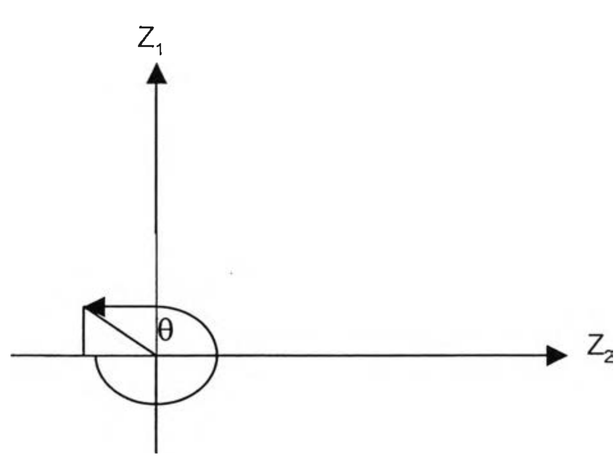
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ต้องการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์(CRD) เมื่อข้อมูลเป็นแบบสมดุล(Balanced data) ด้วยวิธีพื้นฐานและวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งได้มีการกล่าวถึงวิธีการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 วิธีไว้แล้วในบทที่ 2 สำหรับบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรกเป็นขั้นตอนการผลิตเลขสุ่มจากรูปแบบการแจกแจงประชากรแบบปกติ(Normal distribution) ส่วนที่ 2 เป็นขั้นตอนการคำนวณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทั้งวิธีพื้นฐาน และ วิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ส่วนที่ 3 เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(Mean Square Error : MSE) ของตัวประมาณ ส่วนสุดท้ายเป็นการสรุปขั้นตอนการดำเนินงานของโปรแกรม ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การผลิตเลขสุ่มจากรูปแบบการแจกแจงประชากรแบบปกติ

การจำลองข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการผลิตเลขสุ่ม(Random number) จากการแจกแจงของประชากรแบบปกติ ซึ่งการผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติจะใช้วิธีการของ Box Muller[1] เป็นการผลิตเลขสุ่มที่ทีการแจกแจงปกติมาตรฐาน $N(0,1)$ พร้อมกันทั้งสองค่าและแต่ละค่าเป็นอิสระซึ่งกันและกันโดยใช้ตัวก่อกำเนิด(Genrator) Z_1 และ Z_2 ดังรูปต่อไปนี้



[1] Box,G.E.P., and M.E. Miller , Anote on the generation of random deviates," The Annals of Mathematical Statistics , 29 (1958) : 610 – 611.

พิจารณาจากรูปจะได้ว่า

$$Z_1 = B\cos(\theta) \quad (3.1)$$

$$Z_2 = B\sin(\theta) \quad (3.2)$$

เนื่องจาก $B^2 = Z_1^2 + Z_2^2$ มีการแจกแจงไคสแควร์ด้วยระดับขั้นเสรี 2 และเทียบกับการแจกแจงแบบชี้กำลัง(Exponential) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 โดยใช้วิธีการแปลงผกผัน(Tranformation) ซึ่งสามารถสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง(Exponential distribution) ได้ดังนี้

$$B = (-2 \ln r)^{1/2} \quad (3.3)$$

เมื่อ r เป็นเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอ(Uniform distribution) ในช่วง(0,1)

จากการแจกแจงปกติที่สมมาตรจะได้ว่า θ มีการแจกแจงสม่ำเสมอระหว่า 0 ถึง 2π และรัศมี B ทำมุม θ จากสมการ(3.1) ,(3.2) และ (3.3) สามารถสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน จากเลขสุ่ม 2 ชุด r_1 และ r_2 กล่าวคือ

$$Z_1 = (-2 \ln r_1)^{1/2}\cos(2\pi r_1)$$

$$Z_2 = (-2 \ln r_2)^{1/2}\cos(2\pi r_2)$$

ซึ่ง r_1 และ r_2 เป็นตัวเลขสุ่มที่สร้างจากฟังก์ชัน Random.seed(..........) เมื่อได้เลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานแล้ว นำมาทำการแปลงเลขสุ่มดังกล่าวโดยใช้ฟังก์ชัน

$$rn_1 = \mu + \sigma Z_1$$

$$rn_2 = \mu + \sigma Z_2$$

โดยจะได้ว่า rn_1 และ rn_2 มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

สำหรับโปรแกรม S-plus2000 ใช้ฟังก์ชันสำเร็จรูปคือฟังก์ชัน rnorn(n,mean,sd)

เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

mean คือ ค่าเฉลี่ยประชากร(μ)

sd คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

กรณีมีจำนวนระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง a ปัจจัย และมีจำนวนค่าสังเกตในแต่ละระดับของปัจจัย n ค่าสังเกต สามารถผลิตเลขสุ่ม y_{ij} ได้ตามตัวแบบ $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, a$ และ $j = 1, 2, \ldots, n$ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลเชิงสุ่ม(Random-effect) ดังนั้นการผลิต $\tau_i \sim N(0, \sigma_\tau^2)$ ได้จากฟังก์ชันสำเร็จรูป rnorm(a , 0 , sqrt(σ_τ^2)) และการผลิต $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกันในรูปฟังก์ชัน rnorm(a*n , 0 , sqrt(σ_e^2)) โดยที่ μ, σ_τ^2 และ σ_e^2 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดเป็นกรณีศึกษาไว้ในบทที่ 1

3.2 การคำนวณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน

หลังจากขั้นตอนการผลิตเลขสุ่ม y_{ij} ขั้นต่อมาเป็นการนำเอาเลขสุ่มที่ได้มาคำนวณค่าประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนทั้ง 2 กลุ่มคือ วิธีพื้นฐานและวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

3.2.1 วิธีพื้นฐาน

ตัวประมาณด้วยวิธีพื้นฐานมีทั้งสิ้น 4 วิธีดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุด(Maximum likelihood : ML)

เงื่อนไข $\frac{a-1}{a}MSTr \geq MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau ML} = \frac{1}{n}\left(\frac{a-1}{a}MSTr - MSE\right)$, $\hat{\sigma}^2_{eML} = MSE$

$\frac{a-1}{a}MSTr < MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau ML} = 0$, $\hat{\sigma}^2_{eML} = \frac{SST}{an}$

3.2.1.2 ตัวประมาณแบบกำลังสองไม่แปรเปลี่ยน(Invariance quadratic estimator : IQE)

เงื่อนไข $MSTr \geq \frac{a(n-1)}{a(n-1)+2}MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau IQE} = \frac{a-1}{(a+1)n}\left(MSTr - \frac{a(n-1)}{a(n-1)+2}MSE\right)$

$\hat{\sigma}^2_{eIQE} = \frac{SSE}{a(n-1)+2}$

$MSTr < \frac{a(n-1)}{a(n-1)+2}MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau IQE} = 0$, $\hat{\sigma}^2_{eIQE}\ \frac{SSE}{a(n-1)+2}$

3.2.1.3 ตัวประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดแบบมีข้อจำกัด(Restricted maximum likelihood : REML)

เงื่อนไข $MSTr \geq MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau REML} = \frac{1}{n}(MSTr - MSE)$, $\hat{\sigma}^2_{eREML} = MSE$

$MSTr < MSE$ $\quad \hat{\sigma}^2_{\tau REML} = 0$, $\hat{\sigma}^2_{eREML} = \frac{SST}{an-1}$

3.2.2 วิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน

การเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวนที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีทั้งสิ้น 4 วิธีด้วยกันโดย 3 วิธีแรกเป็นการหาค่า a_i และ b_i ที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้หาค่าถ่วงน้ำหนักของตัวประมาณวิธีพื้นฐานได้ต่อไป และสำหรับวิธีสุดท้ายคือวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด(Least absolute value method) ซึ่งนำเอาเทคนิคสมการเชิงเส้นมาใช้แก้สมการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

การเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวนนั้นจะดีหรือไม่นอกจากขึ้นอยู่กับ วิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวนแล้วยังขึ้นอยู่กับตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนที่นำมาใช้ในการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบด้วย โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกตัวประมาณที่นำมาเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน แบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยมีสูตรการคำนวณจำแนกตามและวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวนดังนี้

3.2.2.1 กลุ่ม1 (เฉลี่ยวิธี ML, IQE และ REML)

1) วิธีการถ่วงน้ำหนักที่เท่ากัน : EQ1

$$\hat{\sigma}^2_{\tau EQ1} = \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{\tau REML}$$

$$\hat{\sigma}^2_{eEQ1} = \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{eIQE} + \frac{1}{3}\hat{\sigma}^2_{eREML}$$

2) วิธีการถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยค่าประมาณความแปรปรวนของ $\bar{y}_{..}$:Vy1

$$S_{Vy1} = \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau REML} + \hat{\sigma}^2_{eREML}}$$

$$\hat{\sigma}^2_{\tau Vy1} = \frac{1}{S_{Vy1}}\left[\frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}}\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau RE} + \hat{\sigma}^2_{eREML}}\hat{\sigma}^2_{\tau REML}\right]$$

$$\hat{\sigma}^2_{eVy1} = \frac{1}{S_{Vy1}}\left[\frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{eIQE} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau REML} + \hat{\sigma}^2_{eREML}}\hat{\sigma}^2_{eREML}\right]$$

3) วิธีการถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยการประมาณค่าความแปรปรวน ของตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน (ประกอบด้วย σ_τ^2 และ σ_e^2) : Vt1 และ Ve1 ตามลำดับ

$$S_{Ve1} = \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eML}} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^2_{eIQE}} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eREML}}$$

$$S_{Vt1} = \frac{n^2}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eML}+n\sigma^2_{\tau ML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eML}}{a(n-1)+2}\right]} + \frac{n^2(a+1)^2}{2(a-1)^2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eIQE}+\frac{n(a+1)}{a-1}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eIQE}}{a(n-1)+2}\right]}$$
$$+ \frac{n^2}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eREML}+n\hat{\sigma}^2_{\tau REML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eREML}}{a(n-1)+2}\right]}$$

$$\hat{\sigma}^2_{eVe1} = \frac{1}{S_{Vye1}}\left[\frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eML}}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{eIQE} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eREML}}\hat{\sigma}^2_{eREML}\right]$$

$$\hat{\sigma}^2_{\tau Vt1} = \frac{1}{S_{Vt1}}\left[\frac{n^2\hat{\sigma}^2_{\tau ML}}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eML}+n\sigma^2_{\tau ML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eML}}{a(n-1)+2}\right]} + \frac{n^2\hat{\sigma}^2_{\tau REML}}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eREML}+n\hat{\sigma}^2_{\tau REML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eREML}}{a(n-1)+2}\right]} + \frac{n^2(a+1)^2\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}}{2(a-1)^2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eIQE}+n(a+1)\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}/(a-1)\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eIQE}}{a(n-1)+2}\right]}\right]$$

4) วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด (Least absolute value method) : LA1

ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีนี้อาศัยเทคนิคสมการเชิงเส้น เพื่อหาค่าคงที่ที่ใช้เฉพาะกรณีจำนวนระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง = a และจำนวนค่าสังเกตในแต่ละระดับของปัจจัย = n โดยสามารถสรุปค่าถ่วงน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าคงที่สำหรับตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธีพื้นฐานทั้ง 3 ตัวคือ ML, IQE และ REML ได้ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นหาค่าผลบวกของผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้กับค่าประมาณด้วยวิธีพื้นฐานทั้ง 3 เพื่อให้ได้ตัวประมาณด้วยวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวนจากวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดของตัวประมาณกลุ่ม1 (เฉลี่ยวิธี ML, IQE และ REML) สำหรับประมาณ σ_τ^2 และ σ_e^2 จำแนกตามกรณีจำนวนระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง(a) และจำนวนค่าสังเกตในแต่ละระดับของปัจจัย(n)

a	n	น้ำหนักสำหรับประมาณ $\hat{\sigma}^2_{\tau LA1}$			น้ำหนักสำหรับประมาณ $\hat{\sigma}^2_{eLA1}$		
		W_{ML}	W_{IQE}	W_{REML}	V_{ML}	V_{IQE}	V_{REML}
2	2	0.104898	0.541977	0.353125	0.263346	0.362685	0.373969
4	2	0.089655	0.624971	0.285374	0.321891	0.427089	0.25102
6	2	0.095624	0.649147	0.255229	0.364117	0.436659	0.199224
8	2	0.115606	0.633244	0.25115	0.396915	0.437003	0.166082
10	2	0.117554	0.630573	0.251873	0.42813	0.429055	0.142815
12	2	0.125	0.611227	0.263773	0.455013	0.412278	0.132709
2	4	0.084633	0.507384	0.407983	0.287054	0.431461	0.281485
4	4	0.046002	0.597087	0.356911	0.395698	0.441013	0.163289
6	4	0.039537	0.610883	0.34958	0.471455	0.409751	0.118794
8	4	0.0371228	0.617198	0.345679	0.502752	0.394407	0.102841
10	4	0.039631	0.601436	0.358933	0.52316	0.395285	0.081555
12	4	0.038365	0.591716	0.369919	0.549244	0.385431	0.065325
2	6	0.0670452	0.500473	0.4324815	0.296875	0.440307	0.262818
4	6	0.025551	0.586972	0.387477	0.447873	0.4164185	0.135708
6	6	0.014992	0.596497	0.388511	0.516574	0.38767	0.095756
8	6	0.014139	0.58947	0.396391	0.541238	0.395691	0.063071
10	6	0.010395	0.591845	0.39776	0.548219	0.398043	0.053738
12	6	0.008114	0.578551	0.413335	0.551029	0.412037	0.036934

3.2.2.2 กลุ่ม2 (เฉลี่ยวิธี ML และ IQE)

1) วิธีการถ่วงน้ำหนักที่เท่ากัน : EQ2

$$\hat{\sigma}^2_{\tau EQ2} = \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}$$

$$\hat{\sigma}^2_{eEQ2} = \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2_{eIQE}$$

2) วิธีการถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยค่าประมาณความแปรปรวนของ $\bar{y}_{..}$: Vy2

$$S_{Vy2} = \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}}$$

$$\hat{\sigma}^2_{\tau Vy2} = \frac{1}{S_{Vy2}}\left[\frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}}\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}\right]$$

$$\hat{\sigma}^2_{eVy2} = \frac{1}{S_{Vy2}}\left[\frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau ML} + \hat{\sigma}^2_{eML}}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{an}{n\hat{\sigma}^2_{\tau IQE} + \hat{\sigma}^2_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{eIQE}\right]$$

3) วิธีการถ่วงน้ำหนักโดยอาศัยค่าประมาณความแปรปรวน ของตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน (ประกอบด้วย σ^2_τ และ σ^2_e) : Vt2 และ Ve2 ตามลำดับ

$$S_{Ve2} = \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eML}} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eIQE}}$$

$$S_{Vt2} = \frac{n^2}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eML} + n\hat{\sigma}^2_{\tau ML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eML}}{a(n-1)+2}\right]} + \frac{n^2(a+1)^2}{2(a-1)^2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eIQE} + \frac{n(a+1)}{a-1}\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eIQE}}{a(n-1)+2}\right]}$$

$$\hat{\sigma}^2_{eVe2} = \frac{1}{S_{Vye2}}\left[\frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eML}}\hat{\sigma}^2_{eML} + \frac{a(n-1)+2}{2\hat{\sigma}^4_{eIQE}}\hat{\sigma}^2_{eIQE}\right]$$

$$\hat{\sigma}^2_{\tau Vt2} = \frac{1}{S_{Vt2}}\left[\frac{n^2\hat{\sigma}^2_{\tau ML}}{2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eML} + n\hat{\sigma}^2_{\tau ML}\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eML}}{a(n-1)+2}\right]} + \frac{n^2(a+1)^2\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}}{2(a-1)^2\left[\frac{\left(\hat{\sigma}^2_{eIQE} + n(a+1)\hat{\sigma}^2_{\tau IQE}/(a-1)\right)^2}{a+1} + \frac{\hat{\sigma}^4_{eIQE}}{a(n-1)+2}\right]}\right]$$

4) วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุด(Least absolute value method) : LA2

วิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดกรณีเฉลี่ยตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน ด้วยวิธีพื้นฐานทั้ง 2 ตัวคือ ML และ IQE ทำได้ในทำนองเดียวกันกับวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดกรณีกลุ่ม1 โดยสามารถสรุปค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นค่าคงที่ได้ดังตารางที่ 3.2 จากนั้นหาผลบวกของผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้กับค่าประมาณด้วยวิธีพื้นฐานทั้ง 2 ดังกล่าว

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีค่าสัมบูรณ์ต่ำสุดของตัวประมาณกลุ่ม2 (เฉลี่ยวิธี ML และ IQE) สำหรับประมาณ σ_τ^2 และ σ_e^2 จำแนกตามจำนวนระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง(a) และจำนวนค่าสังเกตในแต่ละระดับของปัจจัย(n)

a	n	น้ำหนักสำหรับประมาณ $\hat{\sigma}^2_{\tau LA2}$		น้ำหนักสำหรับประมาณ $\hat{\sigma}^2_{eLA2}$	
		W_{ML}	W_{IQE}	V_{ML}	V_{IQE}
2	2	0.424208	0.575792	0.704866	0.295134
4	2	0.378701	0.621299	0.59462	0.40538
6	2	0.375814	0.624186	0.546012	0.453988
8	2	0.382523	0.617477	0.518095	0.481905
10	2	0.375276	0.624724	0.488964	0.511036
12	2	0.384167	0.615833	0.477034	0.522966
2	4	0.483755	0.516245	0.58704	0.41296
4	4	0.416664	0.583336	0.485173	0.514827
6	4	0.390094	0.609906	0.433485	0.566515
8	4	0.370912	0.629088	0.411334	0.588666
10	4	0.374721	0.625279	0.378069	0.621931
12	4	0.359219	0.640781	0.382698	0.617302
2	6	0.530725	0.469275	0.544344	0.455656
4	6	0.452206	0.547794	0.444500	0.555500
6	6	0.421819	0.578181	0.396099	0.603901
8	6	0.406695	0.593305	0.374441	0.625559
10	6	0.394117	0.605883	0.356263	0.643737
12	6	0.378691	0.621309	0.344594	0.655406

3.3 การเปรียบเทียบตัวประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ให้ความสนใจกับตัวประมาณซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีการพารามิเตอร์ σ_τ^2 และการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน ซึ่งเป็นผลรวมของตัวประมาณ σ_τ^2 และ σ_e^2 โดยมีเกณฑ์การเปรียบเทียบแต่ละกรณีดังนี้

3.3.1 กรณีการประมาณพารามิเตอร์ σ_τ^2

$$MSE(\hat{\sigma}_{\tau i}^2) = \frac{1}{10,000}\sum_{s=1}^{10,000}\left(\hat{\sigma}_{\tau is}^2 - \sigma_\tau^2\right)^2$$

เมื่อ s คือ รอบที่ทำการจำลองข้อมูลซ้ำซึ่งมีทั้งสิ้น 10,000 รอบ

i คือ วิธีที่ใช้ในการประมาณพารามิเตอร์ σ_τ^2 (ทั้งวิธีพื้นฐานและวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน)

3.3.2 กรณีการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน

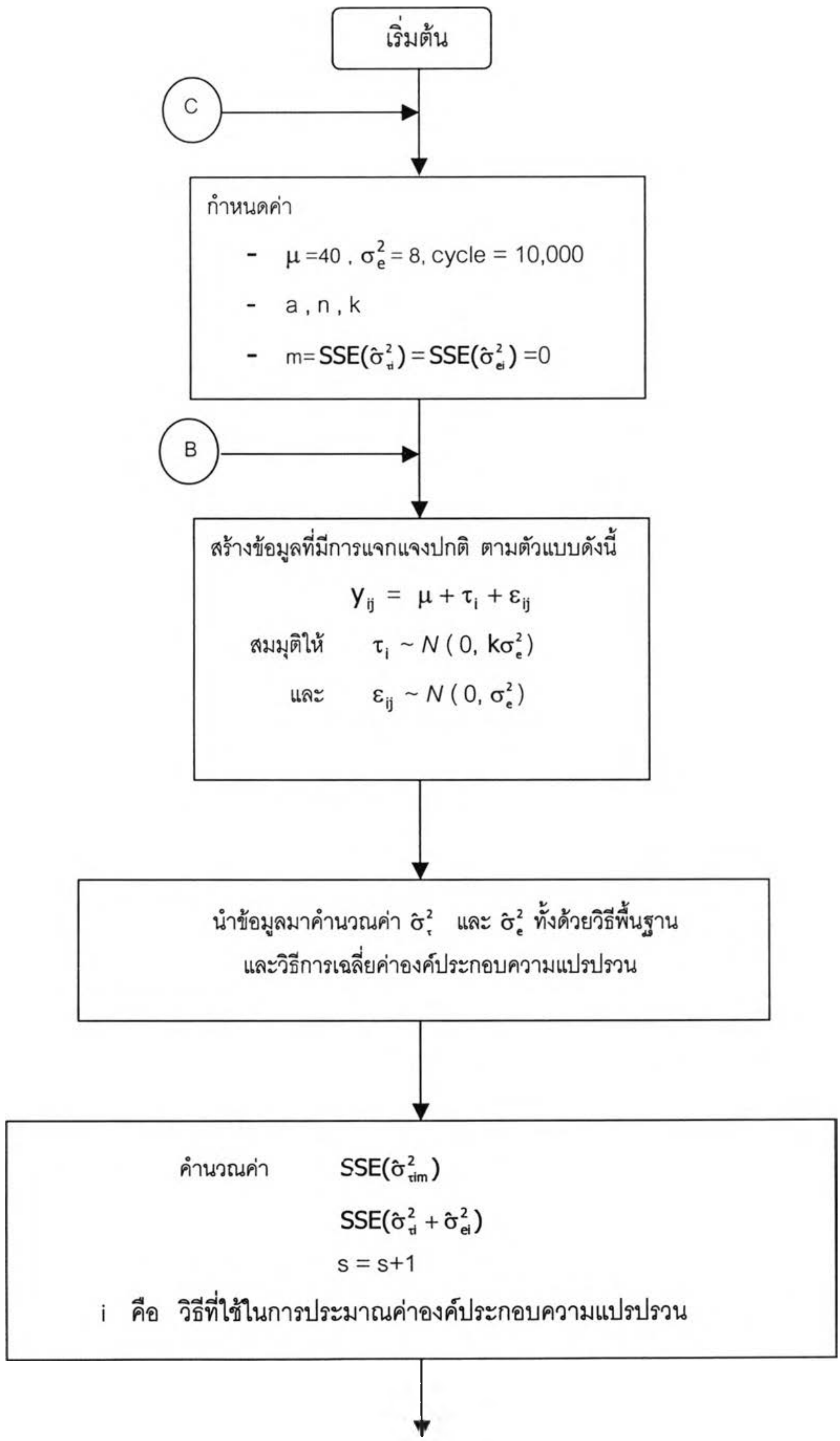
$$MSE(\hat{\sigma}_{\tau i}^2 + \hat{\sigma}_{ei}^2) = \frac{1}{10,000}\sum_{s=1}^{10,000}\left[\left(\hat{\sigma}_{\tau is}^2 - \sigma_\tau^2\right)^2 + \left(\hat{\sigma}_{eis}^2 + \sigma_e^2\right)^2\right]$$

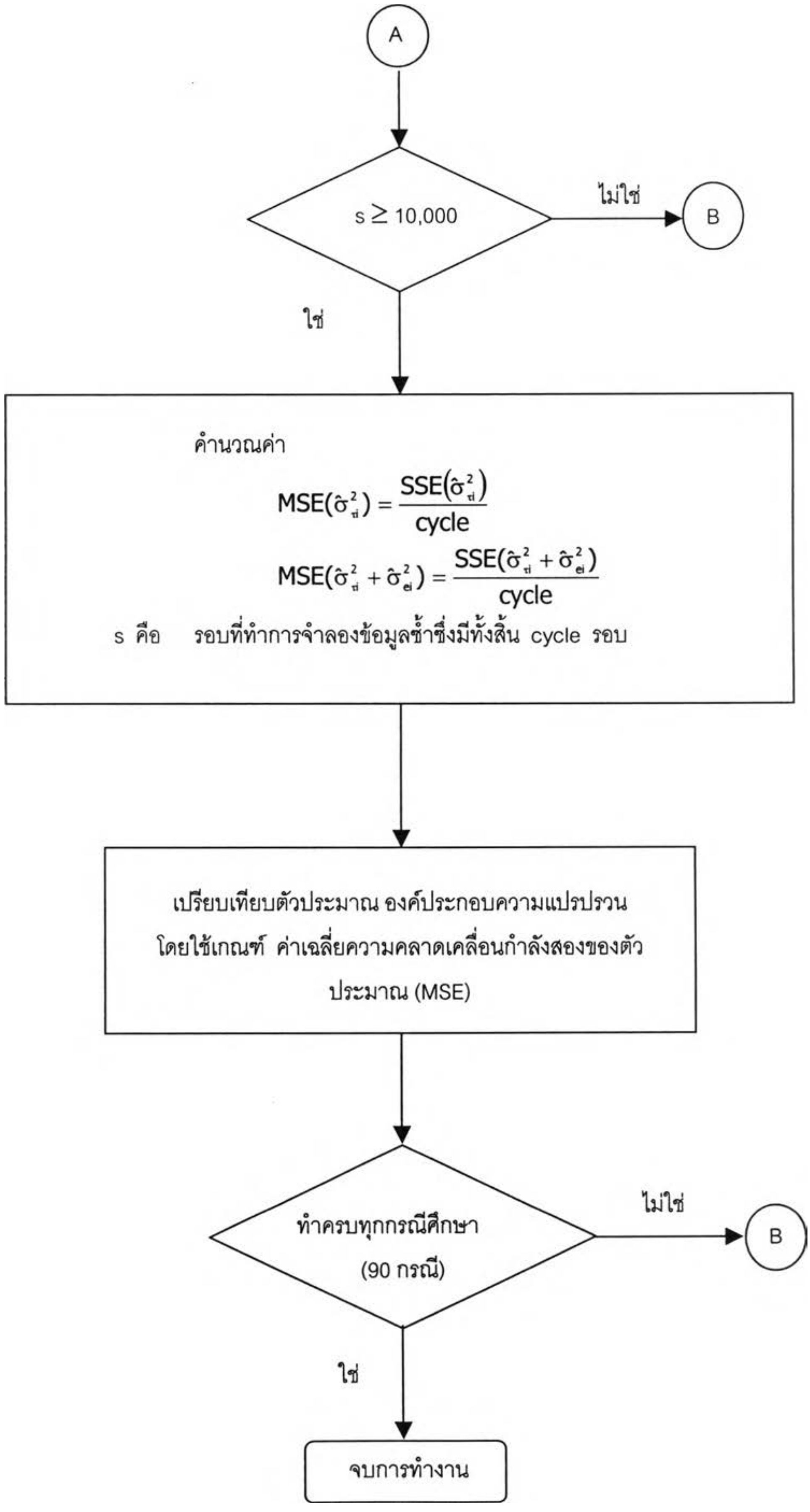
เมื่อ s คือ รอบที่ทำการจำลองข้อมูลซ้ำซึ่งมีทั้งสิ้น 10,000 รอบ

i คือ วิธีที่ใช้ในการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวน (ทั้งวิธีพื้นฐาน และวิธีการเฉลี่ยค่าองค์ประกอบความแปรปรวน)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้กำหนดจำนวนจำนวนรอบการจำลองข้อมูลซ้ำ 10,000 รอบโดยใช้หลักการพิจารณาโดยมีรายละเอียดดังที่จะได้กล่าวเอาไว้ในภาคผนวก ก

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม




A
s ≥ 10,000
ไม่ใช่
B
ใช่
คำนวณค่า
$\mathrm{MSE}(\hat{\sigma}^2_{\tau i}) = \dfrac{\mathrm{SSE}(\hat{\sigma}^2_{\tau i})}{\mathrm{cycle}}$
$\mathrm{MSE}(\hat{\sigma}^2_{\tau i} + \hat{\sigma}^2_{\varepsilon i}) = \dfrac{\mathrm{SSE}(\hat{\sigma}^2_{\tau i} + \hat{\sigma}^2_{\varepsilon i})}{\mathrm{cycle}}$
s คือ รอบที่ทำการจำลองข้อมูลซ้ำซึ่งมีทั้งสิ้น cycle รอบ
เปรียบเทียบตัวประมาณ องค์ประกอบความแปรปรวน
โดยใช้เกณฑ์ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของตัว
ประมาณ (MSE)
ทำครบทุกกรณีศึกษา
(90 กรณี)
ไม่ใช่
B
ใช่
จบการทำงาน