บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองระบบสัญญาณไฟจราจร

จากการศึกษาการออกแบบการทดลองระบบสัญญาณไฟจราจร ได้รูปแบบการออกแบบการทดลอง และที่ได้จากการทดลองรันโปรแกรม Arena V 8.01 คือ

1. การออกแบบการทดลองแบบ Orthogonal Array (OA)
2. การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Designs (FFD)
3. การออกแบบการทดลอง แบบ Responses Surface Method (RSM)
    - BBD Box Behnken Design (BBD)
    - Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC) ส่วนหน้า
    - Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC) ส่วนมุม

4.1.1 การออกแบบการทดลองแบบ Orthogonal Array (OA)

โดยที่ผลการทดลองจะแสดงออกมาตามขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนด Level ที่จะใช้ในการกำหนดค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ)

ตารางที่ 4.1 แสดงการกำหนด Level ที่จะใช้ในการกำหนดค่า

Factor	-1	0	1
NK	20	30	40
PL	20	30	40
NU	20	30	40

ค่า -1,0,1 คือค่า Coded Level

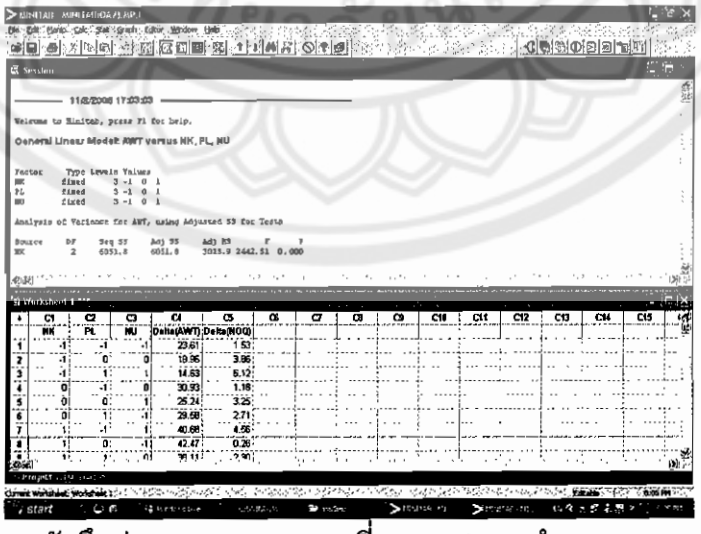
ค่า 20,30,40 คือค่า Natural Level

2. ใช้ Code L_9 ในการออกแบบการทดลอง (ดูหัวข้อ 2.2.1)

3. เข้าโปรแกรม Arena เพื่อทำการ RUN ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะทำการเปลี่ยนลำดับทั้งหมด 10 ลำดับและในโปรแกรม Arena นี้จะเรียกการเปลี่ยนลำดับว่า stream เพื่อหาค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ของถนนแต่ละสาย จำนวนการ RUN ทั้งหมดมีจำนวน 9 ครั้งต่อ stream ทำการ RUN ทั้งหมด 10 stream เท่ากับ 90 ครั้ง

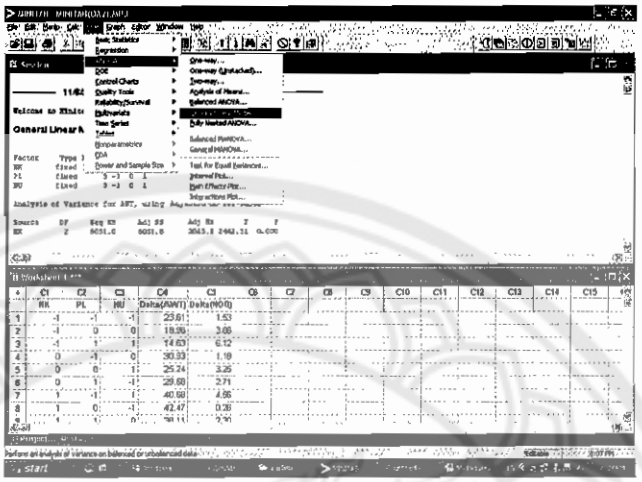
4. เมื่อได้ค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ครบทั้ง 10 stream แล้วนำมาหาค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) เมื่อได้ค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) มาแล้วนำไปเข้าในโปรแกรม Minitab

5. นำค่าของผลต่างเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) ที่ได้จากการ RUN ทั้งหมด 10 stream จากโปรแกรม Arena มาทำการจัดเก็บใส่ใน Worksheet ในโปรแกรม Minitab โดยที่บรรทัดแรกในตาราง Worksheet ทำการกำหนดค่าของ Level (ในที่นี้คือ NK,PL,NU) และนำตัวย่อของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) (ในที่นี้คือ ค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ)) มาใส่ลงไปที่บรรทัดแรกของตาราง นำ Code และค่าของตัวเลขที่ได้จากการหาค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) มาใส่ในบรรทัดถัดไป ค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) หาได้จากสูตรที่ 19 และ 20



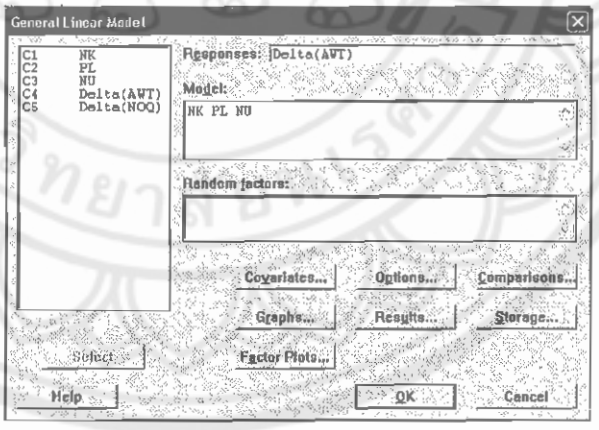
รูปที่4.1 แสดงการบันทึกค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ลงในโปรแกรม Minitab

6. จากนั้นไปที่ Stat เลือก ANOVA แล้วไปที่ไปที่ General Linear Model

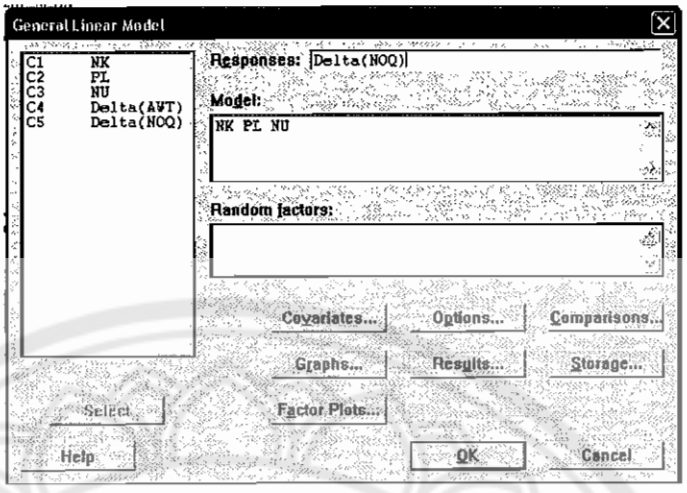


รูปที่4.2 แสดงการเลือกหน้าต่างในโปรแกรม Minitab

7. ทำการเลือกค่าตรงช่อง Responses (เลือก Responses ทั้งค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) เลือกทีละครั้ง) และ Model (คือค่าของ NK,PL,NU) จากนั้นกด OK



รูปที่4.3 แสดงการเลือกเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT)



รูปที่4.4 แสดงการเลือกจำนวนการรอคอย (NOQ)

8. จะได้ค่าความแปรปรวนออกมา หลังจากได้ผลสรุปของการวิเคราะห์ความแปรปรวนออกมาแล้ว ทำการวิเคราะห์ดูค่า P ที่ได้ออกมาว่ามีค่าเท่าไหร่ เพราะถ้าค่า P ที่ได้ออกมามีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า Factor ที่ได้กำหนดขึ้นมามีนัยสำคัญต่อคำตอบมาก

9. นำค่าเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ที่ได้จากการ RUN ในโปรแกรม Arena ทั้งหมด 10 stream ไปหาค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และค่าเฉลี่ยของจำนวนการรอคอย (NOQ)(โดยการนำตัวเลขทั้งหมด 10 streamของถนนแต่ละสายมาทำการบวกกันแล้วหารด้วย 10 จากนั้นจะได้ค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ออกมา) ของถนนแต่ละสายอีกครั้งในโปรแกรม Excel ค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และค่าเฉลี่ยของจำนวนการรอคอย (NOQ) ที่ได้ออกมาเป็นดังนี้

ตารางที่4.2 แสดงผลที่ได้จากการ RUN โปรแกรมการออกแบบการทดลอง L_9 เป็นค่า AWTเฉลี่ยและ NOQ เฉลี่ย ของแต่ละแยก

AWTเฉลี่ย		
NK	PL	NU
24.95895	24.97744	25.19236
30.01914	27.39963	27.44499
34.99883	30.08665	29.98293
27.44192	29.8884	27.4374
32.54597	32.42464	29.96181
29.99971	27.60067	32.52674
29.98101	35.20218	29.94093
27.57839	29.92288	32.59542
32.39519	32.5244	34.99024
NOQเฉลี่ย		
NK	PL	NU
1.309	0.739	0.351
2.127	0.868	0.423
3.033	1	0.481
1.479	1.25	0.423
2.324	1.359	0.483
1.894	0.774	0.737
0	1.784	0.482
1.313	1.104	0.735
2.106	1.243	0.784

10. เมื่อได้ค่าเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ที่นำมาทำการเฉลี่ยอีกครั้งแล้ว ดูว่าการ RUN ครั้งที่เท่าไรมีค่า Level ตรงกัน ถ้าพบแล้วนำตัวเลขที่มีค่า Level ตรงกันมาทำการบวกกันแล้วหารด้วย 3 จนครบทั้ง 3 Level ที่ได้กำหนดไว้ เช่น

(24.95895+30.01914+34.99883)/3−29.99231 (ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บนั้น ทั้ง 3 ตัวมีค่าตรงกับ Level -1 จึงนำมารวมกันแล้วหารด้วย 3)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าของ AWT เฉลี่ยและ NOQ เฉลี่ย ที่มี Level ตรงกัน

Level			AWT เฉลี่ย			ค่า AWT ที่ได้จาก Level เดียวกัน		
NK	PL	NU	NK	PL	NU	NK	PL	NU
-1	-1	-1	24.95895	24.97744	25.19236	29.99231	30.02267	30.10484
-1	0	0	30.01914	27.39963	27.44499	29.99587	29.91572	29.95754
-1	1	1	34.99883	30.08665	29.98293	29.98486	30.07057	30.84672
0	-1	0	27.44192	29.8884	27.4374			
0	0	1	32.54597	32.42464	29.96181			
0	1	-1	29.99971	27.60067	32.52674			
1	-1	1	29.98101	35.20218	29.94093			
1	0	-1	27.57839	29.92288	32.59542			
1	1	0	32.39519	32.5244	34.99024			
Level			NOQ เฉลี่ย			ค่า NOQ ที่ได้จาก Level เดียวกัน		
NK	PL	NU	NK	PL	NU	NK	PL	NU
-1	-1	-1	1.309	0.739	0.351	2.156333	1.257667	0.607667
-1	0	0	2.127	0.868	0.423	1.899	1.110333	0.543333
-1	1	1	3.033	1	0.481	1.139667	1.005667	0.482
0	-1	0	1.479	1.25	0.423			
0	0	1	2.324	1.359	0.483			
0	1	-1	1.894	0.774	0.737			
1	-1	1	0	1.784	0.482			
1	0	-1	1.313	1.104	0.735			
1	1	0	2.106	1.243	0.784			

11. ทำการเลือกค่าเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ที่น้อยสุด เพราะจะเป็นตัวกำหนดเวลาที่เหมาะสมของถนนในแต่ละสาย

จากตารางข้างต้นนี้ สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ว่า

การวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์คล้ายกับงานวิจัยของชาวไต้หวัน (Chao-Yu Chou, Application of computer simulation to the design of a traffic signal timer, 2001) ซึ่งได้ทำการทดลองและใช้ Orthogonal Array L_9 ในการวิเคราะห์เช่นกัน โดยการเลือกค่าที่น้อยที่สุดมาทำการกำหนดสัญญาณไฟจราจรของแต่ละแยก

ตารางที่ 4.4 แสดงผลที่ได้จากการ RUN โปรแกรมการออกแบบการทดลอง L_9 เป็นค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) ของแต่ละแยก

△AWT	NK	PL	NU
-1	29.99231	30.02267	30.10484
0	29.99587	29.91572	29.95754
1	29.98486	30.07057	30.84672

จากตารางเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลลัพธ์ของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) ค่าที่ดีที่สุดในถนนแต่ละแยกเป็นดังนี้

- NK ค่าของ Level ที่ได้คือ -1
- PL ค่าของ Level ที่ได้คือ 0
- NU ค่าของ Level ที่ได้คือ 0

ฉะนั้นค่าของเวลาที่จะนำไปกำหนดให้ถนนแต่ละสาย คือ

- แยก NK เท่ากับ 20 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 30 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 30 วินาที

ตารางที่ 4.5 แสดงผลที่ได้จากการรันโปรแกรมการออกแบบการทดลอง เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนการรอคอย (NOQ) ของแต่ละแยก

NOQ	NK	PL	NU
-1	2.156333	1.257667	0.607667
0	1.899	1.110333	0.543333
1	1.139667	1.005667	0.482

จากตารางจำนวนการรอคอย (NOQ) สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลลัพธ์ของจำนวนการรอคอย (NOQ) ค่าที่ดีที่สุดในถนนแต่ละแยกเป็นดังนี้

- NK ค่าของ Level ที่ได้คือ 1
- PL ค่าของ Level ที่ได้คือ 1
- NU ค่าของ Level ที่ได้คือ 1

ฉะนั้นค่าของเวลาที่จะนำไปกำหนดให้ถนนแต่ละสาย คือ

- แยก NK เท่ากับ 40 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 40 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 40 วินาที

4.1.2 **การออกแบบการทดลองแบบ** Full Factorial Designs (FFD)

ผลการทดลองจะอธิบายไปตามผลการดำเนินการ ดังนี้

1. กำหนด Level ที่จะใช้ในการกำหนดค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ)(ดูที่ตารางที่ 4.1)

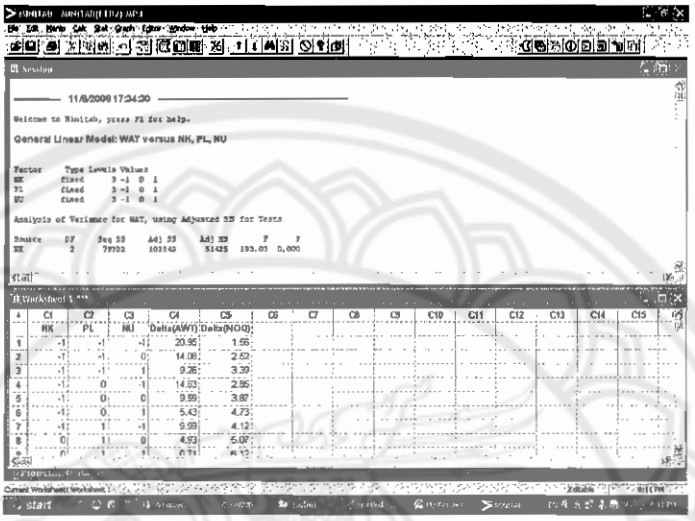
2. ใช้ Code Full Factorial Design แบบ 3^3 ในการออกแบบการทดลอง (ดูหัวข้อ 2.2.2)

3. เข้าโปรแกรม Arena เพื่อทำการ RUN ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะทำการเปลี่ยนลำดับทั้งหมด 10 ลำดับและในโปรแกรม Arena นี้จะเรียกการเปลี่ยนลำดับว่า stream เพื่อหาค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ของถนนแต่ละสาย จำนวนการ RUN ทั้งหมดมีจำนวน 27 ครั้งต่อ stream ทำการ RUN ทั้งหมด 10 stream เท่ากับ 270 ครั้ง

4. เมื่อได้ค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ครบทั้ง 10 stream แล้วนำมาหาค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) เมื่อได้ค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) มาแล้วนำไปเข้าในโปรแกรม Minitab

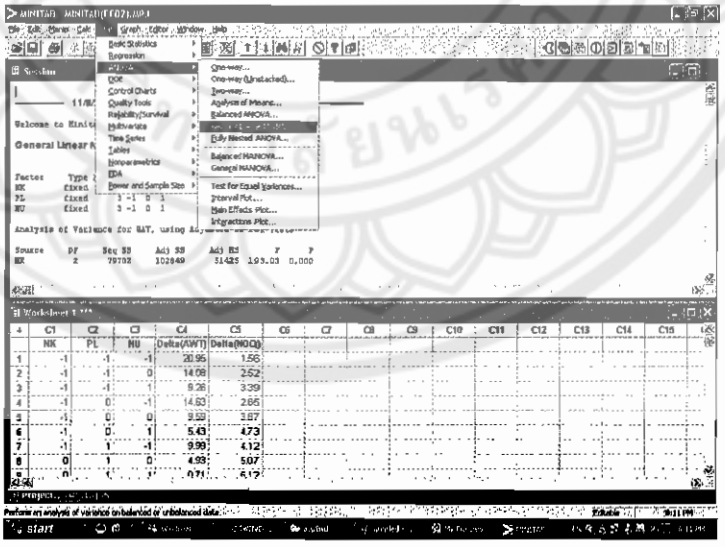
5. นำค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) ที่ได้จากการ RUN ทั้งหมด 10 stream จากโปรแกรม Arena มาทำการจัดเก็บใส่ใน Worksheet ในโปรแกรม Minitab โดยที่บรรทัดแรกในตาราง Worksheet ทำการกำหนดค่าของ Level (ในที่นี้คือ NK,PL,NU) และตัวย่อของค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ) (ในที่นี้คือ Delta (AWT) และ Delta (NOQ)) มาใส่ลงไปที่บรรทัดแรกของตาราง นำ Code และค่าของตัวเลขที่ได้จากการหาค่าของผลต่างของเวลารอคอย

ของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) มาใส่ในบรรทัดถัดไป ค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) หาได้จากสูตรที่ 19 และ 20



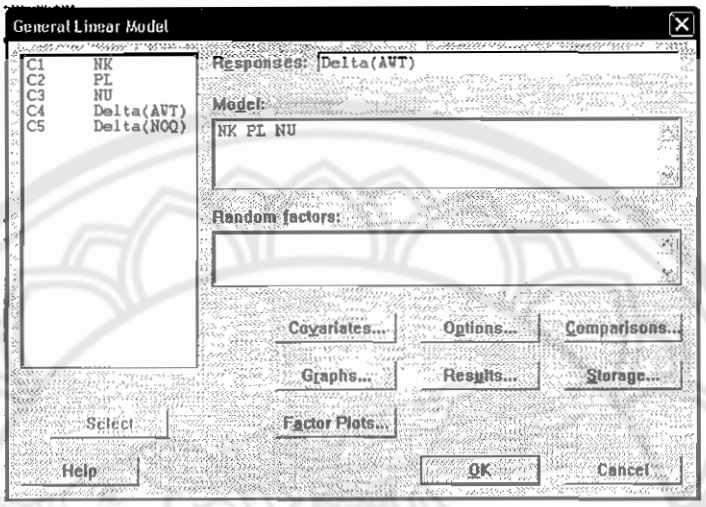
รูปที่ 4.5 แสดงการบันทึกค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ลงในโปรแกรม Minitab

6. จากนั้นไปที่ Stat เลือก ANOVA แล้วไปที่ไปที่ General Linear Model

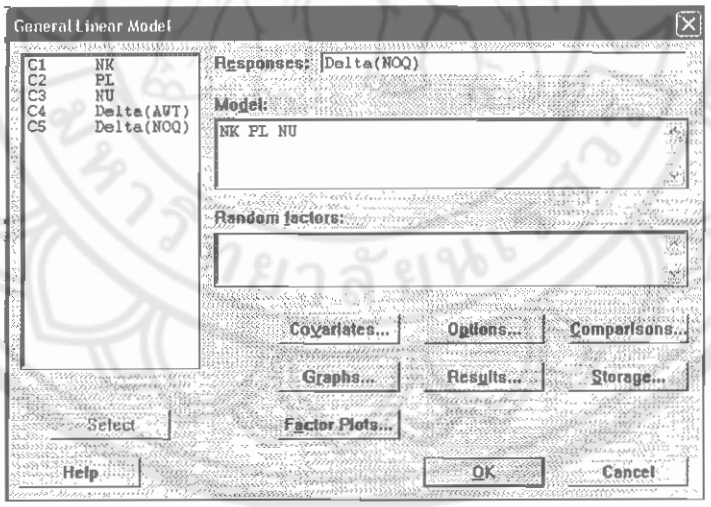


รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกหัวข้อในโปรแกรม Minitab

7. ทำการเลือกค่าตรงช่อง Responses (เลือก Responses ทั้งค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) เลือกทีละครั้ง) และ Model (คือค่าของ NK,PL,NU) จากนั้นกด OK



รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT)

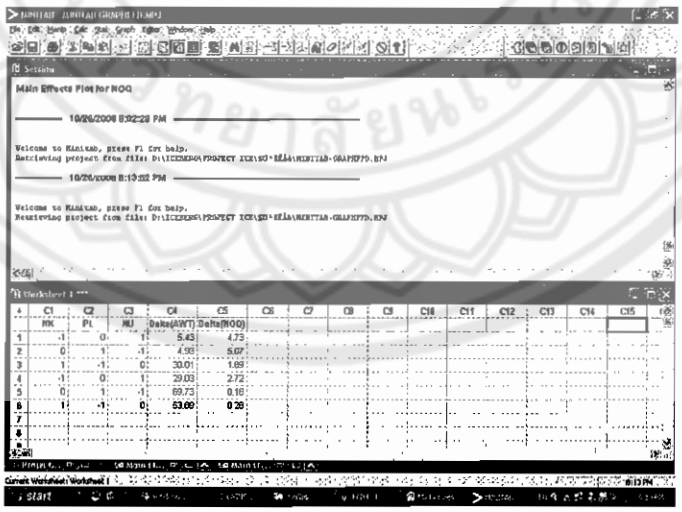


รูปที่ 4.8 แสดงการเลือกจำนวนการรอคอย (NOQ)

8. จะได้ค่าความแปรปรวนออกมา หลังจากได้ผลสรุปของการวิเคราะห์ความแปรปรวนออกมาแล้ว ทำการวิเคราะห์ดูค่า P ที่ได้ออกมาว่ามีค่าเท่าไหร่ เพราะถ้าค่า P ที่ได้ออกมามีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า Factor ที่ได้กำหนดขึ้นมามีนัยสำคัญต่อคำตอบมาก

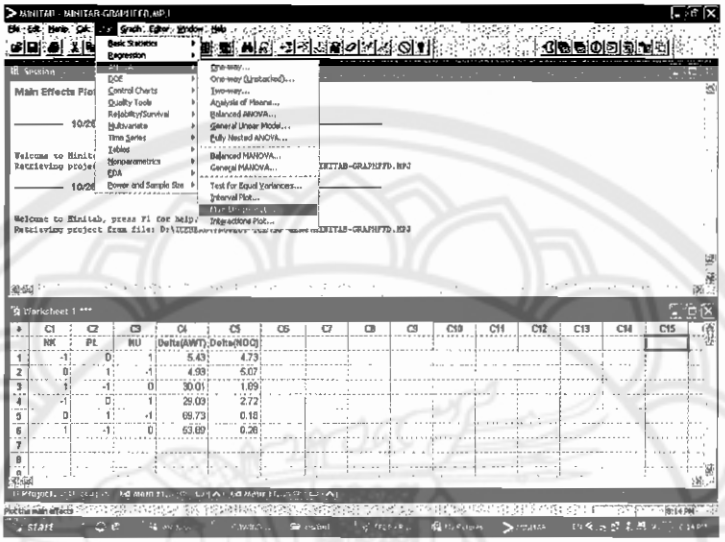
9. หลังจากทำการตรวจสอบค่า P เรียบร้อยแล้ว นำค่าของผลต่างเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) ที่มีค่า Level ของการ RUN ที่ตรงกัน(ในที่นี้คือ -1,0,1) ไปทำการวิเคราะห์หาค่าของสัญญาณไฟจราจรเขียว-แดงที่เหมาะสมที่สุดในโปรแกรม Minitab

10. เมื่อเข้าในโปรแกรม Minitab แล้วทำการตรวจสอบ Level ของค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) ที่มีค่า Level ตรงกันอีกครั้ง นำตัวเลขที่มี Level ตรงกันมาใส่ลงใน Worksheet โดยที่บรรทัดแรกในตาราง Worksheet ทำการกำหนดค่าของ Level (ในที่นี้คือ NK,PL,NU) และนำตัวย่อของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) (ในที่นี้คือ ค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอยเฉลี่ย (ΔNOQ)) มาใส่ลงไปที่บรรทัดแรกของตาราง นำ Code และค่าของตัวเลขที่ได้จากการหาค่าของผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) มาใส่ในบรรทัดถัดไป (จะนำการ RUN ในโปรแกรม Arena ที่อยู่ในช่วง 1 stream แรกมาคิดเท่านั้นเพราะถ้านำมาทั้งหมด 10 stream ค่าที่ได้ออกมามีค่าที่เท่ากับ 1stream เช่นกัน (ค่าที่มี Level ตรงกับ -1,0,1 มีทั้งหมด 6 ครั้ง))



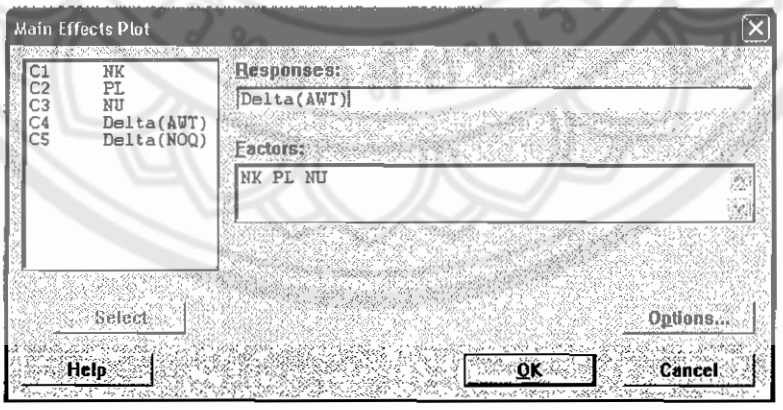
รูปที่ 4.9 แสดงการบันทึกค่าเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) ที่มี Level ตรงกับที่กำหนดไว้

11. เมื่อบันทึกค่าลงใน Worksheet เรียบร้อยแล้วไปที่ Stat เลือก ANOVA จากนั้นไปที่ Main Effect Plot เพื่อทำการหากราฟของค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ)

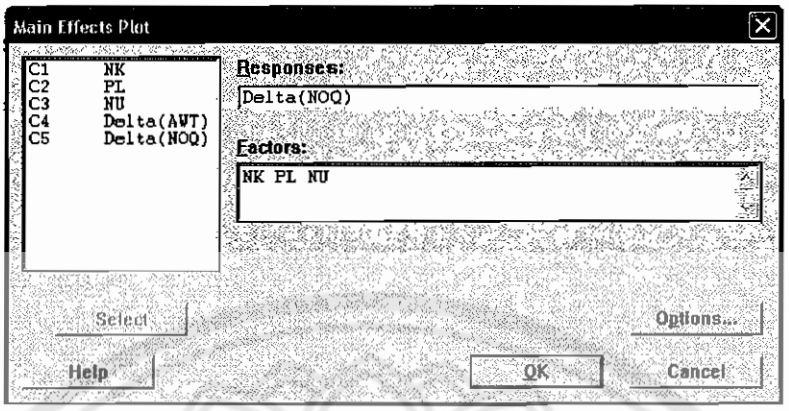


รูปที่ 4.10 แสดงการเลือกหัวข้อในโปรแกรม Minitab

12. ทำการเลือกค่าตรงช่อง Responses (เลือก Responses ทั้งค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) และจำนวนการรอคอย (NOQ) เลือกทีละครั้ง) และ Model (คือค่าของ NK,PL,NU) จากนั้นกด OK

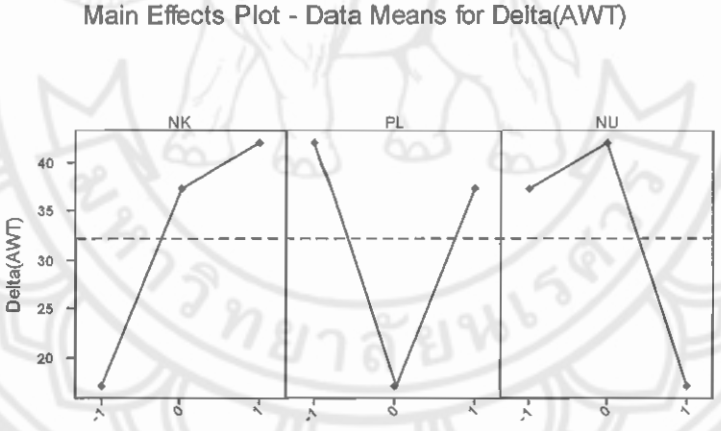


รูปที่ 4.11 แสดงการเลือกเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT)



รูปที่ 4.12 แสดงการเลือกจำนวนการรอคอย (NOQ)

13. หลังจากการ RUN ค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (Δ AWT) และผลต่างของจำนวนการรอคอย (Δ NOQ) ใน Main Effect Plot แล้วจะได้กราฟออกมา ทำการวิเคราะห์หาจุดที่ต่ำสุดเพราะค่าที่ต่ำสุดจะเป็นจุดที่เหมาะสมต่อการกำหนดเวลาที่เหมาะสมของถนนในแต่ละสาย



รูปที่ 4.13 แสดงการ Plot กราฟ ของ Main Effect ของ AWT

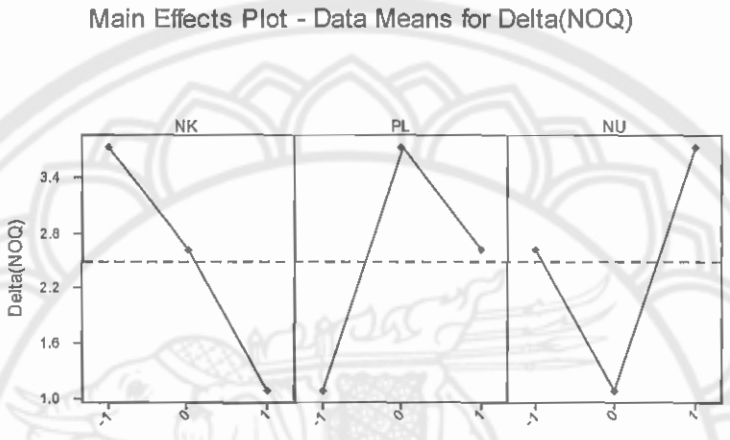
จากกราฟเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) สามารถสรุปได้ว่า

ผลลัพธ์ของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) ค่าที่ดีที่สุดในถนนแต่ละแยกเป็นดังนี้

- NK ค่าของ Level ที่ได้คือ -1
- PL ค่าของ Level ที่ได้คือ 0
- NU ค่าของ Level ที่ได้คือ 1

ฉะนั้นค่าของเวลาที่จะนำไปกำหนดให้ถนนแต่ละสาย คือ

- แยก NK เท่ากับ 20 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 30 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 40 วินาที



รูปที่ 4.14 แสดงการ Plot กราฟ ของ Main Effect ของ NOQ

จากกราฟค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (Delta (NOQ)) สามารถสรุปได้ว่า ผลลัพธ์ของค่าผลต่างของจำนวนการรอคอย (Delta (NOQ)) ค่าที่ดีที่สุดในถนนแต่ละแยกเป็นดังนี้

- NK ค่าของ Level ที่ได้คือ 1
- PL ค่าของ Level ที่ได้คือ -1
- NU ค่าของ Level ที่ได้คือ 0

ฉะนั้นค่าของเวลาที่จะนำไปกำหนดให้ถนนแต่ละสาย คือ

- แยก NK เท่ากับ 40 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 20 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 30 วินาที

4.1.3 การออกแบบทดลองแบบ Responses Surface Method (RSM)

สิ่งที่ต้องการที่จะได้จากผลการทดลอง คือ จะได้ค่าผลต่างเวลารอคอยเฉลี่ย (ΔAWT) และผลต่างของจำนวนการรอคอย (ΔNOQ) ในแต่ละแยกที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้วิธีของ Responses Surface Method (RSM) และรูปแบบการทดลอง BBD, OUPRCC ส่วนหน้า และ OUPRCC ส่วนมุม โดยจะมีตัวแปร X1, ส่วนตัวแปร X2 และตัวแปร X3 เป็นข้อกำหนด

ในที่นี้จะขอแสดงตัวอย่างผลการทดลองตัวแปร X1 ส่วนตัวแปร X2 และตัวแปร X3 จะแสดงไว้ในภาคผนวก ง

ผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT)

ตัวแปร X1

1. Box Behnken Design (BBD)

- ΔAWT = 0.005 + 9.89 NK - 9.14 PL + 10.6 NU

ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ BBD และตัวแปร X1 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ BBD แบบ Steepest Decent

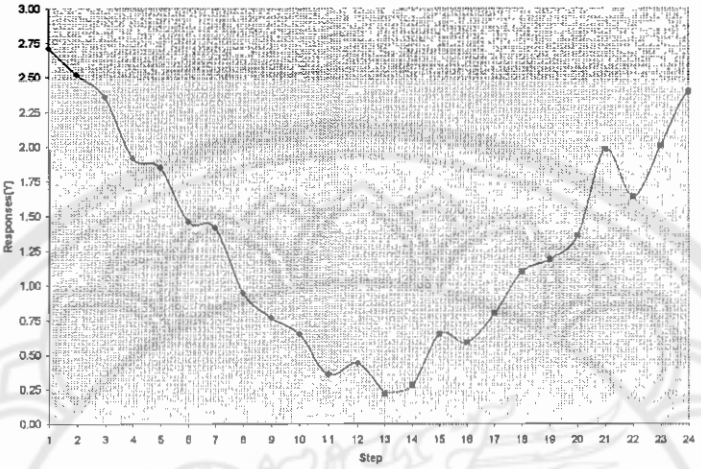
	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.92	1.07	3	2.76	3.21	
Origin-Δ	1	0.92	1.07	37	37.24	36.79	2.71
Origin-2Δ	2	1.84	2.14	34	34.48	33.58	2.52
Origin-3Δ	3	2.76	3.21	31	31.72	30.37	2.36
Origin-4Δ	4	3.68	4.28	28	28.96	27.16	1.92
Origin-5Δ	5	4.60	5.35	25	26.20	23.95	1.85
Origin-6Δ	6	5.52	6.42	22	23.44	20.74	1.46
Origin-7Δ	7	6.44	7.49	19	20.68	17.53	1.42
Origin-8Δ	8	7.36	8.56	16	17.92	14.32	0.95
Origin-9Δ	9	8.28	9.63	13	15.16	11.11	0.77
Origin-10Δ	10	9.20	10.70	10	12.40	7.90	0.65
Origin-11Δ	11	10.12	11.77	7	9.64	4.69	0.36
Origin-12Δ	12	11.04	12.84	4	6.88	1.48	0.44

เมื่อทำการทดลองไปแล้วนั้น จากผลการทดลองที่ได้ในค่า ΔAWT คือ ผลต่างเวลาการรอคอยเฉลี่ยในแต่ละแยก มีค่าที่ใกล้เคียงศูนย์มาก (คือ เวลาการรอคอยเฉลี่ยในแต่ละแยกมีค่าใกล้เคียงกัน) อยู่ที่จุด Origin ที่ 40 วินาที ซึ่งเป็นจุดเริ่มที่จะทำการปีนเขาลง (Steepest Decent) ดังนั้น เพื่อที่จะแสดงให้ทราบว่าจุด Origin เป็นจุดที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด จึงจะต้องทำการปีนเขาขึ้น (Steepest Ascent) เพื่อพิสูจน์จุด Origin ดังกล่าว และผลการทดลองแบบ Steepest Ascent ดังตารางที่ 4.7 และกราฟที่ 4.3 แสดงผลการ Steepest Decent และ Steepest Ascent

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ BBD แบบ Steepest Ascent

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.92	1.07	3	2.76	3.21	
Origin+Δ	1	0.92	1.07	43	42.76	43.21	0.28
Origin+2Δ	2	1.84	2.14	47	45.52	46.42	0.65
Origin+3Δ	3	2.76	3.21	50	48.28	49.63	0.59
Origin+4Δ	4	3.68	4.28	53	51.04	52.84	0.80
Origin+5Δ	5	4.60	5.35	56	53.80	56.05	1.10
Origin+6Δ	6	5.52	6.42	59	56.56	59.26	1.19
Origin+7Δ	7	6.44	7.49	62	59.32	62.47	1.36
Origin+8Δ	8	7.36	8.56	65	62.08	65.68	1.98
Origin+9Δ	9	8.28	9.63	68	64.84	68.89	1.64
Origin+10Δ	10	9.20	10.70	71	67.60	72.10	2.01
Origin+11Δ	11	10.12	11.77	74	70.36	75.31	2.40
Origin+12Δ	12	11.04	12.84	77	73.12	78.52	2.32

กราฟที่ 4.1แสดงการ Steepest Decent และ Steepest Ascent ของ BBD



2. Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC)

ส่วนหน้า

- ΔAWT = - 0.107 + 10.95 NK - 9.83 PL + 10.2 NU

ผลจากการทดลองที่ได้ค่า ΔAWT มีค่าที่ใกล้เคียงศูนย์มาก อยู่ที่จุด Origin ที่ 40 วินาที ซึ่งเป็นจุดเริ่มที่จะทำการปีนเขาลง (Steepest Decent) เหมือนกันกับรูปแบบการทดลอง BBD ดังนั้นเพื่อที่จะแสดงให้ทราบว่าจุด Origin เป็นจุดที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด จึงจะต้องทำการปีนเขาขึ้น (Steepest Ascent) เพื่อพิสูจน์จุด Origin ดังกล่าว และผลการทดลองที่ได้จากการปีนเขาลง (Steepest Decent) และการปีนเขาขึ้น ดังตารางที่ 4.8 , ตารางที่ 4.9 และกราฟที่ 4.4 เป็นแสดงผลการ Steepest Decent และ Steepest Ascent

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ OUPRCC ส่วนหน้า แบบ Steepest Decent

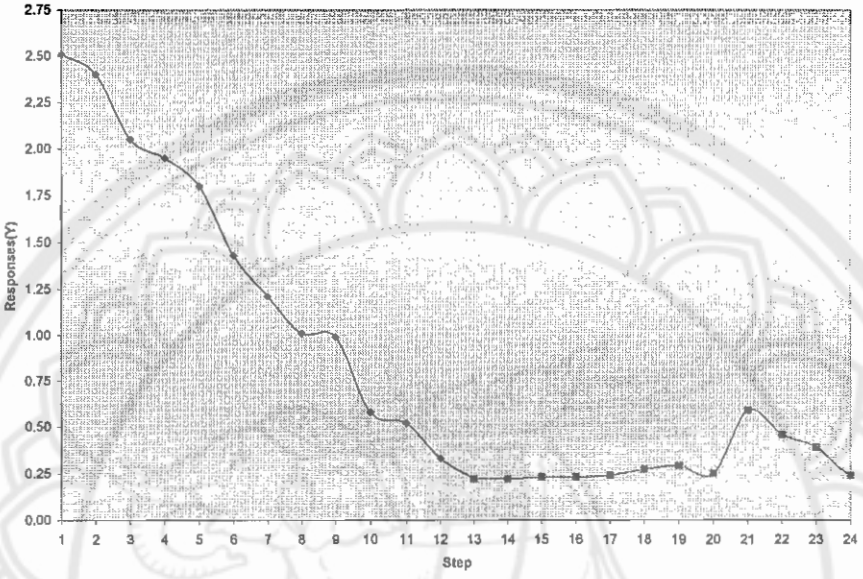
	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.9	0.93	3	2.7	2.79	
Origin-Δ	1	0.9	0.93	37	37.30	37.21	2.51
Origin-2Δ	2	1.80	1.86	34	34.60	34.42	2.4
Origin-3Δ	3	2.70	2.79	31	31.90	31.63	2.05

Origin-6Δ	6	5.40	5.58	22	23.80	23.26	1.43
Origin-7Δ	7	6.30	6.51	19	21.10	20.47	1.21
Origin-8Δ	8	7.20	7.44	16	18.40	17.68	1.01
Origin-9Δ	9	8.10	8.37	13	15.70	14.89	0.99
Origin-10Δ	10	9.00	9.30	10	13.00	12.10	0.58
Origin-11Δ	11	9.90	10.23	7	10.30	9.31	0.52
Origin-12Δ	12	10.80	11.16	4	7.60	6.52	0.33

ตารางที่ 4.9 แสดงการออกแบบการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ OUPRCC ส่วนหน้า แบบ Steepest Decent

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.9	0.93	3	2.7	2.79	
Origin+Δ	1	0.9	0.93	43	42.70	42.79	0.22
Origin+2Δ	2	1.80	1.86	46	45.40	45.58	0.23
Origin+3Δ	3	2.70	2.79	49	48.10	48.37	0.23
Origin+4Δ	4	3.60	3.72	52	50.80	51.16	0.24
Origin+5Δ	5	4.50	4.65	55	53.50	53.95	0.27
Origin+6Δ	6	5.40	5.58	58	56.20	56.74	0.29
Origin+7Δ	7	6.30	6.51	61	58.90	59.53	0.25
Origin+8Δ	8	7.20	7.44	64	61.60	62.32	0.59
Origin+9Δ	9	8.10	8.37	67	64.30	65.11	0.46
Origin+10Δ	10	9.00	9.30	70	67.00	67.90	0.39
Origin+11Δ	11	9.90	10.23	73	69.70	70.69	0.24
Origin+12Δ	12	10.80	11.16	76	72.40	73.48	0.23

กราฟที่ 4.2 **แสดงการ** Steepest Decent **และ** Steepest Ascent **ของ** OUPRCC **ส่วนหน้า**



3. Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC) ส่วนมุม

- $\Delta AWT = - 0.289 + 11.1\ NK - 9.41\ PL + 9.73\ NU$

ผลจากการทดลองที่ได้ค่า ΔAWT มีค่าที่ใกล้เคียงศูนย์มาก อยู่ที่จุด Origin ที่ 40 วินาที ซึ่งเป็นจุดเริ่มที่จะทำการปีนเขาลง (Steepest Decent) เหมือนกันกับรูปแบบการทดลอง BBD และ OUPRCC ส่วนหน้า ดังนั้น เพื่อที่จะแสดงให้ทราบว่าจุด Origin เป็นจุดที่มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด จึงจะต้องทำการปีนเขาขึ้น (Steepest Ascent) เพื่อพิสูจน์จุด Origin ดังกล่าว และผลการทดลองที่ได้จากการปีนเขาลง (Steepest Decent) และการปีนเขาขึ้น ดังตารางที่ 4.10 และตารางที่4.11 และกราฟที่ 4.5 เป็นแสดงผลการ Steepest Decent และ Steepest Ascent

ตารางที่ 4.10 **แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง** (RSM) **ของ** OUPRCC **ส่วนมุม แบบ** Steepest Decent

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.85	0.88	3	2.55	2.64	

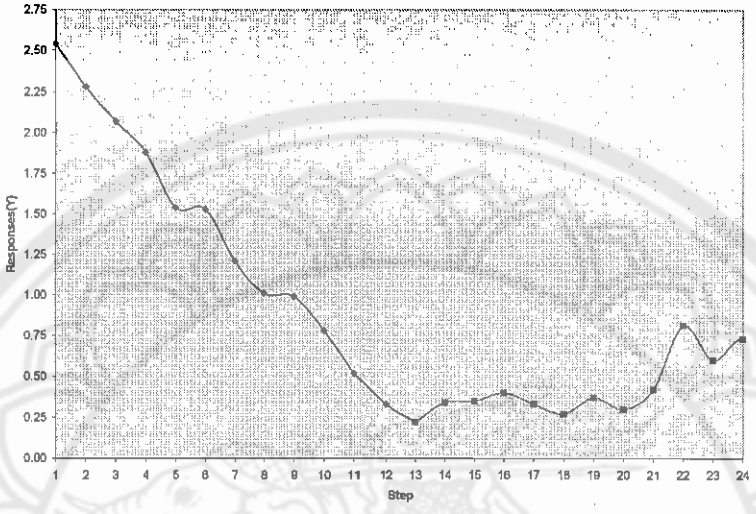
Origin-3Δ	3	2.55	2.64	31	32.35	32.08	2.07
Origin-4Δ	4	3.40	3.52	28	29.80	29.44	1.88
Origin-5Δ	5	4.25	4.40	25	27.25	26.80	1.54
Origin-6Δ	6	5.10	5.28	22	24.70	24.16	1.53
Origin-7Δ	7	5.95	6.16	19	22.15	21.52	1.21
Origin-8Δ	8	6.80	7.04	16	19.60	18.88	1.01
Origin-9Δ	9	7.65	7.92	13	17.05	16.24	0.99
Origin-10Δ	10	8.50	8.80	10	14.50	13.60	0.78
Origin-11Δ	11	9.35	9.68	7	11.95	10.96	0.52
Origin-12Δ	12	10.20	10.56	4	9.40	8.32	0.33

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ OUPRCC ส่วนมุม แบบ Steepest Ascent

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
Origin	0	0	0	40	40	40	0.22
Δ	1	0.85	0.88	3	2.55	2.64	
Origin+Δ	1	0.85	0.88	43	42.55	42.64	0.34
Origin+2Δ	2	1.70	1.76	47	45.10	45.28	0.35
Origin+3Δ	3	2.55	2.64	50	47.65	47.92	0.40
Origin+4Δ	4	3.40	3.52	53	50.20	50.56	0.33
Origin+5Δ	5	4.25	4.40	56	52.75	53.20	0.27
Origin+6Δ	6	5.10	5.28	59	55.30	55.84	0.37
Origin+7Δ	7	5.95	6.16	62	57.85	58.48	0.30
Origin+8Δ	8	6.80	7.04	65	60.40	61.12	0.42
Origin+9Δ	9	7.65	7.92	68	62.95	63.76	0.81
Origin+10Δ	10	8.50	8.80	71	65.50	66.40	0.60
Origin+11Δ	11	9.35	9.68	74	68.05	69.04	0.73
Origin+12Δ	12	10.20	10.56	77	70.60	71.68	0.49

Origin+11Δ	11	9.35	9.68	74	68.05	69.04	0.73
Origin+12Δ	12	10.20	10.56	77	70.60	71.68	0.49

กราฟที่ 4.3 แสดงการ Steepest Decent และ Steepest Ascent ของ OUPRCC ส่วนมุม



จากการทดลองในการกำหนดตัวแปร X1, X2 และ X3 (ภาคผนวก ง) ค่าผลลัพธ์ ΔAWT ที่ได้มีค่าเหมือนกันทุกค่า คือ อยู่ที่จุด Origin ทำให้มีทางเลือกที่จะเลือกรูปแบบการทดลองแบบไหนก็ได้ มาใช้ในการกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจร

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุดแต่ละรูปแบบการทดลอง ที่ตัวแปร X1

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
BBD	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนหน้า	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนมุม	0	0	0	40	40	40	0.22

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุดแต่ละรูปแบบการทดลอง ที่ตัวแปร X2 (ภาคผนวก ง)

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
BBD	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนหน้า	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนมุม	0	0	0	40	40	40	0.22

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุดแต่ละรูปแบบการทดลอง ที่ตัวแปร X3

(ภาคผนวก ง)

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔAWT
BBD	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนหน้า	0	0	0	40	40	40	0.22
OUPRCCส่วนมุม	0	0	0	40	40	40	0.22

และจากนั้นต้องทำการวิเคราะห์จุดที่เลือก 5 ครั้ง จะได้ดังนี้

ตารางที่ 4.15 ผลที่ได้จากการทดลอง ทำการหาค่าที่จุดที่ดีที่สุดจำนวน 5 ครั้ง

Origin	0	0	0	40	40	40	0.13
Origin	0	0	0	40	40	40	0.14
Origin	0	0	0	40	40	40	0.19
Origin	0	0	0	40	40	40	0.17
Origin	0	0	0	40	40	40	0.16

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของค่าเวลาที่จะใช้ในการกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจร ที่มีจำนวนการรอคอยในแต่ละแยกมีใกล้ค่ากันมากที่สุดในการทดลองนี้ คือ

- แยก NK เท่ากับ 40 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 40 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 40 วินาที

ผลต่างของจำนวนการรอคอย

<u>ตัวแปร X1</u>

1. Box Behnken Design (BBD)

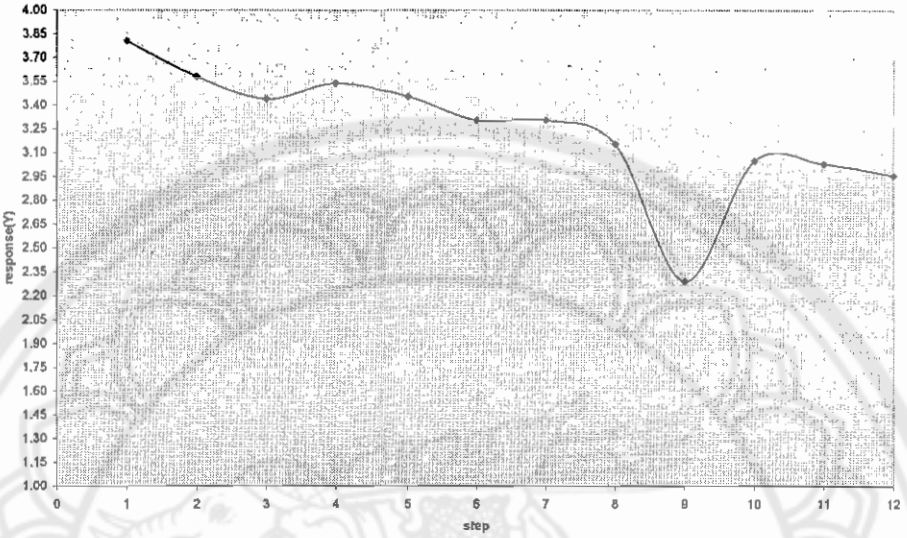
- $\Delta NOQ = 1.32 - 1.154\ NK - 0.919\ PL + 0.585\ NU$

ผลจากการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เมื่อต้องการผลต่างของจำนวนการรอคอยที่ใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ BBD

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
Origin	0	0	0	40	40	40	3.76
Δ	1	0.8	0.51	3	2.4	1.53	
Origin-Δ	1	0.8	0.51	37	37.60	38.47	3.80
Origin-2Δ	2	1.60	1.02	34	35.20	36.94	3.58
Origin-3Δ	3	2.40	1.53	31	32.80	35.41	3.44
Origin-4Δ	4	3.20	2.04	28	30.40	33.88	3.54
Origin-5Δ	5	4.00	2.55	25	28.00	32.35	3.45
Origin-6Δ	6	4.80	3.06	22	25.60	30.82	3.30
Origin-7Δ	7	5.60	3.57	19	23.20	29.29	3.30
Origin-8Δ	8	6.40	4.08	16	20.80	27.76	3.15
Origin-9Δ	9	7.20	4.59	13	18.40	26.23	2.21
Origin-10Δ	10	8.00	5.10	10	16.00	24.70	3.05
Origin-11Δ	11	8.80	5.61	7	13.60	23.17	3.03
Origin-12Δ	12	9.60	6.12	4	11.20	21.64	2.95

กราฟที่ 4.4 แสดงการ Steepest Decent และ Steepest Ascent ของ BBD



2. Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC) ส่วนหน้า

- $\Delta NOQ = 1.13 + 0.997\ NK - 0.592\ PL + 0.614\ NU$

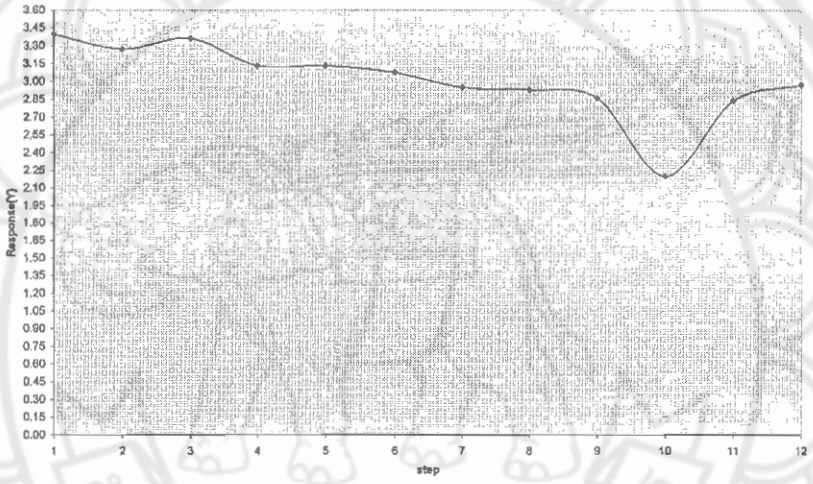
ผลจากการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เมื่อต้องการผลต่างของจำนวนการรอคอยที่ใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงการออกแบบการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ OUPRCC ส่วนหน้า

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
Origin	0	0	0	40	40	40	3.76
Δ	1	0.59	0.61	3	1.77	1.83	
Origin-Δ	1	0.59	0.61	37	38.23	38.17	3.40
Origin-2Δ	2	1.18	1.22	34	36.46	36.34	3.27
Origin-3Δ	3	1.77	1.83	31	34.69	34.51	3.36
Origin-4Δ	4	2.36	2.44	28	32.92	32.68	3.13
Origin-5Δ	5	2.95	3.05	25	31.15	30.85	3.13
Origin-6Δ	6	3.54	3.66	22	29.38	29.02	3.07
Origin-7Δ	7	4.13	4.27	19	27.61	27.19	2.95

Origin-8Δ	8	4.72	4.88	16	25.84	25.36	2.93
Origin-9Δ	9	5.31	5.49	13	24.07	23.53	2.86
Origin-10Δ	10	5.90	6.10	10	22.30	21.70	2.20
Origin-11Δ	11	6.49	6.71	7	20.53	19.87	2.84
Origin-12Δ	12	7.08	7.32	4	18.76	18.04	2.97

กราฟที่ 4.5 แสดงการ Steepest Decent และ Steepest Ascent ของ OUPRCC ส่วนหน้า



3. Orthogonal and Uniform-Precision Rotatable Central Composite Designs (OUPRCC) ส่วนมุม

- ΔNOQ = 1.12 + 0.995 NK - 0.479 PL + 0.553 NU

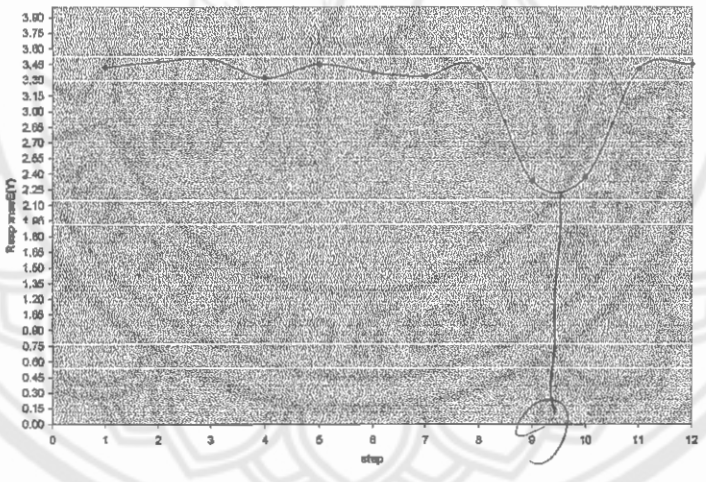
ผลจากการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) เมื่อต้องการผลต่างของจำนวนการรอคอยที่ใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงการออกแบบการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ของ OUPRCC ส่วนมุม

	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
Origin	0	0	0	40	40	40	3.76
Δ	1	0.85	0.88	3	2.55	2.64	
Origin-Δ	1	0.85	0.88	37	37.45	37.36	3.42
Origin-2Δ	2	1.70	1.76	34	34.90	34.72	3.48

Origin-3Δ	3	2.55	2.64	31	32.35	32.08	3.50
Origin-4Δ	4	3.40	3.52	28	29.80	29.44	3.32
Origin-5Δ	5	4.25	4.40	25	27.25	26.80	3.45
Origin-6Δ	6	5.10	5.28	22	24.70	24.16	3.37
Origin-7Δ	7	5.95	6.16	19	22.15	21.52	3.34
Origin-8Δ	8	6.80	7.04	16	19.60	18.88	3.40
Origin-9Δ	9	7.65	7.92	13	17.05	16.24	2.33
Origin-10Δ	10	8.50	8.80	10	14.50	13.60	2.37
Origin-11Δ	11	9.35	9.68	7	11.95	10.96	3.40
Origin-12Δ	12	10.20	10.56	4	9.40	8.32	3.45

กราฟที่ 4.6 แสดงการ Steepest Decent และ Steepest Ascent ของ OUPRCC ส่วนมุม



ผลการทดลองจะได้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุด แต่ละรูปแบบการทดลองและตัวแปร มีดังนี้

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุด แต่ละรูปแบบการทดลองและตัวแปร X1

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
BBD	9	7.20	4.59	13	18.40	26.23	2.21
OUPRCC ส่วนหน้า	10	5.90	6.10	10	22.30	21.70	2.20
OUPRCC ส่วนมุม	9	7.65	7.92	13	17.05	16.24	2.33

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุด แต่ละรูปแบบการทดลองและตัวแปร X2 (ภาคผนวก ง)

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
BBD	12.60	10	6.40	2.20	10	20.80	0.72
OUPRCC ส่วนหน้า	15.12	9	9.27	5.36	13	12.19	0.18
OUPRCC ส่วนมุม	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.15

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองของผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยที่สุด แต่ละรูปแบบการทดลองและตัวแปร X3 (ภาคผนวก ง)

รูปแบบการทดลอง	x1	x2	x3	NK	PL	NU	ΔNOQ
BBD	19.70	15.70	10	19.10	-7.10	10	0.17
OUPRCC ส่วนหน้า	14.58	8.64	9	3.74	14.08	13	0.19
OUPRCC ส่วนมุม	18.00	8.70	10	14.00	13.90	10	0.16

ในผลลัพธ์ของจำนวนการรอคอยแต่ละแยกเท่า ๆ กันหรือใกล้เคียงกันที่ดีที่สุดนั้น จะเลือกค่าที่มีผลลัพธ์ Response(y) มีค่าน้อยที่สุดจากรูปแบบการทดลองทั้ง 3 และตัวแปรทั้ง 3 จากตารางด้านบน ทำให้เลือกตัวแปรที่ X2 และรูปแบบการทดลองของ OUPRCC ส่วนมุม มาใช้ในการกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจร จากนั้นเราต้องทำการวิเคราะห์จุดที่เลือก 5 ครั้ง จะได้ดังนี้

ตารางที่ 4.22 ผลที่ได้จากการทดลอง ทำการหาค่าที่จุดที่ดีที่สุดจำนวน 5 ครั้ง

Origin-10Δ	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.10
Origin-10Δ	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.16
Origin-10Δ	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.08
Origin-10Δ	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.15
Origin-10Δ	18.72	9	10.44	16.16	13	8.68	0.13

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของค่าเวลาที่จะใช้ในการกำหนดเวลาสัญญาณไฟจราจร ที่มีจำนวนการรอคอยในแต่ละแยกมีใกล้ค่ากันมากที่สุดในการทดลองนี้ คือ

- แยก NK เท่ากับ 16.16 วินาที
- แยก PL เท่ากับ 13 วินาที
- แยก NU เท่ากับ 8.68 วินาที

4.2 สรุปผลที่ได้ทั้งหมดจากการวิจัยการจำลองระบบสัญญาณไฟจราจร

4.2.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการกำหนดเวลาของสัญญาณไฟจราจรโดยที่มีความต้องการเวลารอคอยเฉลี่ย (AWT) ในแต่ละแยกที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

ผลที่ได้จะได้จากการรันโมเดล โดยใช้ระยะเวลาการรันโมเดลทั้งหมด 2 วัน ในช่วงเวลาทั้งเช้า- บ่าย และแต่ละแยกจะต้องใช้เวลารอคอยเฉลี่ยสัญญาณไฟจราจรในเวลาที่ใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ในรูปแบบการทดลอง 3 แบบ จะใช้เวลาของการติดตั้งค่าเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยกดังนี้ คือ

1. แบบ Orthogonal Array (OA)

แยกถนนนครสวรรค์	20	วินาที
แยกถนนพิษณุโลก	30	วินาที
แยกถนนนเรศวร	30	วินาที

2. แบบ Full Factorial Designs (FFD)

ถนนนครสวรรค์	20	วินาที
ถนนพิษณุโลก	30	วินาที
ถนนนเรศวร	40	วินาที

3. แบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

ถนนนครสวรรค์	40	วินาที
ถนนพิษณุโลก	40	วินาที
ถนนนเรศวร	40	วินาที

4.2.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการกำหนดเวลาของสัญญาณไฟจราจรโดยที่มีความต้องการจำนวนการรอคอย (NOQ) ในแต่ละแยกที่ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

ผลที่ได้จะได้จากการรันโมเดล โดยใช้ระยะเวลาการรันโมเดลทั้งหมด 2 วัน ในช่วงเวลาทั้งเช้า- บ่าย และแต่ละแยกจะต้องมีจำนวนการรอคอยสัญญาณไฟจราจรที่ใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ในรูปแบบการทดลอง 3 แบบ จะใช้เวลาของการติดตั้งค่าเวลาสัญญาณไฟจราจรในแต่ละแยก ดังนี้

1. แบบ Orthogonal Array (OA)

ถนนนครสวรรค์	40	วินาที
ถนนพิษณุโลก	40	วินาที
ถนนนเรศวร	40	วินาที

2. แบบ Full Factorial Designs (FFD)

ถนนนครสวรรค์	40	**วินาที**
ถนนพิษณุโลก	20	**วินาที**
ถนนนเรศวร	30	**วินาที**

3. แบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

ถนนนครสวรรค์	16.16	วินาที
ถนนพิษณุโลก	13	วินาที
ถนนนเรศวร	8.68	วินาที