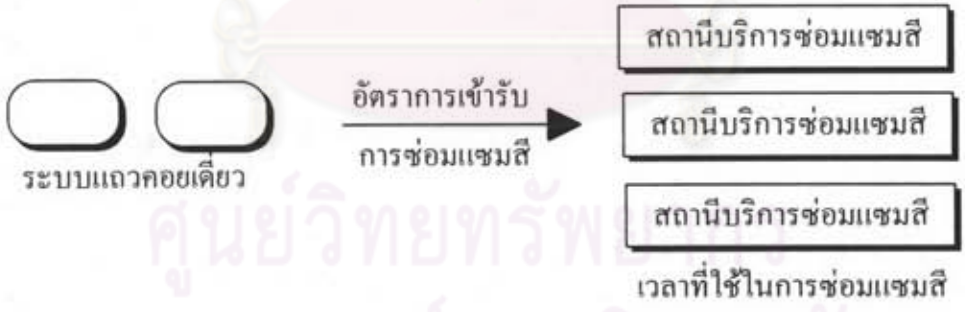
บทที่ 5

การสร้างและทดสอบแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา ไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์ หรือ สูตรที่แน่นอนตายตัว การสร้างแบบจำลองนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ ในการวิจัยนี้การสร้างแบบจำลองจะอาศัยหลักการของระบบแถวคอยเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในระบบแถวคอยจะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลัก ๆ อยู่ 2 ค่าคือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง (λ) และ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง (T_S)

ระบบแถวคอยที่ทำการศึกษาวิจัยจะมีรูปแบบของระบบ คือ ระบบแถวคอยเดี่ยว แบบ Multiple Channel , Single Station ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงระบบแถวคอยของการจำลองแบบปัญหา

จากนั้นก็นำพารามิเตอร์ทั้งสอง คือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง (λ) และเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง (T_S) ที่ได้มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Microsoft Fox-Pro มาช่วยในการสร้างแบบจำลองปัญหาของพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเวลาที่รถซ่อมแซมสีบกพร่องเข้ามาถึงพื้นที่บริการ

การจำลองแบบปัญหาของระบบแถวคอย ส่วนใหญ่มักจะมีเรื่องของเวลาที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจะต้องพิจารณารูปแบบของการเข้ารับบริการ (Arrival Pattern) ในรูปของเวลาที่รถเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องแต่ละคันที่เข้ามาห่างกัน (Interarrival Time) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าอัตราการเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ มีการกระจายแบบปัวซอง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ช่วงเวลาที่รถที่ซ่อมแซมสีบกพร่องมาถึงพื้นที่ห่างกันแต่ละคัน มีการกระจายแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งมีรูปแบบของฟังก์ชั่นดังนี้

$$f(t) = e^{-\lambda t} \qquad \text{โดยที่} \quad t \geq 0$$

ส่วนรูปแบบฟังก์ชั่นของการกระจายความถี่สะสมจะเป็นดังนี้

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \qquad \text{โดยที่} \quad 0 \leq F(t) \leq 1$$

เมื่อแทนค่าในฟังก์ชั่นด้วยค่า $\log_e$ จะได้

$$\lambda t = -\log_e \{ 1 - F(t) \}$$

โดยที่ค่า $F(t)$ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ถ้ากำหนดให้ค่า R_i เป็นค่าตัวเลขเชิงสุ่มใด ๆ (Random Number) นั่นคือ

$$R_i = 1 - F(t) \qquad \text{โดยที่} \quad 0 \leq R_i \leq 1$$

$$t_i = -(1/\lambda) \cdot \log_e R_i \qquad \text{สมการ (5.1)}$$

ค่า t_i ที่ได้จะเป็นค่าตัวแปรเชิงสุ่มที่มีรูปแบบการกระจายแบบเอ็กซ์โพเนนเชียส

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของช่วงเวลาที่รถซ่อมแซมสีบกพร่องเข้ามาห่างกันแต่ละคัน จะใช้สมการ (5.1) แทนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

$$TA = -(1/L) * \log_e (RN\ 1)$$

เมื่อ TA คือ ค่าตัวแปรเชิงสุ่มของเวลาที่รถเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องหลังจากรถที่เข้าคันก่อน (นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

L คือ อัตราเฉลี่ยของการเข้าซ่อมแซมสึบกพร่อง (คันต่อนาที)

RN 1 คือ ตัวเลขเชิงสุ่มใด ๆ

5.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่อง

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่องแต่ละคัน มีลักษณะการกระจายความถี่แบบปกติ ซึ่งมีรูปแบบของฟังก์ชั่นดังนี้

$$f(X) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \cdot e^{-1/2\{(X-\mu)/\sigma\}}$$

เนื่องจากการกระจายความถี่แบบสม่ำเสมอ จะมีค่าฟังก์ชั่นคือ

$$f(X) = \frac{1}{b-a} \qquad \text{โดยที่ } a < X < b$$

เมื่อ $a = 0$ และ $b = 1$

ค่าฟังก์ชั่นของการกระจายความถี่สะสมจะได้ว่า

$$f(X) = X = R_i \qquad \text{โดยที่ } 0 < X < 1$$

ดังนั้นค่าเฉลี่ยของการกระจายความถี่มีค่า

$$\mu = (a+b)/2 = 1/2$$

$$\sigma^2 = (b-a)^2/12 = 1/12$$

เมื่อใช้ทฤษฎีทางสถิติเกี่ยวกับ Central Limit Theorem จะได้ว่าเมื่อตัวแปรผันของตัวแปรเชิงสุ่ม n ตัว โดยที่แต่ละตัวแปรเชิงสุ่มมีความอิสระแก่กันและมีการกระจายความถี่แบบเดียวกัน ตัวแปรเชิงสุ่มเหล่านั้นจะถูกประมาณการว่ามีการกระจายความถี่แบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย $n/2$ และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน $n/12$ ค่าตัวแปรเชิงสุ่มที่มีรูปแบบการกระจายความถี่แบบปกติจะได้จากสมการ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$X_i = \frac{\sigma}{(n/12)^{1/2}} \Sigma R_i + \{\mu - n/2[\sigma/(n/12)^{1/2}]\}$$

ในทางปฏิบัติการหาค่าตัวแปรเชิงม X นิยมกำหนดให้ n มีค่าเท่ากับ 12 จะได้รูปสมการใหม่ ดังนี้

$$X = \sigma(\Sigma R_i - 6.0) + \mu \qquad \text{สมการ (5.2)}$$

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่อง แต่ละคัน จะใช้สมการ (5.2) แทนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

```
      SUBROUTINE ( IX , S , AM , TS )
      A  = 0.0
      DO 50 I  = 1 , 12
      CALL RAND ( IX , IY , RN )
      IX = IY
50    A  = A + RN
      TS = ( A - 6.0 ) * S + AM
      RETURN
      END
```

เมื่อ TS คือ ค่าตัวแปรเชิงสุ่มของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่องแต่ละคัน (นาที)

AM คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่องของระบบ (นาที)

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของระบบ (นาที)

RN คือ ตัวเลขเชิงสุ่มใด ๆ

A คือ ผลรวมของตัวแปรเชิงสุ่ม 12 ตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแถวคอยรถที่เข้าพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 แบบ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแถวคอยรถที่เข้าพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง ในระบบแถวคอยนี้จะเป็นลักษณะที่เรียกว่า Multiple Channel , Single Station ดังแสดงหัวข้อที่ 2.2.3 โดยที่จะมีสถานีบริการ หรือ หน่วยซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่เท่ากับ 3 สถานีบริการ

จากการศึกษาระบบแถวคอยรถที่เข้าพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง สามารถสรุปให้เป็นแผนภูมิลำดับขั้น (Logic Flowchart) ดังแสดงในรูปที่ 5.2 รูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ต่อไป

การสร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์นั้น จะอาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ตามเวลาในแบบจำลองมากกว่าการเคลื่อนที่ตามเหตุการณ์ เนื่องจากการสร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ของการเคลื่อนที่ตามเวลาจะง่ายกว่าการเคลื่อนที่ตามเหตุการณ์ ในการวิจัยนี้จะกำหนดเวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ตามเวลาบนนาฬิกาจำลอง (Simulated Clock) แล้วให้เวลาบนนาฬิกาจำลองเคลื่อนที่โดยการบวกด้วยค่าคงที่ของเวลา (Fixed Time Increment) เข้าไป โดยเวลาเริ่มต้น คือ 00:00 น.

ระบบงานของแบบจำลองพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง จะเปิดบริการเวลา 00:00 น. โดยที่รถคันแรกที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องมาถึงพื้นที่จะทำการซ่อมแซมสีบกพร่องในสถานีบริการที่ 1 ก่อน ส่วนคันถัดไปที่จะเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ จะทำการซ่อมแซมสีบกพร่องในสถานีบริการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยยึดกฎเกณฑ์ในการจัดลำดับงานของการเข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง ในลักษณะแบบเข้าก่อน บริการก่อน (First Come , First Served)

5.3.1 การกำหนดตัวแปรของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

NO = ลำดับคันของรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง

RN 1 = ตัวเลขเชิงสุ่มใด ๆ ของเวลาที่รถเข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง

RN 2 = ตัวเลขเชิงสุ่มใด ๆ ของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง ที่ได้จากผลรวมของตัวแปรเชิงสุ่ม 12 ตัว แล้วลบออกจาก 6 หรือ A – 6.0

A = ผลรวมของตัวแปรเชิงสุ่ม 12 ตัวจากโปรแกรม Subroutine

ARR = ค่าตัวแปรเชิงสุ่มของเวลารถเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องที่เข้าหลังคันก่อน

ARR = ค่าตัวแปรเชิงสุ่มของเวลารถเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องที่เข้าหลังคันก่อน หรือ ค่า TA โดยที่ค่า $TA = -(1/L) * \log_e(RN1)$

L = อัตราเฉลี่ยของการเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องเท่ากับ 3.90 / 60 = 0.065 คัน ต่อ นาที

SER = ค่าตัวแปรเชิงสุ่มของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องแต่ละคัน หรือ ค่า TS โดยที่ค่า $TS = (A - 6.0) * S + AM$

TAR = นาฬิกาจำลองแสดงเวลาของรถที่มาถึงพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง

ART = นาฬิกาจำลองแสดงเวลาของรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องของแต่ละช่องบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

SET = นาฬิกาจำลองแสดงเวลาของรถที่ออกจากพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่องของแต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

WT = เวลารอคอยของรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง ในแต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

IT = เวลาว่างของสถานีบริการที่ใช้ซ่อมแซมสีบกพร่อง ในแต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

จากนั้นนำตัวแปรต่าง ๆ ไปสร้างตารางเวลาจำลองแบบปัญหาของพื้นที่การซ่อมแซมสี เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

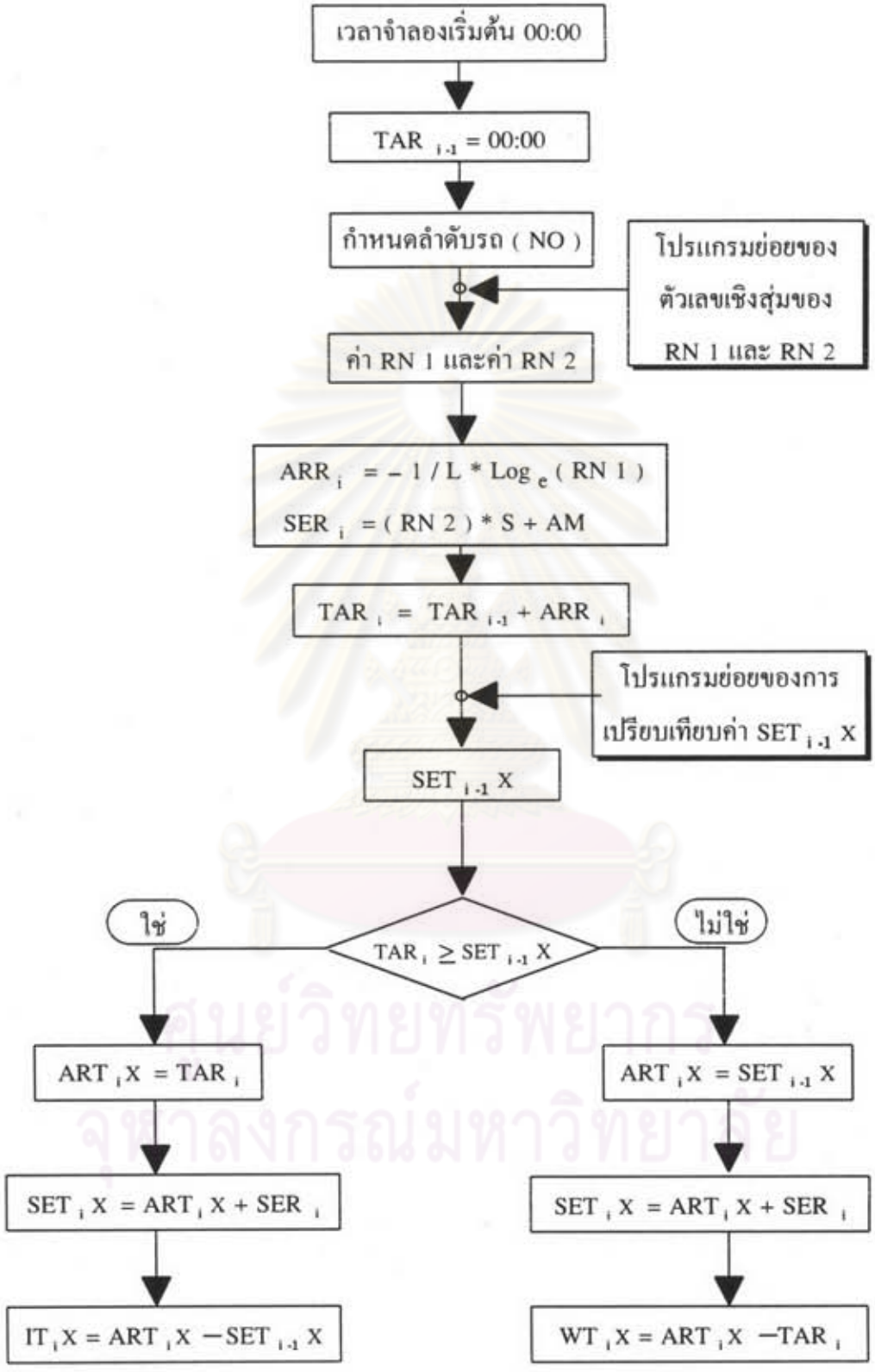
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางการจำลองแบบปัญหาของพื้นที่การซ่อมแซมสีบกพร่อง

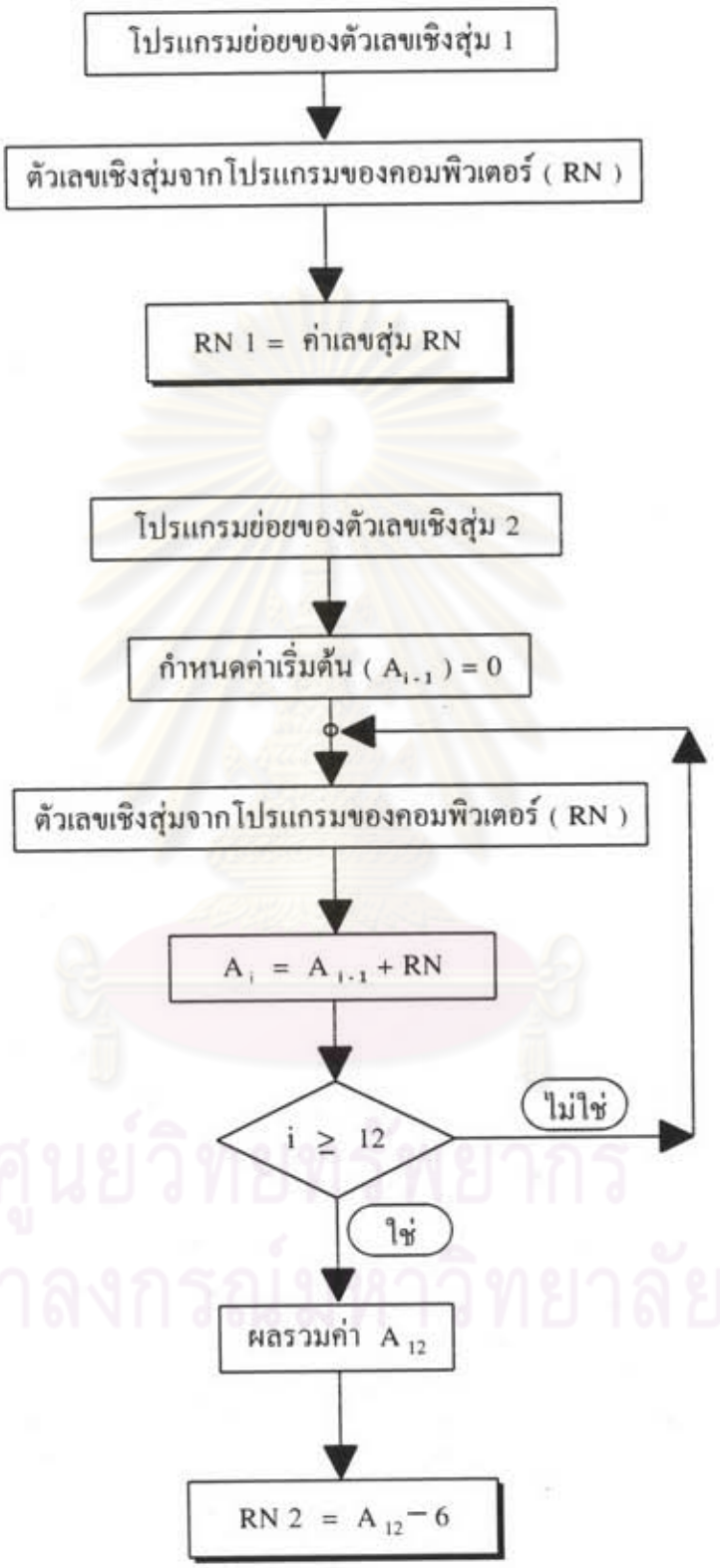
NO	RN 1	RN 2	ARR	SER	TAR	ART			SET			WT			IT		
						ART 1	ART 2	ART 3	SET 1	SET 2	SET 3	WT 1	WT 2	WT 3	IT 1	IT 2	IT 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงตารางการจำลองแบบปัญหาของพื้นที่การซ่อมแซมสีบกพร่อง

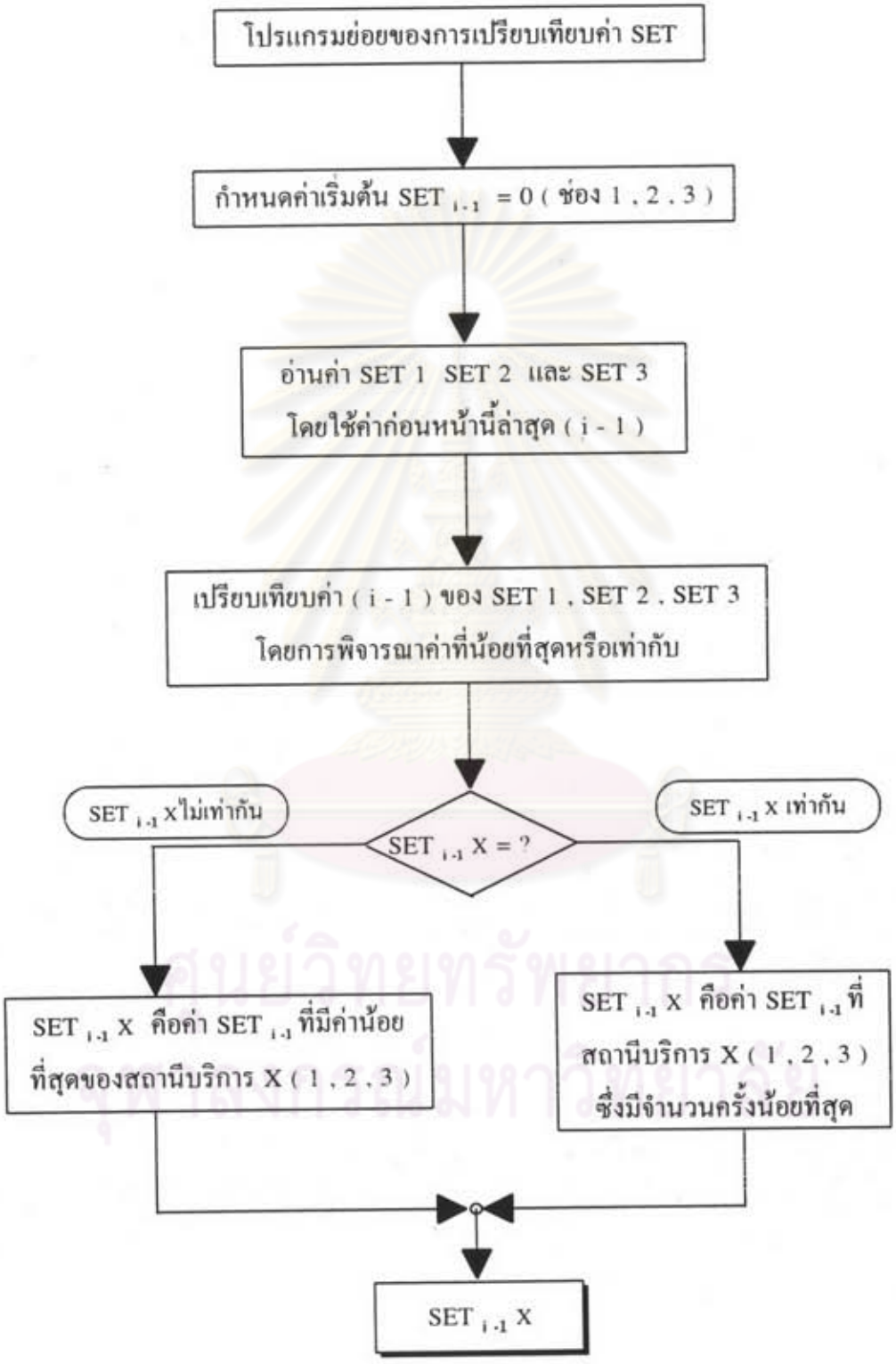


รูปที่ 5.2 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นของแบบจำลองปัญหา



รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นของโปรแกรมย่อยของเลขเชิงสุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภูมิลำดับขั้นของโปรแกรมย่อยของการเปรียบเทียบค่า SET

5.4 การทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นตอนหนึ่งในการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้เกิดความมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้มานั้น สามารถใช้แทนระบบงานจริงตามที่ต้องการ การทดสอบนั้นไม่มีวิธีการที่แน่นอน ส่วนมากการทดสอบจะใช้วิธีการเปรียบเทียบกับระบบงานจริง

การทดสอบแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับค่าจริงในระบบงาน เพื่อศึกษาระยะเวลาในการจำลองแบบปัญหาว่านานแค่ไหนที่ผลลัพธ์จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State)

การดำเนินการทดสอบโดยการประมวลผลแบบจำลองที่ระยะเวลาของรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่องทีละ 100 คัน โดยเริ่มต้นที่ 100 , 200 , 300 , 400 , 500 , 600 , 700 และ 800 คันตามลำดับ แล้วนำผลลัพธ์ของการประมวลผลแต่ละช่วงมาทำการเปรียบเทียบค่าของเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบงานจริง กับ แบบจำลอง และค่าของเวลาว่างเฉลี่ยของระบบงานจริง กับ แบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.2 และ 5.3

5.5 ผลลัพธ์ของแบบจำลอง

จากผลการทดสอบ โดยการเปรียบเทียบค่าของเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบงานจริง กับ แบบจำลอง และค่าของเวลาว่างเฉลี่ยของระบบงานจริง กับ แบบจำลอง จะพบว่า ณ.รอบของการประมวลผลที่ 400 คัน มีค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย 9.51 % ส่วนค่าผลต่างของเวลาว่างเฉลี่ย 5.27 % และ ณ.รอบของการประมวลผลที่ 600 คัน มีค่าผลต่างของเวลารอคอยเฉลี่ย 6.75 % ส่วนค่าผลต่างของเวลาว่างเฉลี่ย 5.36 %

สรุปผลการทดสอบรอบการประมวลผลในการวิจัยนี้ คือ 600 คัน เป็นตัวแทนของการศึกษาแบบจำลองนี้ เนื่องจากผลต่างระหว่างค่านั้นมีค่าน้อยที่สุด และเพื่อให้แบบจำลองเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ดียิ่งขึ้น

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าของ % เวลาที่รอคอยเฉลี่ย และค่าของ % เวลาว่างเฉลี่ย
จากค่าประมวลผลที่ 600 คัน จะได้ค่าของเวลารอคอยเฉลี่ย เท่ากับ 7.87 %
จากค่าประมวลผลที่ 600 คัน จะได้ค่าของเวลาว่างเฉลี่ย เท่ากับ 25.25 %

วิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average)

การคำนวณหาค่าเวลารอคอยเฉลี่ย (%) มีขั้นตอนการคำนวณหาดังต่อไปนี้ คือ

(1) ค่าผลรวมของเวลาจำลองของรถที่ออกจากพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง แต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ (SET 1 , SET 2 , SET 3)

ค่า SET 1 = 11538 ค่า SET 2 = 11563 และ ค่า SET 3 = 11580

(2) ค่าผลรวมของเวลารอคอยในพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง แต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ (WT 1 , WT 2 , WT 3)

ค่า WT 1 = 1026 ค่า WT 2 = 837 และ ค่า WT 3 = 838

(3) ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted : W) ของแต่ละค่า WT คือ WWT

ผลรวม WT = WT 1 + WT 2 + WT 3 = 2701

ค่า W 1 = WT 1 / ผลรวม WT = 1026 / 2701 = 0.38

ค่า W 2 = WT 2 / ผลรวม WT = 837 / 2701 = 0.31

ค่า W 3 = WT 3 / ผลรวม WT = 838 / 2701 = 0.31

(4) ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเวลารอคอย (%)

WWT 1 = (WT 1 / SET 1) x W 1 % = 3.38 %

WWT 2 = (WT 2 / SET 2) x W 2 % = 2.24 %

WWT 3 = (WT 3 / SET 3) x W 3 % = 2.25 %

ค่าเวลารอคอยเฉลี่ย = 3.38 + 2.24 + 2.25 = 7.87 %

การคำนวณหาค่าเวลาว่างเฉลี่ย (%) มีขั้นตอนการคำนวณหาดังต่อไปนี้ คือ

(1) ค่าผลรวมของเวลาจำลองของรถที่ออกจากพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง แต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ (SET 1 , SET 2 , SET 3)

ค่า SET 1 = 11538 ค่า SET 2 = 11563 และ ค่า SET 3 = 11580

(2) ค่าผลรวมของเวลาว่างในพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง แต่ละสถานีบริการ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ (IT 1 , IT 2 , IT 3)

ค่า IT 1 = 2896 ค่า IT 2 = 2949 และ ค่า IT 3 = 2957

(3) ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted : W) ของแต่ละค่า WT คือ WWT

ผลรวม IT = IT 1 + IT 2 + IT 3 = 8802

ค่า W 1 = IT 1 / ผลรวม IT = 2896 / 8802 = 0.33

ค่า W 2 = IT 2 / ผลรวม IT = 2949 / 8802 = 0.33

ค่า W 3 = IT 3 / ผลรวม IT = 2957 / 8802 = 0.34

(4) ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเวลารอคอย (%)

WIT 1 = (IT 1 / SET 1) x W 1 % = 8.25 %

WIT 2 = (IT 2 / SET 2) x W 2 % = 8.42 %

WIT 3 = (IT 3 / SET 3) x W 3 % = 8.58 %

ค่าเวลารอคอยเฉลี่ย = 8.25 + 8.42 + 8.58 = 25.25 %

5.6 การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง เพื่อศึกษาพฤติกรรมของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อระบบงานในพื้นที่การซ่อมแซมสีบกพร่องว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของระบบงาน จะส่งผลกระทบต่อระบบแถวคอยในพื้นที่อย่างไร ตัวแปรที่ศึกษานี้ได้แก่ จำนวนสถานีบริการของการซ่อมแซมสี อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี และ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี รายละเอียดของการแปรค่าตัวแปรต่าง ๆ มีดังนี้

1. การแปรค่าจำนวนสถานีบริการของการซ่อมแซมสี จากค่าปัจจุบัน 3 สถานีบริการ เป็น 4 และ 5 สถานีบริการ โดยที่ค่าเฉลี่ยอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีเท่ากับ 3.90 คันต่อ ชม. และค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีเท่ากับ 42.26 นาทีต่อคัน ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.18 นาทีต่อคัน จะเป็นค่าคงที่ การแปรค่าแบบจำลองนี้เพื่อศึกษาหาจำนวนสถานีบริการซ่อมแซมสีว่ามีผลกระทบต่อระบบแถวคอยอย่างไร

2. การแปรค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี จากค่าปัจจุบันเท่ากับ 3.9 คันต่อ ชม ไปเป็นค่า -10 % -5 % +5 % และ +10 % ตามลำดับ หรือ ค่าเท่ากับ 3.50 3.70 4.10 และ 4.30 คันต่อ ชม. ตามลำดับ โดยที่จำนวนสถานีบริการซ่อมแซมสีเท่ากับ 3 ช่องบริการ และค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีเท่ากับ 42.26 นาทีต่อคัน ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.18 นาทีต่อคันจะเป็นค่าคงที่ การแปรค่าแบบจำลองนี้เพื่อศึกษาค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซม

สีว่ามีผลกระทบต่อระบบแถวคอยอย่างไร

3. การแปรค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี จากค่าปัจจุบันเท่ากับ 42.26 นาทีต่อคัน ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.18 นาทีต่อคัน ไปเป็นค่า -10 % -5 % +5 % และ +10 % ตามลำดับ หรือค่าเท่ากับ 38.03 (10.06) 40.15 (10.62) 44.37 (11.74) และ 46.49 (12.29) นาทีต่อคัน ตามลำดับ โดยที่จำนวนสถานีบริการซ่อมแซมสีเท่ากับ 3 สถานีบริการ และ ค่าเฉลี่ยอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีเท่ากับ 3.9 คันต่อ ชม.จะเป็นค่าคงที่ การแปรค่าแบบจำลองนี้เพื่อศึกษาค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีว่ามีผลกระทบต่อระบบแถวคอยอย่างไร

ผลลัพธ์ของการแปรค่าตัวแปรของแบบจำลอง โดยทำการเปรียบเทียบกันด้วยค่าของ % เวลาที่รอคอยเฉลี่ย และค่าของ % เวลาว่างเฉลี่ย แสดงในตารางที่ 5.4 5.5 และ 5.6

จากนั้นนำผลลัพธ์ของการแปรค่าตัวแปรของแบบจำลองที่ได้นั้นไปทำการวิเคราะห์ด้วยการสร้างกราฟ โดยที่ให้กราฟแนวนอน (X) เป็นเงื่อนไขของการแปรค่าตัวแปร ส่วนแนวตั้ง (Y) เป็นค่าของ % เวลาที่รอคอยเฉลี่ย และค่าของ % เวลาว่างเฉลี่ย แสดงในรูปที่ 5.5 5.6 และ 5.7

จากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง ในตารางที่ 5.5 และ 5.6 โดยทำการแปรค่าตัวแปรทั้งสอง คือ การแปรค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี และ การแปรค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี โดยมีเงื่อนไขการแปรค่าตัวแปร 4 เงื่อนไข คือ

1. ค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี เท่ากับ 3.70 คันต่อชม.
   ค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี เท่ากับ 38.03 (10.06) นาทีต่อคัน
2. ค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี เท่ากับ 3.70 คันต่อชม.
   ค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี เท่ากับ 40.15 (10.62) นาทีต่อคัน
3. ค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี เท่ากับ 3.50 คันต่อชม.
   ค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี เท่ากับ 38.03 (10.06) นาทีต่อคัน
4. ค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี เท่ากับ 3.50 คันต่อชม.
   ค่าของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี เท่ากับ 40.15 (10.62) นาทีต่อคัน

ผลลัพธ์ของการแปรค่าตัวแปรของแบบจำลองนี้ แสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเวลารอคอยเฉลี่ยของระบบงานจริงกับแบบจำลอง

การประมวลผล (คัน)	%เวลารอคอยเฉลี่ย ของระบบงานจริง	%เวลารอคอยเฉลี่ย ของแบบจำลอง	% ผลต่าง
100	8.12	6.76	16.75
200	8.20	7.30	10.98
300	8.34	7.38	11.51
400	8.31	7.52	9.51
500	8.26	7.65	7.38
600	8.44	7.87	6.75
700	8.46	7.80	7.80
800	8.50	7.82	8.00

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเวลาว่างเฉลี่ยของระบบงานจริงกับแบบจำลอง

การประมวลผล (คัน)	%เวลาว่างเฉลี่ย ของระบบงานจริง	%เวลาว่างเฉลี่ย ของแบบจำลอง	% ผลต่าง
100	28.14	26.12	7.18
200	27.33	24.38	10.79
300	26.43	24.84	6.02
400	26.77	25.36	5.27
500	26.84	25.20	6.11
600	26.68	25.25	5.36
700	27.03	25.46	5.81
800	27.26	25.40	6.82

ตารางที่ 5.4 แสดงการวิเคราะห์ความไวโดยการแปรค่าจำนวนสถานีบริการ

สถานีบริการ	อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี	เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี	%เวลารอคอยเฉลี่ยของแบบจำลอง	%เวลาว่างเฉลี่ยของแบบจำลอง
3	3.9	42.26 (11.18)	7.87	25.25
4	3.9	42.26 (11.18)	0.68	46.81
5	3.9	42.26 (11.18)	0.08	56.18

ตารางที่ 5.5 แสดงการวิเคราะห์ความไวโดยการแปรค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี

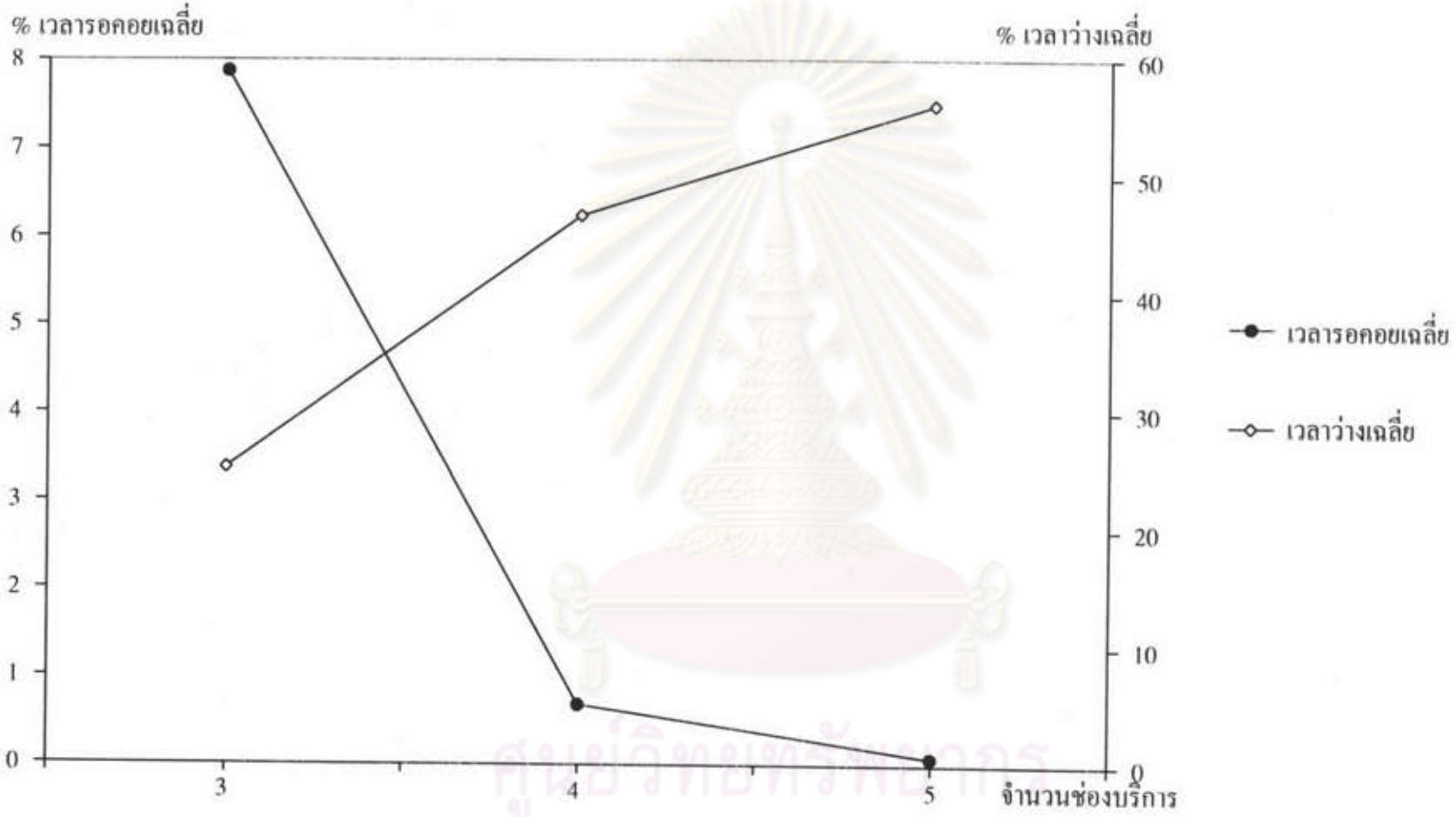
สถานีบริการ	อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี	เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี	%เวลารอคอยเฉลี่ยของแบบจำลอง	%เวลาว่างเฉลี่ยของแบบจำลอง
3	3.50	42.26 (11.18)	5.21	30.84
3	3.70	42.26 (11.18)	6.70	28.25
3	3.90	42.26 (11.18)	7.87	25.25
3	4.10	42.26 (11.18)	10.12	24.01
3	4.30	42.26 (11.18)	10.56	23.65

ตารางที่ 5.6 แสดงการวิเคราะห์ความไวโดยการแปรค่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี

สถานีบริการ	อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี	เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี	%เวลารอคอยเฉลี่ยของแบบจำลอง	%เวลาว่างเฉลี่ยของแบบจำลอง
3	3.90	38.03 (10.06)	3.72	32.28
3	3.90	40.15 (10.62)	7.22	27.53
3	3.90	42.26 (11.18)	7.87	25.25
3	3.90	44.37 (11.74)	9.45	25.35
3	3.90	46.49 (12.29)	15.71	19.91

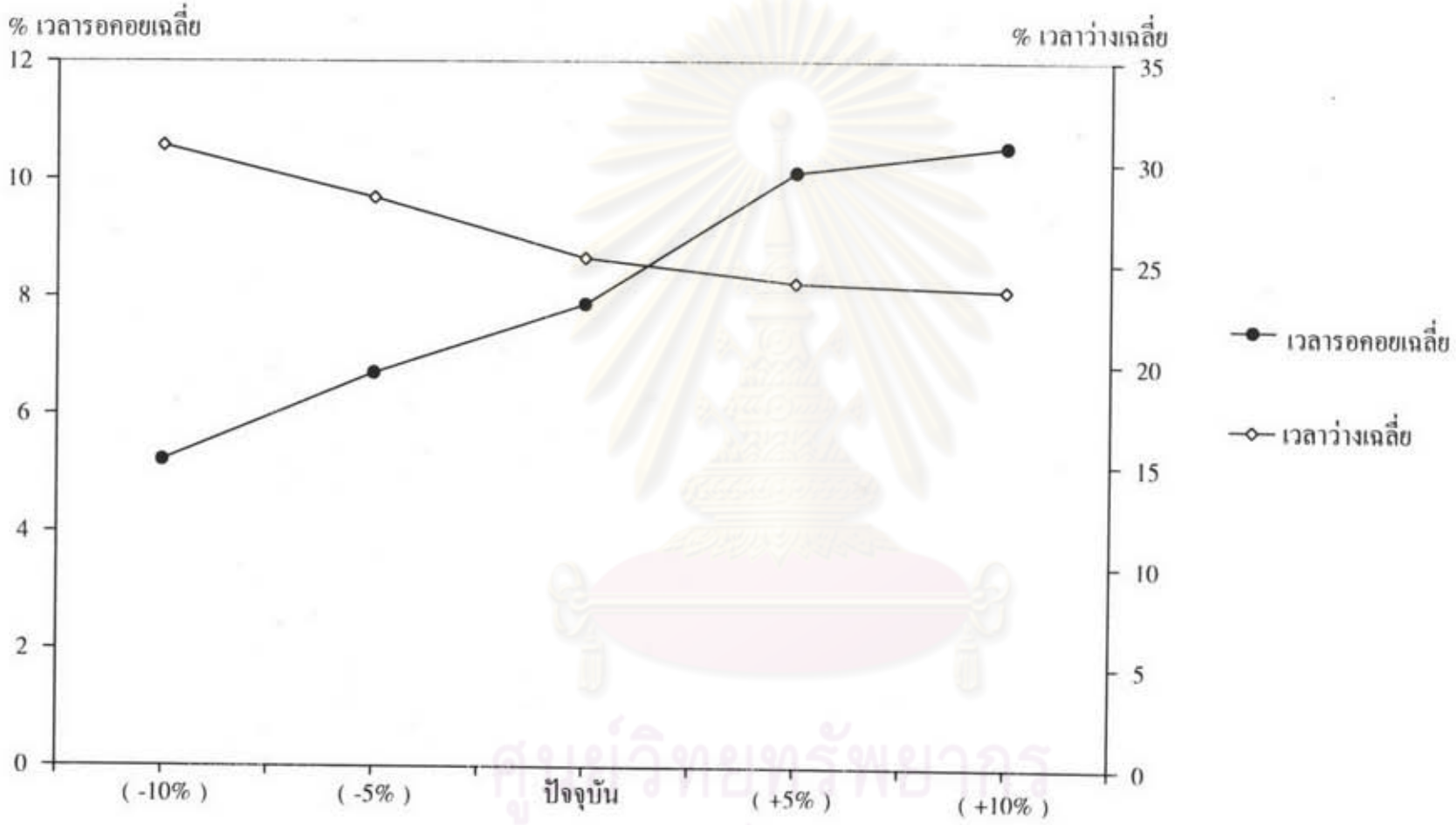
ตารางที่ 5.7 แสดงการวิเคราะห์ความไวโดยการแปรค่าตัวแปรทั้งสอง

สถานีบริการ	อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสี	เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี	%เวลารอคอยเฉลี่ยของแบบจำลอง	%เวลาว่างเฉลี่ยของแบบจำลอง
3	3.70	38.03 (10.06)	4.22	35.92
3	3.70	40.15 (10.62)	5.99	34.03
3	3.50	38.03 (10.06)	3.35	33.75
3	3.50	40.15 (10.62)	3.39	33.81



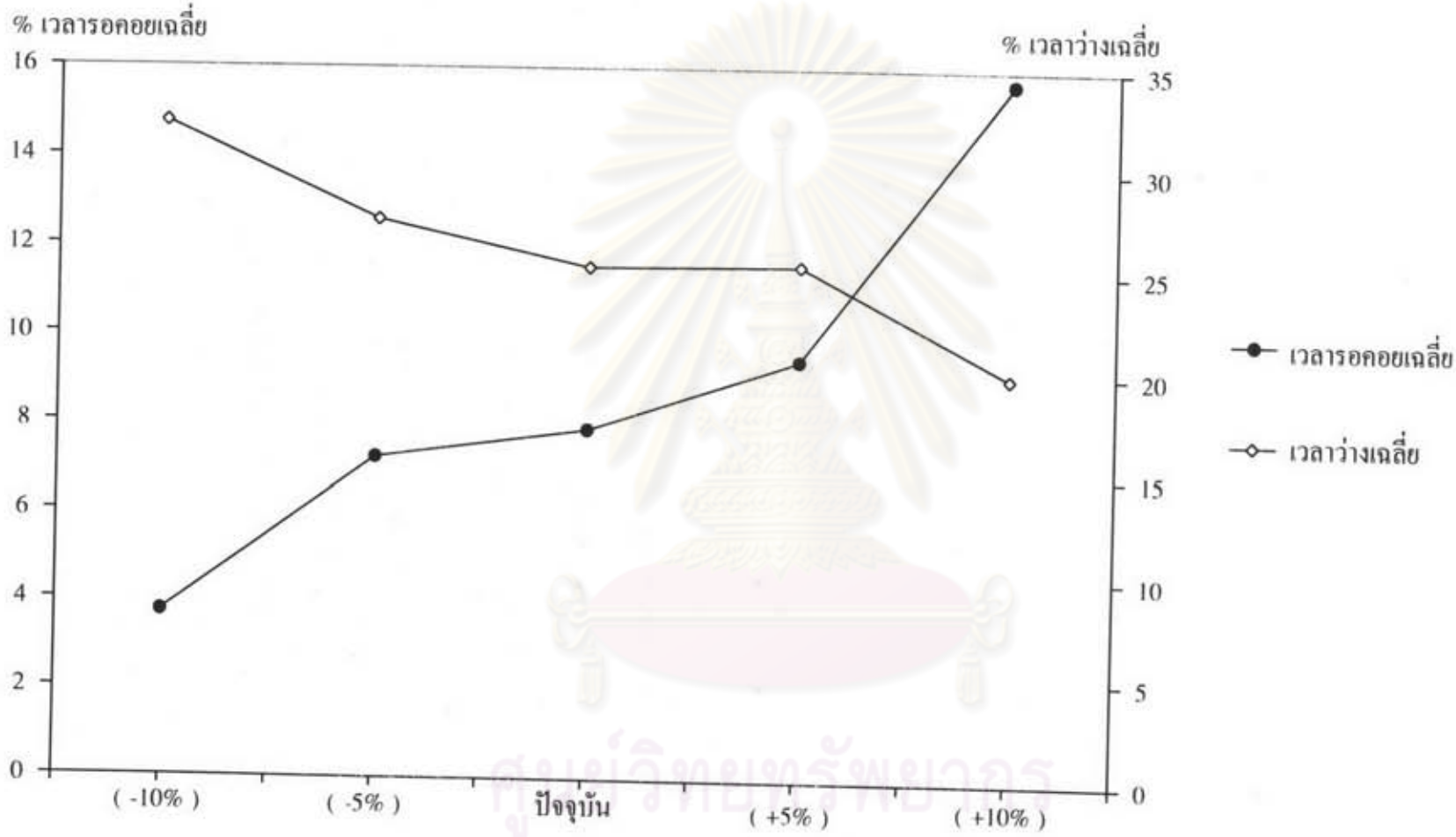
รูปที่ 5.5 แสดงกราฟของการแปรค่าจำนวนสถานีบริการซ่อมแซมสีบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 แสดงกราฟของการแปรค่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสึบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แสดงกราฟของการแปรค่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย