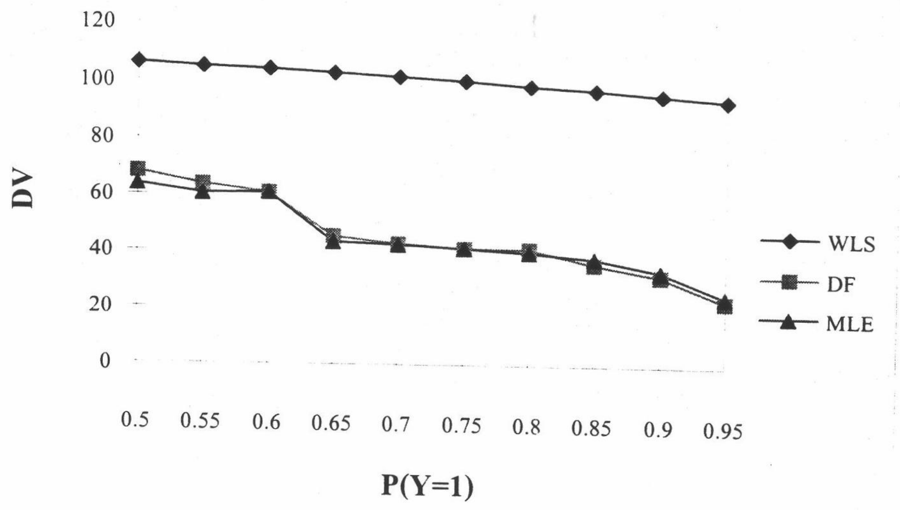
รูปที่ 4.78 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,1)$



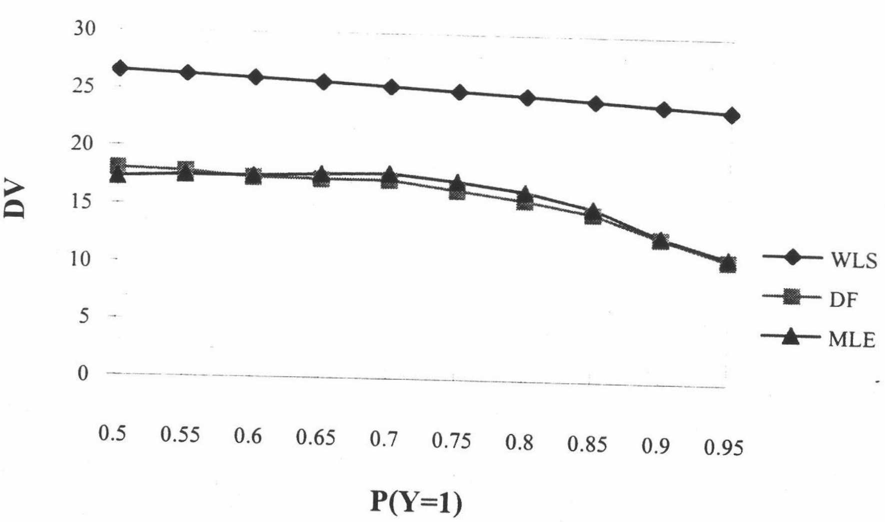
รูปที่ 4.79 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,1)$



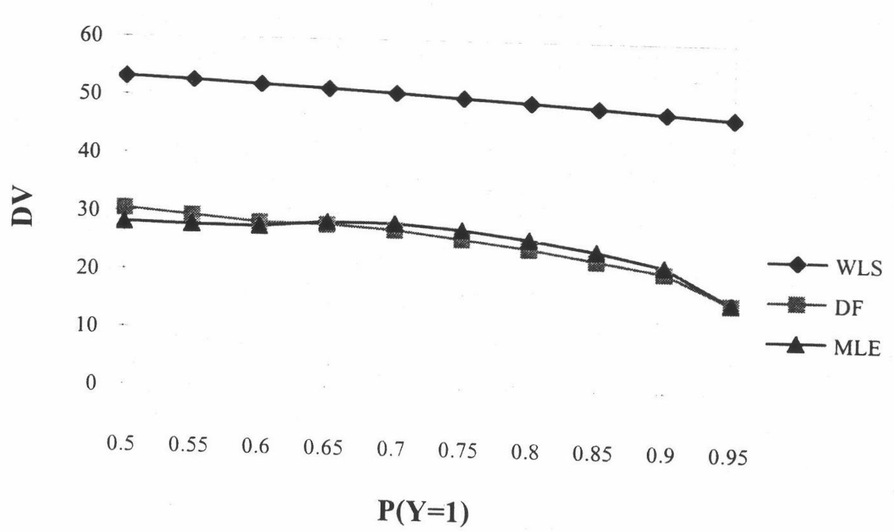
รูปที่ 4.80 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,1)$



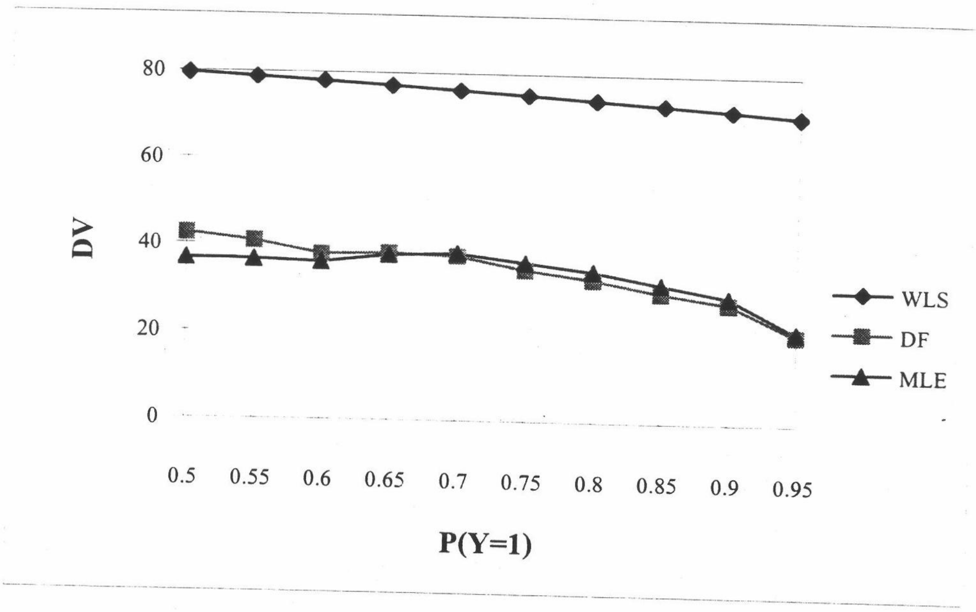
รูปที่ 4.81 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x \sim W(2,2)$



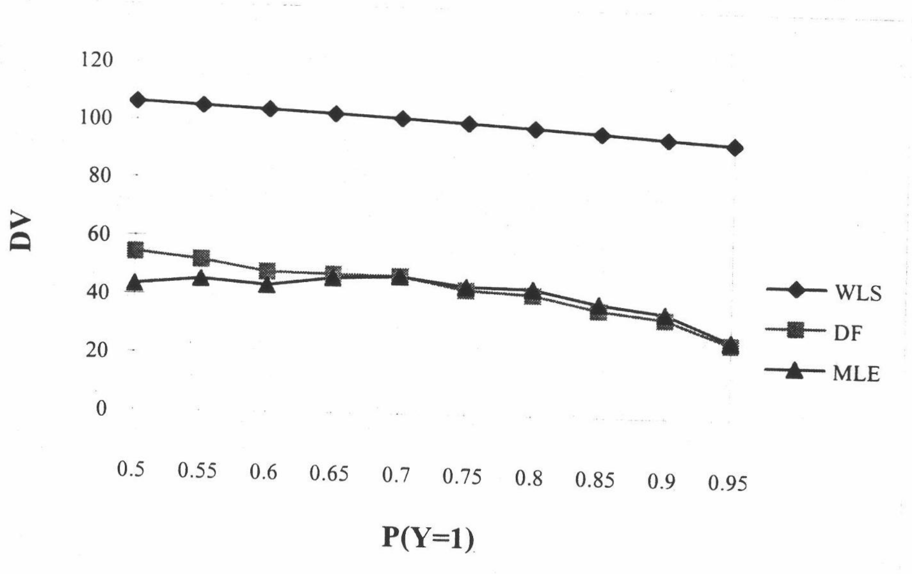
รูปที่ 4.82 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x \sim W(2,2)$



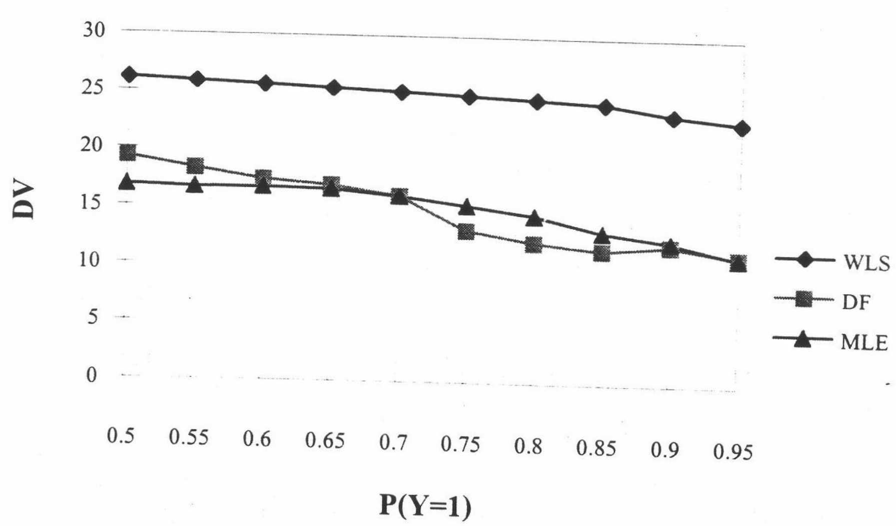
รูปที่ 4.83 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x \sim W(2,2)$



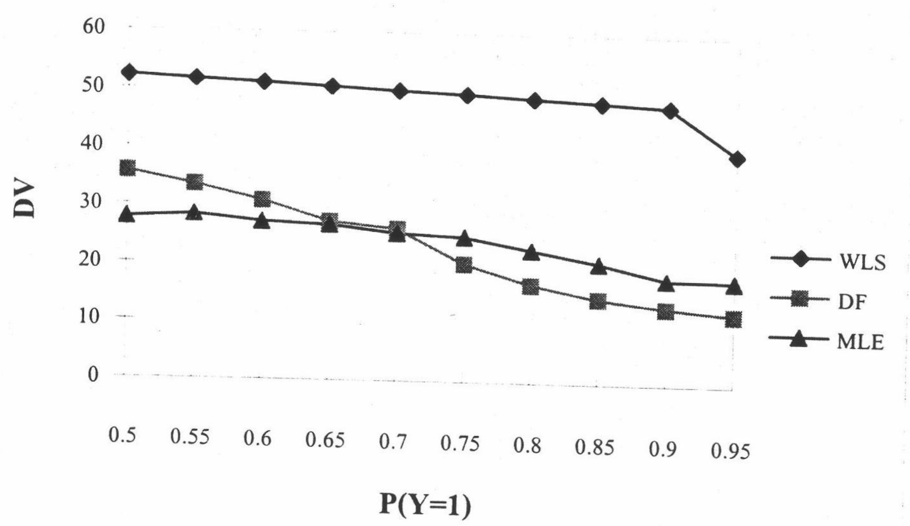
รูปที่ 4.84 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x \sim W(2,2)$



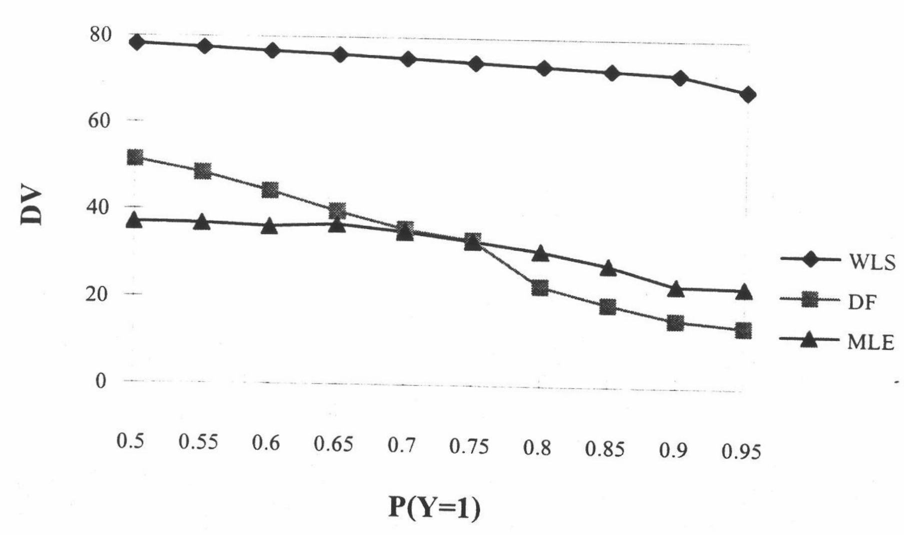
รูปที่ 4.85 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



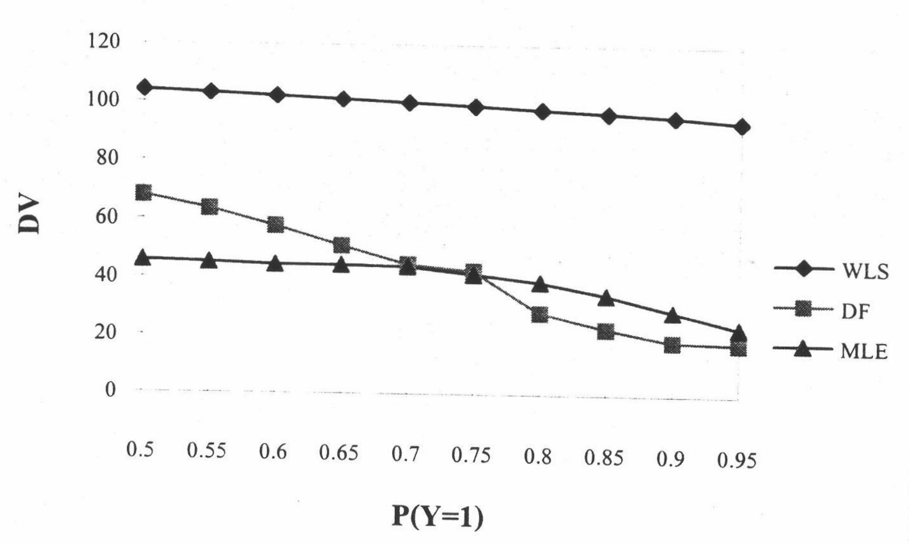
รูปที่ 4.86 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



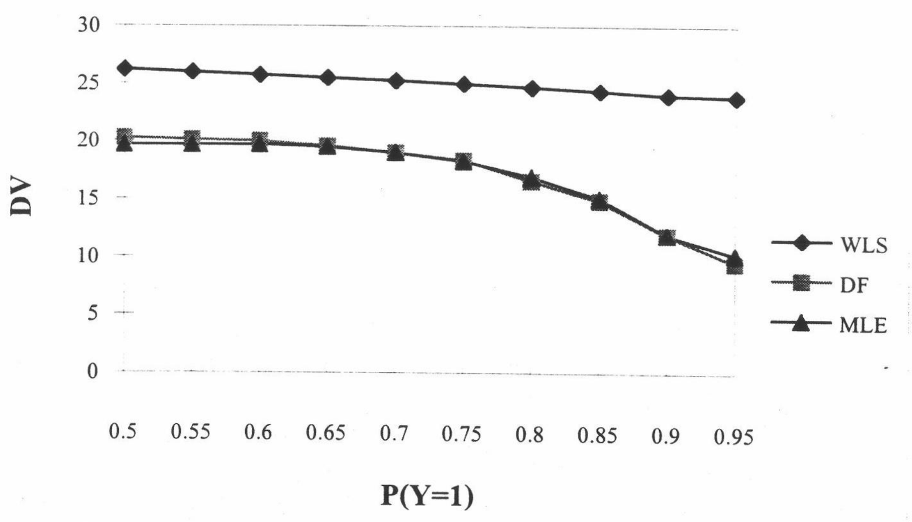
รูปที่ 4.87 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



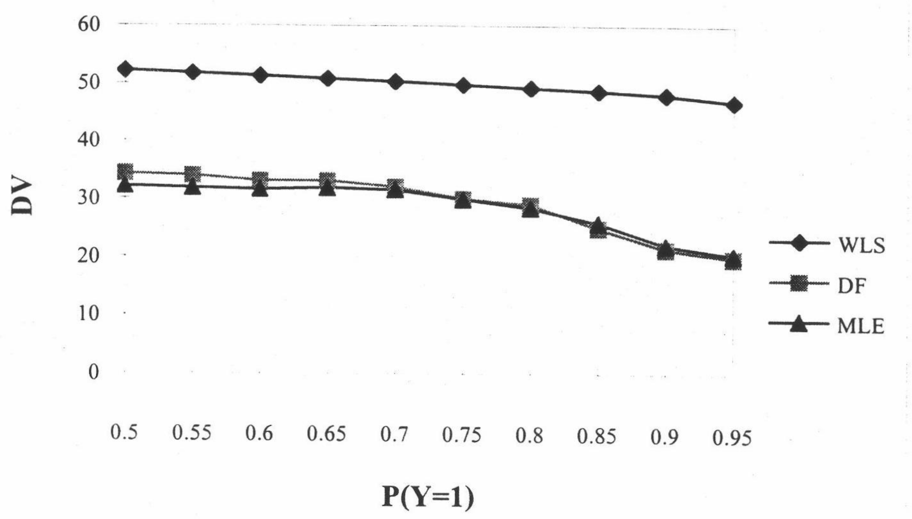
รูปที่ 4.88 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim Exp(1)$



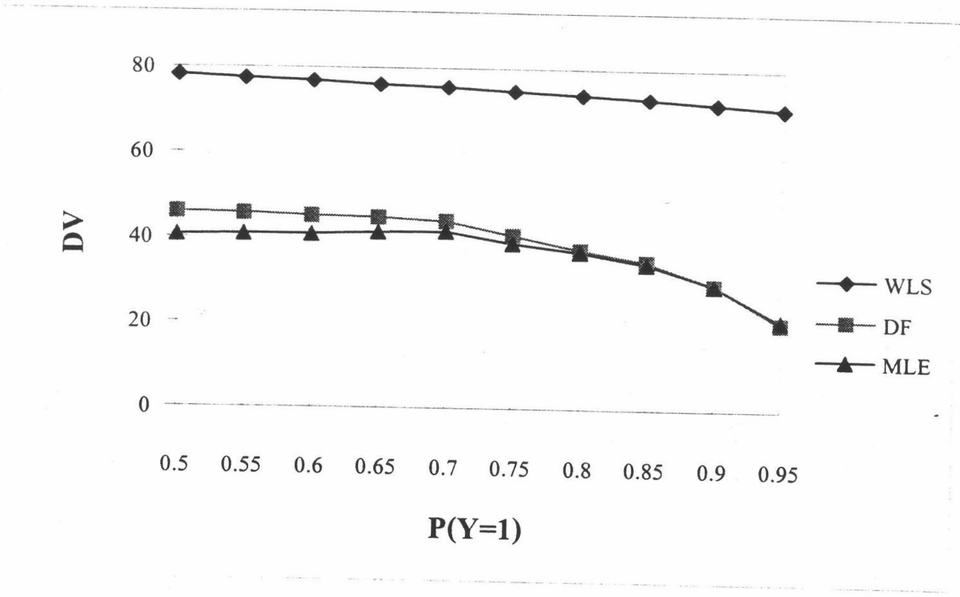
รูปที่ 4.89 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



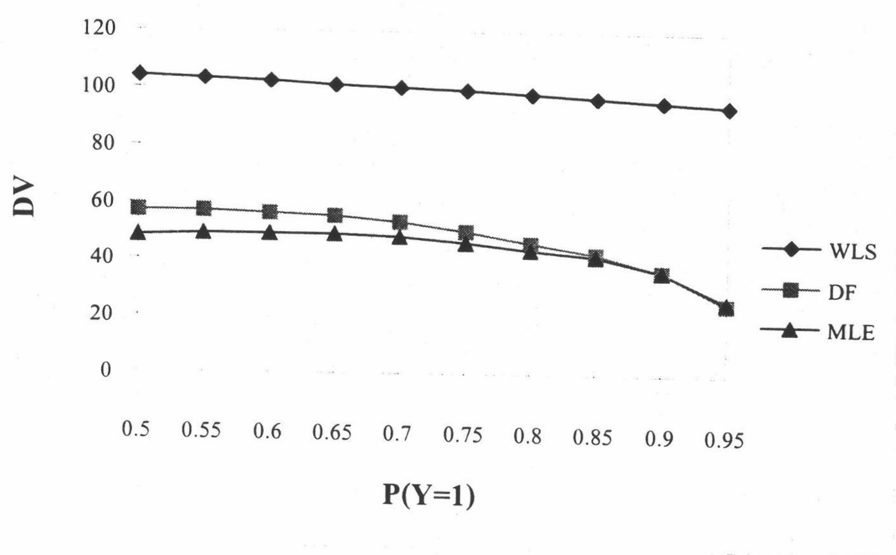
รูปที่ 4.90 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



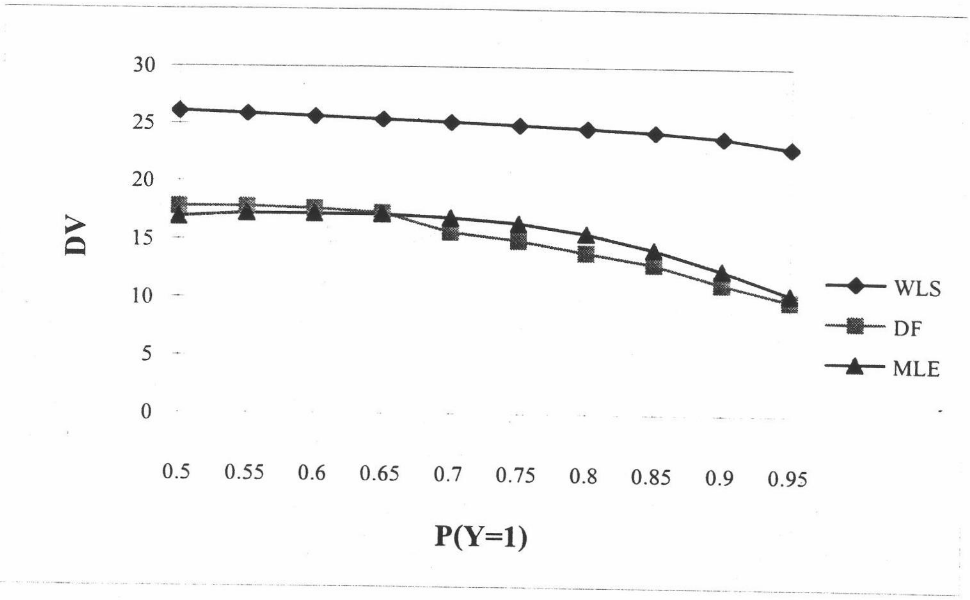
รูปที่ 4.91 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



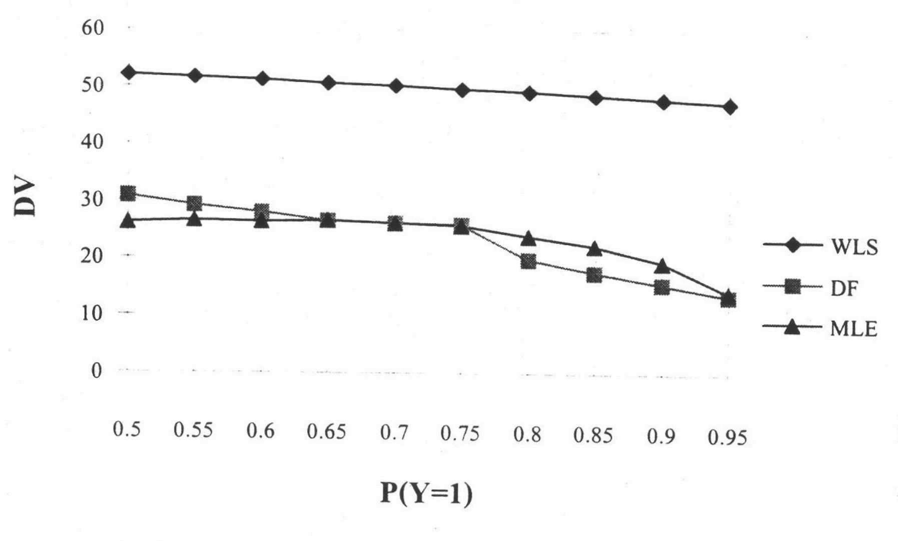
รูปที่ 4.92 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim N(2,1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



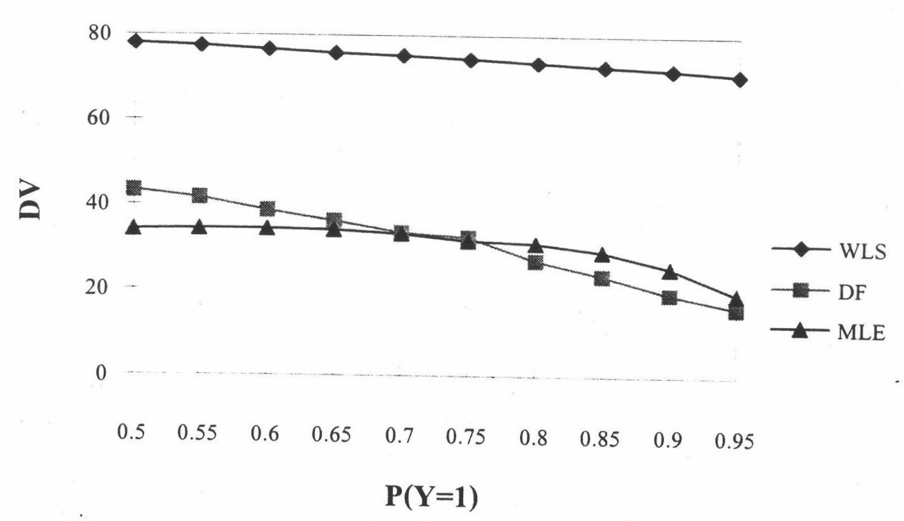
รูปที่ 4.93 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=20 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



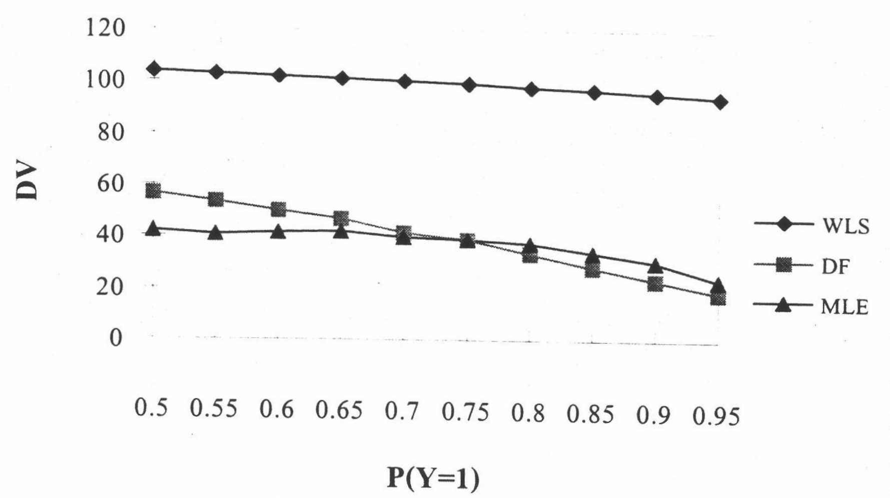
รูปที่ 4.94 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=40 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



รูปที่ 4.95 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=60 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



รูปที่ 4.96 แสดงการเปรียบเทียบค่า DV กับแนวโน้มของทั้ง 3 วิธี กรณีที่ N=80 และ $x_1 \sim Exp(1)$, $x_2 \sim W(2,1)$



ภาคผนวก ค

```
C*** PROGRAM FOR ONE VARIABLE **C
C*** MAIN PROGRAM ******************C
      DIMENSION  Y(100) , X(100) , ERR(100) , U(2,1) , H(2,2) , HI(2,2) , HIU(2,1) , PI(100) ,
     *           M(4) , PR(10) , A(100,3)
      INTEGER  AA
      COMMON  IK
      IX = 97325
      IK = 0
C*** NUMBER OF  SAMPLE ****************C
      DATA (M(IS), IS=1,4)/20,40,60,80/
      DO  100  IS=1,4
      AA=M(IS)
C*** PROBILITY  OF  Y=1 *****************C
      DATA  (PR(IP),IP=1,10)/50,55,60,65,70,75,80,85,90,95/
      DO  200  IP=1,10
      NN1=(PR(IP)*M(IS))/100
      NN0=M(IS) -  NN1
C*** AMOUNT  OF LOOP ******************C
      LP=500
      LOOP=2000000
      DO  9  L=1,LOOP
C***  SET INITIAL PARAMETER *************C
      SMEAN=2.0
      SIGMA=1.0
      ALPHA=2.0
      B ETA=1.0
      THETA=1.0.
      B1=1.
      B2=2.
      BET1=0.01
      BET2=0.01
      BETA1=0.
```

```
      BETA2=0.
      ICOUNT=0
      N0=0
      N1=0
C*** MAIN PROGRAM  1 ***********************C
C***  START  PROGRAM ***********************C
      DO 1 N=1,AA
      CALL NORMAL(SMEAN,SIGMA,XNOR,IX,IK)
      X(N)=XNOR
C     CALL WEIBUL(ALPHA,BETA,XWEI,IX)
C     X(N)=XWEI
C     CALL EXPO(THETA,XEXP,IX)
C     X(N)=XEXP
      ERR(N)=IDU(-1,1)
      Y(N)=B1+(B2*X(N))+ERR(N)
C********  IDENTIFY CONDITION FOR RECODE  DEPENDENT VARIABLE ********C
C******** THIS PROCESS HAS TO CHANGE   WHEN  WE CHANGE   PARAMETER  OF
C** THE DISTRIBUTIONS  OR  DISTRIBUTION  **********************************C
      IF ((Y(N).GE.-0.5).AND.(Y(N).LE.0.5)) GO TO 2
      IF ((Y(N).LE.-2).OR.(Y(N).GE.2)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).GE.-0.5).AND.(Y(N).LE.0.5)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).LE.-3).OR.(Y(N).GE.3)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).GE.-0.3).AND.(Y(N).LE.0.3)) GO TO 2
      Y(N)=1
      N1=N1+1
 1    CONTINUE
      GO TO 3
 2    Y(N)=0
      N0=N0+1
      GO TO 1
 3    IF ((N1.NE.NN1).AND.(N0.NE.NN0)) GO TO 9
C***  MAIN PROGRAM 2 ********************************C
C*** COMPUTE PARAMETERS BY MAXIMUM LIKELIHOOD
      DO  28 I=1,2
```

```
      U(I,1)=0.0
      DO 28 J=1,2
        H(I,J)=0.0
28    CONTINUE
111   DO 333 N=1,AA
      ADDER = BET1+(BET2*X(N))
      EAD=EXP(ADDER)
      PIX=EAD/(1.+EAD)
      DO 16 I=1,2
       IF (I.EQ.1) THEN
        U(I,1)=U(I,1)+ (Y(N)-PIX))
       ELSE
        U(I,1)=U(I,1)+(X(N)*(Y(N)-PIX))
       ENDIF
      DO 16 J=1,2
       IF ((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
        H(I,J)=H(I,J)+((-1)*PIX*(1-PIX))
       ELSE IF ((I.EQ.1).AND.(J.EQ.2)) THEN
        H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N) *PIX*(1-PIX))
       ELSE IF ((I.EQ.2).AND.(J.EQ.1)) THEN
        H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N) *PIX*(1-PIX))
       ELSE
        H(I,J)=H(I,J)+((-1)*(X(N)**2) *PIX*(1-PIX))
       ENDIF
16    CONTINUE
333   CONTINUE
      CALL INV2(H,HI,2)
      CALL MULT(HI,U,HIU,2,2,1)
      BETA1=(BET1-HIU(1,1))
      BETA2=(BET2-HIU(2,1))
      ER1=ABS(BET1-BETA1)
      ER2=ABS(BET2-BETA2)
      ICOUNT=ICOUNT+1
      IF ((ER1.LT.0.0000001).AND.(ER2.LT.0.0000001)) THEN
```

```
 GO TO 555
         ELSE
          DO  18 I=1,2
          U(I,1)=0.0
          DO 18 J=1,2
          H(I,J)=0.0
  18     CONTINUE
         GO T O  111
         ENDIF
C*** CLASSIFICATION  FOR  WLS METHOD ******C
  555  NN=0
       DO  91   I1=1,AA
         FLAG=0
         DO  991  I2=1,NN
           IF (A(I2,1).EQ.X(I1))   THEN
             A(I2,2)=A(I2,2)+1
             IF  (Y(I1).EQ.1)  A(I2,3)=A(I2,3)+1
             FLAG=1
           ENDIF
 991    CONTINUE
        IF (FLAG.EQ.0)  THEN
        NN=NN+1
        A(NN,1)=X(I1)
        A(NN,2)=A(NN,2)+1
         IF  (Y(I1).EQ.1)  A(NN,3)=A(NN,3)+1
        ENDIF
 91    CONTINUE
       CALL  DISC(DB1,DB2,X,Y,AA)
       CALL  WLS(WB1,WB2,A,NN,PI)
       CALL  SE(BET1,BET2,X,Y,AA,HRMSE,HDV)
       CALL SE(DB1,DB2,X,Y,AA,DRMSE,DDV)
       CALL  COMP(WB1,WB2,A,PI,NN,WRMSE,WDV)
       SHRMSE=SHRMSE+HRMSE
```

```
      SHDV=SHDV+HDV
      SDRMSE=SDRMSE+DRMSE
      SDDV=SDDV+DDV
      SWRMSE=SWRMSE+WRMSE
      SWDV=SWDV+WDV
      PLUS = PLUS+1
      IF (PLUS.EQ.LP)  GO TO 22
 9    CONTINUE
 22   WRITE(6,*) SWRMSE/LP,SDRMSE/LP,SHRMSE/LP
      WRITE(6,*) SWDV/LP,SDDV/LP,SHDV/LP
 200  CONTINUE
 100  CONTINUE
      STOP
      END
C*******************************************C
C*** DISCRIMINANT FUNCTION *************C
C*******************************************C
      SUBROUTINE  DISC(B1,B2,X,Y,AA)
      DIMENSION   Y(1000,X(100),SQRY(100),SQRX(100),SQRX0(100),SQRX1(100)
      INTEGER AA
      REAL MEANY,MESX0,MESX1,CETA0,CETA1,VAR
      SUMY=0.0
      SUMX=0.0
      SMSQY=0.0
      SMSQX=0.0
      SMSQX0=0.0
      SMSQX1=0.0
      SX0=0.0
      SX1=0.0
      M0=0.0
      M1=0.0
      VAR=0.0
      B1=0.0
      B2=0.0
```

```
      DO 99  N=1,AA
        SQRY(N)=Y(N)**2
        SQRX(N)=X(N)**2
        SUMY=SUMY+Y(N)
        SUMX=SUMX+X(N)
        SMSQY=SMSQY+SQRY(N)
        SMSQX=SMSQX+SQRX(N)
        IF  (Y(N).EQ.0)  THEN
          SX0=SX0+X(N)
          M0=M0+1
          SQRX0(N)=X(N)**2
          SMSQX0=SMSQX0+SQRX0(N)
        ENDIF
        IF  (Y(N).EQ.1)  THEN
          SX1=SX1+X(N)
          M1=M1+1
          SQRX1(N)=X(N)**2
          SMSQX1=SMSQX1+SQRX1(N)
        ENDIF
99    CONTINUE
      SQSMX0=SX0**2
      VARX0=((SMSQX0-(SQSMX0/M0)))/(M0-1.))
      SQSMX1=SX1**2
      VARX1=((SMSQX1-(SQSMX1/M1)))/(M1-1.))
      SQSMY=SUMY**2
      MEANY=SUMY/(AA-1.)
      STANY=SQRT((SQSMY/(AA-1.)))/(AA-2.))
      MESX0=SX0/M0
      MESX1=SX1/M1
      SQMX0=MESX0**2
      SQMX1=MESX1**2
      CETA1=M1/AA
      CETA0=1.-CETA1
      VAR=(((M0-1.)*VARX0)+((M1-1.)*VARX1))/(M0+M1-2.)
```

```
      B1=ALOG(CETA1/CETA0) - ((0.5*(SQMX1-SQMX0))/VAR)
      B2=(MESX1-MESX0)/VAR
      RETURN
      END
C*******************************************C
C*** WEIGHT LEAST SQUARE METHOD ******C
C*******************************************C
      SUBROUTINE WLS(B1,B2,A,NN,PI)
      DIMENSION A(100,3),PI(100),PII(100),WI(100),W(100,2),Z(100,1),WT(2,100),WTW(2,2),
     *          WTZ(2,1),WTWI(2,2),B(2,1)
      DO 999 I=1,NN
       PI(I)=(A(I,3)/A(I,2))
       IF (PI(I).EQ.0) THEN
          PII(I)=0.5/NN
          WI(I)=1./(PII(I)*(1.-PII(I)))
       ELSE
          PII(I)=(NN-0.5)/NN
          WI(I)=1./(PII(I)*(1.-PII(I)))
       ENDIF
       Z(I,1)=SQRT(WI(I))*PI(I)
999   CONTINUE
      DO 1  I=1,NN
         DO 1 J=1,2
          IF (J.EQ.1) THEN
           W(I,J)=SQRT(WI(I))
          ELSE
           W(I,J)=SQRT(WI(I))*A(I,1)
          ENDIF
1     CONTINUE
      DO 10 J=1,2
       DO 10 I=1,NN
        WT(J,I)=W(I,J)
10    CONTINUE
      CALL  MULT(WT,W,WTW,2,100,2)
```

```
      CALL  INV2(WTW,WTWI,2)
      CALL  MULT(WT,Z,WTZ,2,100,1)
      CALL  MULT(WTWI,WTZ,B,2,2,1)
      WB1=B(1,1)
      WB2=B(2,1)
      RETURN
      END
C*********************************************C
C*** COMPUTE RMSE & DEVEINCE FOR WLS **C
C*********************************************C
      SUBROUTINE   COMP(B1,B2,PI,A,NN,XRMSE,XDV)
      DIMENSION A(100,3),PI(100)
      REAL PN
      XMSE=0.0
      XRMSE=0.0
      XDV=0.0
      SSE=0.0
      SDV=0.0
      DO 11  I=1,NN
        ADDER=B1+(B2*A(I,1))
        EAD=EXP(ADDER)
        PN=EAD/(1.+EAD)
        SSE=SSE+((PI(I)-PN)**2)
        SDV=SDV+((PN*ADDER)+(ALOG(1.-PN)))
 11   CONTINUE
      XMSE=SSE/(NN-2.)
      XRMSE=SQRT(XMSE)
      XDV=(-2*SDV)
      RETURN
      END
C**************************************************C
C*** COMPUTE RMSE & DEVEINCE FOR DF AND  MLE
C**************************************************C
      SUBROUTINE SE(B1,B2,X,Y,AA,XRMSE,XDV)
```

```
      DIMENSION  X(100),Y(100)
      INTEGER AA
      REAL PN
      XMSE=0.0
      XRMSE=0.0
      XDV=0.0
      SSE=0.0
      SDV=0.0
      DO 11  I=1,AA
        ADDER=B1+(B2*X(I))
        EAD=EXP(ADDER)
        PN=EAD/(1.+EAD)
        SSE=SSE+((Y(I)-PN)**2)
        SDV=SDV+((PN*ADDER)+(ALOG(1.-PN)))
 11   CONTINUE
      XMSE=SSE/(AA-2.)
      XRMSE=SQRT(XMSE)
      XDV=(-2*SDV)
      RETURN
      END
C******************************************C
C*** SUBPROGRAM  MULTIPLICATION *******C
C******************************************C
      SUBROUTINE  MULT(A,B,C,M,N,NA)
      DIMENSION  A(M,N),B(N,NA),C(M,NA)
      DO  10  I=1,M
          DO  10  J=1,NA
            C(I,J)=0.0
 10   CONTINUE
      DO  20  I=1,M
          DO  20  J=1,NA
             DO  20  K=1,N
             C(I,J)=C(I,J)+(A(I,K)*B(K,J))
 20   CONTINUE
```

```
      RETURN
      END
C********************************************C
C***  SUBPROGRAM   INVERS MATRIX FOR 2x2
C********************************************C
      SUBROUTINE   INV2(A,C,N)
      DIMENSION   A(N,N),C(N,N)
      REAL DET
      DETA=(A(1,1)*A(2,2))-(A(2,1)*A(1,2))
      A(1,2)=-A(1,2)
      A(2,1)=-A(2,1)
      T=A(1,1)
      A(1,1)=A(2,2)
      A(2,2)=T
      DO   10  I=1,N
         DO  10   J=1,N
          C(I,J)=A(I,J)/DET
 10   CONTINUE
      RETURN
      END
C**********************************************C
C*** NORMAL  DISTRIBUTION *****************C
C**********************************************C
      SUBROUTINE  NORMAL(SMEAN,SIGMA,XNOR,IX,IK)
      PI=22./7.
      IF  (IK.EQ.1)  GO  TO 10
      CALL   RANDOM(IX,RD)
      RONE=RD
      CALL  RANDOM(IX,RD)
      RTWO=RD
      ZONE=SQRT(-2*ALOG(RONE))*COS(2*PI*RTWO)
      ZTW0=SQRT(-2*ALOG(RONE))*SIN(2*PI*RTWO)
      XNOR=ZONE*SIGMA+SMEAN
      IK=1
```

```
      RETURN
 10   XNOR=ZTWO*SIGMA+SMEAN
      IX=0
 20   RETURN
      END
C*********************************************C
C*** EXPONENTIAL DISTRIBUTION *************C
C*********************************************C
      SUBROUTINE  EXPO(THETA,XEXP,IX)
      CALL  RANDOM(IX,RD)
      XEXP=(-ALOG(RD))*THETA
      RETURN
      END
C*********************************************C
C*** WEIBUL  DISTRIBUTION *******************C
C*********************************************C
      SUBROUTINE  WEIBUL(ALPHA,BETA,XWEI,IX)
      CALL  RANDOM(IX,RD)
      WK=-ALOG(1.-RD)
      AX=1.0/ALPHA
      XWEI=BETA*(WK**AX)
      RETURN
      END
C*********************************************C
C***  DISCRETE UNIFORM  DISTRIBUTION *******C
C*********************************************C
      INTEGER  FUNCTION  IDU(I,J)
      INTEGER  I,J,JJ
      REAL  C
      IF  (I.LE.J)  THEN
       JJ=J-I+1
       CALL  RANDOM(IX,RD)
       C=RD*JJ
       JJ=INT( C)
```

```
  IDU=I+JJ
ELSE
  IDU=-9999
ENDIF
RETURN
END
C*******************************************C
C*** SUBPROGRAM  RANDOM **************C
C*******************************************C
      SUBROUTINE  RANDOM(IX,RD)
      IY=IX*16807
      IF  (IY) 5,6,6
5     IY=IY+2147483647+1
6     RD=IY
      RD=RD/2147483647
      IX=IY
      RETURN
      END
```

```
C***  PROGRAM  FOR  TWO  VARIABLES *C
C*** MAIN  PROGRAM ******************C
      DIMENSION   Y(100) , X(100) , Z(100),ERR(100) , U(3,1) , H(3,3) ,  HI(3,3)  , HIU(3,1),
     *                  M(4) ,  PR(10) ,  A(100,4),  PI(100)
      INTEGER  AA
      COMMON  IK
      IX = 97325
      IK = 0
C*** NUMBER OF  SAMPLE ****************C
      DATA (M(IS), IS=1,4)/20,40,60,80/
      DO  100  IS=1,4
      AA=M(IS)
C***  PROBILITY  OF  Y=1 *****************C
      DATA  (PR(IP),IP=1,10)/50,55,60,65,70,75,80,85,90,95/
      DO  200  IP=1,10
      NN1=(PR(IP)*M(IS))/100
      NN0=M(IS) -  NN1
C*** AMOUNT  OF LOOP ******************C
      LP=500
      LOOP=2000000
      DO  9  L=1,LOOP
C***  SET INITIAL PARAMETER *************C
      SMEAN=2.0
      SIGMA=1.0
      ALPHA=2.0
      B ETA=1.0
      THETA=1.0.
      B1=1.
      B2=1.
      B3=2.
      BET1=0.01
      BET2=0.01
      BET3=0.01
      BETA1=0.
```

```
      BETA2=0.
      BETA3=0.
      ICOUNT=0
      N0=0
      N1=0
C*** MAIN PROGRAM  1 **********************C
C***  START  PROGRAM **********************C
      DO 1 N=1,AA
      CALL NORMAL(SMEAN,SIGMA,XNOR,IX,IK)
      X(N)=XNOR
C     CALL WEIBUL(ALPHA,BETA,XWEI,IX)
C     Z(N)=XWEI
      CALL EXPO(THETA,XEXP,IX)
      Z(N)=XEXP
      ERR(N)=IDU(-1,1)
      Y(N)=B1+(B2*X(N))+(B3*Z(N))+ERR(N)
C********  IDENTIFY CONDITION FOR RECODE  DEPENDENT VARIABLE ********C
      IF ((Y(N).GE.-0.5).AND.(Y(N).LE.0.5)) GO TO 2
      IF ((Y(N).LE.-2).OR.(Y(N).GE.2)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).GE.-0.5).AND.(Y(N).LE.0.5)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).LE.-3).OR.(Y(N).GE.3)) GO TO 2
C     IF ((Y(N).GE.-0.3).AND.(Y(N).LE.0.3)) GO TO 2
      Y(N)=1
      N1=N1+1
  1   CONTINUE
      GO TO 3
  2   Y(N)=0
      N0=N0+1
      GO TO 1
  3   IF ((N1.NE.NN1).AND.(N0.NE.NN0)) GO TO 9
C***  MAIN PROGRAM 2 ******************************C
C*** COMPUTE PARAMETERS BY MAXIMUM LIKELIHOOD
      DO  39 I=1,3
       U(I,1)=0.0
```

```
      DO 28 J=1,3
        H(I,J)=0.0
39    CONTINUE
111   DO 333 N=1,AA
      ADDER = BET1+(BET2*X(N))+(BET3*Z(N))
      EAD=EXP(ADDER)
      PIX=EAD/(1.+EAD)
      DO 16 I=1,3
       IF (I.EQ.1) THEN
        U(I,1)=U(I,1)+ (Y(N)-PIX))
       ELSE IF (I.EQ.2) THEN
        U(I,1)=U(I,1)+(X(N)*(Y(N)-PIX))
       ELSE
        U(I,1)=U(I,1)+(Z(N)*(Y(N)-PIX))
       ENDIF
      DO 31 J=1,3
       IF ((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.1).AND.(J.EQ.2)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N) *PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.1).AND.(J.EQ.3)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*Z(N) *PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.2).AND.(J.EQ.1)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N) *PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.2).AND.(J.EQ.2)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*(X(N)**2) *PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.2).AND.(J.EQ.3)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N)*Z(N) *PIX*(1-PIX))
         ELSE IF ((I.EQ.3).AND.(J.EQ.1)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*Z(N) *PIX*(1-PIX))
        ELSE IF ((I.EQ.3).AND.(J.EQ.2)) THEN
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*X(N)*Z(N) *PIX*(1-PIX))
        ELSE
         H(I,J)=H(I,J)+((-1)*(Z(N)**2) *PIX*(1-PIX))
```

```
         ENDIF
 31      CONTINUE
 333   CONTINUE
       CALL  INV3(H,HI
       CALL MULT(HI,U,HIU,3,3,1)
       BETA1=(BET1-HIU(1,1))
       BETA2=(BET2-HIU(2,1))
       BETA3=(BET3-HIU(3,1))
       ER1=ABS(BET1-BETA1)
       ER2=ABS(BET2-BETA2)
       ER3=AMS(BET3-BETA3)
       ICOUNT=ICOUNT+1
       IF ((ER1.LT.0.0000001).AND.(ER2.LT.0.0000001).AND.(ER0.LT.0.0000001))  THEN
        GO TO 555
       ELSE
        DO  32  I=1,3
         U(I,1)=0.0
         DO 32  J=1,3
         H(I,J)=0.0
 32     CONTINUE
       GO T O  111
       ENDIF
C*** CLASSIFICATION  FOR  WLS METHOD ******C
 555  NN=0
       DO  91   I1=1,AA
        FLAG=0
        DO  991  I2=1,NN
          IF ((A(I2,1).EQ.X(I1)).AND.(A(I2,2).EQ.Z(I1)))  THEN
             A(I2,3)=A(I2,3)+1
             IF  (Y(I1).EQ.1)  A(I2,4)=A(I2,4)+1
             FLAG=1
          ENDIF
 991    CONTINUE
       IF (FLAG.EQ.0)  THEN
```

```
      NN=NN+1
      A(NN,1)=X(I1)
      A(NN,2)=Z(I1)
      A(NN,3)=A(NN,3)+1
      IF (Y(I1).EQ.1) A(NN,4)=A(NN,4)+1
      ENDIF
91    CONTINUE
      CALL DISC(DB1,DB2,DB3,X,Y,Z,AA)
      CALL WLS(WB1,WB2,WB3,A,NN,PI)
      CALL SE(BET1,BET2,BET3,X,Y,AA,HRMSE,HDV)
      CALL SE(DB1,DB2,DB3,X,Y,AA,DRMSE,DDV)
      CALL COMP(WB1,WB2,WB3,A,PI,NN,WRMSE,WDV)
      SHRMSE=SHRMSE+HRMSE
      SHDV=SHDV+HDV
      SDRMSE=SDRMSE+DRMSE
      SDDV=SDDV+DDV
      SWRMSE=SWRMSE+WRMSE
      SWDV=SWDV+WDV
      PLUS = PLUS+1
      IF (PLUS.EQ.LP) GO TO 22
9     CONTINUE
22    WRITE(6,*) SWRMSE/LP,SDRMSE/LP,SHRMSE/LP
      WRITE(6,*) SWDV/LP,SDDV/LP,SHDV/LP
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      STOP
      END
C*******************************************C
C*** DISCRIMINANT FUNCTION *************C
C*******************************************C
      SUBROUTINE DISC(B1,B2,B3,X,Y,Z,AA)
      DIMENSION Y(1000,X(100),Z(100),XS0(2),XS1(2),U(2,2),SX0(2),SX1(2),
     *        SXZ(2),S0(2,2),S1(2,2),EFF(2,2),EI(2,2),UMI(2,1),UPL(2,1),
     *          UMIT(1,2),BM(1,2)
```

```
      INTEGER AA
      REAL  M0,M1
      M0=0.0
      M1=0.0
      B1=0.0
      B2=0.0
      DO  19  I=1,2
        XS0(I)=0.0
        XS1(I)=0.0
        SX0(I)=0.0
        SX1(I)=0.0
        SXZ(I)=0.0
19    CONTINUE
      DO 222  N=1,AA
       IF  (Y(N).EQ.0)  THEN
          M0=M0+1
          XS0(1)=XS0(1)+X(N)
          XS0(2)=XS0(2)+Z(N)
       ELSE
          M1=M1+1
          XS1(1)=XS1(1)+X(N)
          XS1(2)=XS1(2)+Z(N)
       ENDIF
222   CONTINUE
      DO  21   I=1,2
       U(I,1)=XS0(I)/M0
       U(I,2)=XS1(I)/M1
21    CONTINUE
      DO  22   I=1,2
       UMI(I,1)=U(I,2)-U(I,1)
       UPL(I,1)=U(I,2)+U(I,1)
       UMIT(1,I)=UMI(I,1)
22    CONTINUE
      DO  333   N=1,AA
```

```
      IF (Y(N).EQ.0)  THEN
        SX0(1)=SX0(1)+((X(N)-U(1,1))**2)
        SX0(2)=SX0(2)+((Z(N)-U(2,1))**2)
        SXZ(1)=SXZ(1)+((X(N)-U(1,1))*(Z(N)-U(2,1)))
      ELSE
        SX1(1)=SX1(1)+((X(N)-U(1,2))**2)
        SX1(2)=SX1(2)+((Z(N)-U(2,2))**2)
        SXZ(2)=SXZ(2)+((X(N)-U(1,2))*(Z(N)-U(2,2)))
      ENDIF
333 CONTINUE
    DO 24  I=1,2
      DO 24  J=1,2
        IF  (I.EQ.J)  THEN
          S0(I,J)=SX0(J)/(M0-1.)
          S1(I,J)=SX1(J)/(M1-1.)
        ELSE
          S0(I,J)=SXZ(1)/(M0-1.)
          S1(I,J)=SXZ(2)/(M1-1.)
        ENDIF
24  CONTINUE
    DO 25  I=1,2
      DO 25  J=1,2
        EFF(I,J)=(((M0-1.)*S0(I,J))+((M1-1.)*S1(I,J)))/(M0+M1-2.)
25  CONTINUE
    CALL  INV2(EFF,EI,2)
    CALL  MULT(UMIT,EI,BM,1,2,2)
    CALL  MULT(BM,UPL,BMU,1,2,1)
    CETA1=M1/AA
    CETA0=1.-CETA1
    B1=ALOG(CETA1/CETA0)-(0.5*BMU)
    B2=BM(1,1)
    B3=BM(1,2)
    RETURN
    END
```

```
C*******************************************C
C*** WEIGHT LEAST SQUARE METHOD ******C
C*******************************************C
      SUBROUTINE WLS(B1,B2,B3,A,NN,PI)
      DIMENSION  A(100,4), PI(100),PII(100),WI(100),ZI(100,1),W(100,3),
     *            WT(3,100),WTW(3,3),WTWI(3,3),WTZ(100,1),BE(3,1)
      DO 999 I=1,NN
       PI(I)=A(I,3)/A(I,2)
       IF (PI(I).EQ.0) THEN
         PII(I)=0.5/NN
         WI(I)=1./(PII(I)*(1.-PII(I)))
       ELSE
         PII(I)=(NN-0.5)/NN
         WI(I)=1./(PII(I)*(1.-PII(I)))
       ENDIF
       ZI(I,1)=SQRT(WI(I))*PI(I)
  999 CONTINUE
      DO 1  I=1,NN
         DO 1 J=1,3
          IF (J.EQ.1) THEN
           W(I,J)=SQRT(WI(I))
          ELSE IF (J.EQ.2) THEN
           W(I,J)=SQRT(WI(I))*A(I,1)
          ELSE
           W(I,J)=SQRT(WI(I))*A(I,2)
          ENDIF
    1 CONTINUE
      DO 10 J=1,3
       DO 10 I=1,NN
        WT(J,I)=W(I,J)
   10 CONTINUE
      CALL  MULT(WT,W,WTW,3,100,3)
      CALL  INV3(WTW,WTWI
      CALL  MULT(WT,ZI,WTZ,3,100,1)
```

```
      CALL  MULT(WTWI,WTZ,BE,3,3,1)
      B1=BE(1,1)
      B2=BE(2,1)
      B3=BE(3,1)
      RETURN
      END
C*********************************************C
C*** COMPUTE RMSE & DEVEINCE FOR WLS **C
C*********************************************C
      SUBROUTINE  COMP(B1,B2,B3,PI,A,NN,XRMSE,XDV)
      DIMENSION A(100,4),PI(100)
      REAL PN
      XMSE=0.0
      XRMSE=0.0
      XDV=0.0
      SSE=0.0
      SDV=0.0
      DO 11  I=1,NN
        ADDER=B1+(B2*A(I,1))+(B3*A(I,2))
        EAD=EXP(ADDER)
        PN=EAD/(1.+EAD)
        SSE=SSE+((PI(I)-PN)**2)
        SDV=SDV+((PN*ADDER)+(ALOG(1.-PN)))
   11 CONTINUE
      XMSE=SSE/(NN-3.)
      XRMSE=SQRT(XMSE)
      XDV=(-2*SDV)
      RETURN
      END
C**************************************************C
C*** COMPUTE RMSE & DEVEINCE FOR DF AND MLE
C**************************************************C
      SUBROUTINE SE(B1,B2,B3,X,Y,AA,XRMSE,XDV)
      DIMENSION X(100),Y(100)
```

```
      INTEGER AA
      REAL PN
      XMSE=0.0
      XRMSE=0.0
      XDV=0.0
      SSE=0.0
      SDV=0.0
      DO 11 I=1,AA
        ADDER=B1+(B2*X(I))+(B3*Z(I))
        EAD=EXP(ADDER)
        PN=EAD/(1.+EAD)
        SSE=SSE+((Y(I)-PN)**2)
        SDV=SDV+((PN*ADDER)+(ALOG(1.-PN)))
 11   CONTINUE
      XMSE=SSE/(AA-3.)
      XRMSE=SQRT(XMSE)
      XDV=(-2*SDV)
      RETURN
      END
C*****************************************C
C*** SUBPROGRAM MULTIPLICATION *******C
C*****************************************C
      SUBROUTINE MULT(A,B,C,M,N,NA)
      DIMENSION A(M,N),B(N,NA),C(M,NA)
      DO 10 I=1,M
         DO 10 J=1,NA
           C(I,J)=0.0
 10   CONTINUE
      DO 20 I=1,M
         DO 20 J=1,NA
            DO 20 K=1,N
            C(I,J)=C(I,J)+(A(I,K)*B(K,J))
 20   CONTINUE
      RETURN
```

```
      END
C******************************************C
C***  SUBPROGRAM   INVERS MATRIX FOR 2x2
C******************************************C
      SUBROUTINE  INV2(A,C,N)
      DIMENSION  A(N,N),C(N,N)
      REAL DET
      DETA=(A(1,1)*A(2,2))-(A(2,1)*A(1,2))
      A(1,2)=-A(1,2)
      A(2,1)=-A(2,1)
      T=A(1,1)
      A(1,1)=A(2,2)
      A(2,2)=T
      DO  10  I=1,N
         DO  10  J=1,N
          C(I,J)=A(I,J)/DET
 10   CONTINUE
      RETURN
      END
C******************************************C
C***  SUBPROGRAM   INVERS MATRIX FOR 3x3
C******************************************C
      SUBROUTINE  INV3(A,C)
      DIMENSION  A(3,3),C(3,3),E(4)
      D1=(A(1,1)*A(2,2)*A(3,3))+(A(1,2)*A(2,3)*A(3,1))
     *      +(A(1,3)*A(2,1)*A(3,2))
      D2=-(A(3,1)*A(2,2)*A(1,3))-(A(3,2)*A(2,3)*A(1,1))
     +      -(A(3,3)*A(2,1)*A(1,2))
      DET=D1+D2
      DO  30  I=1,3
         DO 30  J=1,3
          N=0
          DO  20  II=1,3
             DO  10 JJ=1,3
```

```
                IF ((II.EQ.I).OR.(JJ.EQ.J)) THEN
                 GO TO 10
                ELSE
                 N=N+1
                 E(N)=A(II,JJ)
                ENDIF
  10            CONTINUE
  20          CONTINUE
            SIGN=(-1)**(I+J)
            C(J,I)=(((E(1)*E(4))-(E(2)*E(3)))*SIGN)/DET
  30    CONTINUE
        RETURN
        END
C**********************************************C
C*** NORMAL DISTRIBUTION *****************C
C**********************************************C
        SUBROUTINE NORMAL(SMEAN,SIGMA,XNOR,IX,IK)
        PI=22./7.
        IF (IK.EQ.1) GO TO 10
        CALL RANDOM(IX,RD)
        RONE=RD
        CALL RANDOM(IX,RD)
        RTWO=RD
        ZONE=SQRT(-2*ALOG(RONE))*COS(2*PI*RTWO)
        ZTW0=SQRT(-2*ALOG(RONE))*SIN(2*PI*RTWO)
        XNOR=ZONE*SIGMA+SMEAN
        IK=1
        RETURN
  10    XNOR=ZTWO*SIGMA+SMEAN
        IX=0
  20    RETURN
        END
C**********************************************C
C*** EXPONENTIAL DISTRIBUTION *************C
```

```
C*********************************************C
      SUBROUTINE  EXPO(THETA,XEXP,IX)
      CALL  RANDOM(IX,RD)
      XEXP=(-ALOG(RD))*THETA
      RETURN
      END
C*********************************************C
C*** WEIBUL  DISTRIBUTION *******************C
C*********************************************C
      SUBROUTINE  WEIBUL(ALPHA,BETA,XWEI,IX)
      CALL  RANDOM(IX,RD)
      WK=-ALOG(1.-RD)
      AX=1.0/ALPHA
      XWEI=BETA*(WK**AX)
      RETURN
      END
C*********************************************C
C***  DISCRETE UNIFORM  DISTRIBUTION *******C
C*********************************************C
      INTEGER  FUNCTION  IDU(I,J)
      INTEGER  I,J,JJ
      REAL  C
      IF  (I.LE.J)  THEN
        JJ=J-I+1
        CALL  RANDOM(IX,RD)
        C=RD*JJ
        JJ=INT( C)
        IDU=I+JJ
      ELSE
        IDU=-9999
      ENDIF
      RETURN
      END
C*******************************************C
```

```
C*** SUBPROGRAM  RANDOM **************C
C*******************************************C
      SUBROUTINE RANDOM(IX,RD)
      IY=IX*16807
      IF (IY) 5,6,6
 5    IY=IY+2147483647+1
 6    RD=IY
      RD=RD/2147483647
      IX=IY
      RETURN
      END
```

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกาญจนา พานิชการ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536