

รูปแบบการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมและการจัดหาอุปกรณ์สำรอง Decision Model of Repair Contract Selection and Spares Provisioning

กิตติ ศศิวิมลลักษณ์^{1,*} และ วิโรจน์ มงคลเทพ²

¹คณะแพทยศาสตร์วันออก วิทยาลัยเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57000 E-mail: phing_kit@hotmail.com

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านน่าน จังหวัดน่าน 55000

E-mail: wiroj_mongkolthep@hotmail.com

Kitti Sasivimonlux^{1,*} and Wiroj Mongkolthep²

¹Faculty of Oriental Medicine, Chiang Rai College, Chiang Rai 57000, Thailand.

E-mail: phing_kit@hotmail.com

²Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Nan 55000, Thailand. E-mail: wiroj_mongkolthep@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความทางวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาวิชาทฤษฎีสถิติและทฤษฎีการตัดสินใจมาประยุกต์ใช้ในการเสนอรูปแบบในการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อม และการจัดหาอุปกรณ์สำรอง โดยใช้ฟังก์ชันความพอใจเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยที่รูปแบบเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมเป็นดังสมการ

$$E[U(TI, C)] = K_1 \frac{\omega\mu}{(A_1 + \omega)(A_1 + \mu)} + K_2 e^{-A_2 C}$$

แล้วจะเลือกสัญญาซ่อมที่ให้ค่า $E[U(TI, C)]$ สูงที่สุด และรูปแบบการจัดหาอุปกรณ์สำรองเป็นดังสมการ

$$U(\alpha(C)) = K_1 e^{-W_1(1-e^{-\lambda MTTR \psi})} + K_2 e^{-W_2(qC_1)}$$

แล้วจะเลือกจัดหาอุปกรณ์สำรองที่ให้ค่า $U(\alpha, C)$ สูงที่สุดเช่นกัน

คำสำคัญ: การเลือกสัญญาซ่อม, การจัดหาอุปกรณ์สำรอง

Abstract

The objective of this academic article is to take the statistic theory and the decision theory for applying in decision model presentation of repair contract selection and spares provisioning by using utility function as the rule of decision. The model of repair contract selection is as following equation

$$E[U(Ti, C)] = K_1 \frac{\omega\mu}{(A_1 + \omega)(A_1 + \mu)} + K_2 e^{-A_2 C}$$

and the repair contract selection given maximum $E[U(Ti, C)]$ value will be selected and the model of spares provisioning is as following equation

$$U(\alpha, C) = K_1 e^{-W_1 (1 - e^{-\lambda_{MTTR}} \psi)} + K_2 e^{-W_2 (qC_1)}$$

and the spares provisioning given maximum $U(\alpha, C)$ value will be selected as well.

Keywords: Repair Contract Selection, Spares Provisioning

1. บทนำ

ปัจจุบันวิชาสถิติถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ กันมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นปัญหาทางด้านธุรกิจ อุตสาหกรรม เศรษฐศาสตร์ การเมือง เป็นต้น บุคคลผู้ซึ่งจะเป็นผู้ตัดสินใจที่คืบนั้น จำต้องเป็นผู้ที่มีความรอบรู้ลึกซึ้งและมีเหตุผล กล่าวคือ การที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับกิจการอย่างใดอย่างหนึ่ง ผู้ตัดสินใจจะต้องทราบเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจจะมีผลต่อ ปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้น หรือต่อผลลัพธ์ในสิ่งที่จะตัดสินใจและจำต้องเป็นบุคคลที่ไม่ชักช้าในการตัดสินใจด้วยความมีเหตุผล เลือกการกระทำในสิ่งที่จะกระทำให้เกิดผลดีมากที่สุดและขณะเดียวกันต้องทำให้เกิดความสูญเสียที่น้อยที่สุดด้วย

บทความทางวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาวิชาทฤษฎีสถิติและทฤษฎีการตัดสินใจมาประยุกต์ใช้ในการเสนอรูปแบบเพื่อที่จะใช้ในการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อม (Repair Contract Selection) และการจัดหาอุปกรณ์สำรอง (Spares Provisioning) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบอุตสาหกรรม กล่าวคือในระบบอุตสาหกรรม ถ้าอุปกรณ์ในการทำงานเกิดการขัดข้องขึ้น อุปกรณ์ชิ้นนั้นจะต้องได้รับการซ่อมแซม และในการซ่อมแซมนั้นจะต้องมีการตกลงในเรื่องของสัญญาซ่อม ซึ่งอาจจะมีหลายทางเลือกให้เราเลือก และเมื่อได้นำอุปกรณ์นั้นไปซ่อมแล้ว ก็จะต้องมีอุปกรณ์สำรองเพื่อที่จะนำมาทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อม จึงต้องตัดสินใจว่าควรจะมีอุปกรณ์สำรองจำนวนเท่าไรจึงจะเหมาะสม ดังนั้น การตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมและการจัดหาสินค้าสำรองที่ดีและเหมาะสมนั้นอาจทำให้เกิดผลดีหรือทำให้เกิดความสูญเสียที่น้อยที่สุดต่อระบบอุตสาหกรรมได้ โดยการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมและการจัดหาอุปกรณ์สำรองนั้นจะใช้ฟังก์ชันความพอใจ (Utility Function) เป็นเกณฑ์เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

2. ทฤษฎีความพอใจ (Utility Theory)

ทฤษฎีความพอใจเป็นทฤษฎีที่เสนอโดยจอห์น วอน นิวแมน (John Von Newman) และออสการ์ มอร์แกนสแตม (Oskar Morgenstern) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด โดยจะอยู่ในรูปของความพอใจ และการพิจารณาเลือกทางเลือกจะทำการเลือกค่าที่ให้ค่าความพอใจคาดหวังสูงสุด [1-2]

2.1 ความพอใจ (Utility)

ความพอใจ (Utility) เป็นมาตรวัดที่เป็นจำนวนจริง เช่น ในการตัดสินใจบางครั้งเราอาจพอใจ หรือ ชอบ a_1 มากกว่า a_2 ถึงแม้ว่ากำไรคาดหวังของ a_1 จะน้อยกว่า a_2 ก็ตาม กรณีนี้กล่าวได้ว่า a_1 มีความพอใจที่มากกว่า a_2 ซึ่งค่าความพอใจจะมีค่าต่ำสุดคือ 0 และค่าสูงสุดคือ 1

2.2 ข้อตกลงภายใต้ทฤษฎีความพอใจ (Assumptions underlying Utility Theory)

2.2.1 เมื่อผู้กระทำการตัดสินใจเผชิญกับปัญหาการเลือกกระทำระหว่าง a_1 กับ a_2 เขาอาจชอบ a_1 เท่ากับ a_2 หรืออาจชอบ a_1 น้อยกว่า a_2 หรือชอบ a_1 มากกว่า a_2 ถ้าเขาชอบ a_1 มากกว่า a_2 แล้วความพอใจที่กำหนดให้กับ a_1 จะต้องมากกว่า a_2

2.2.2 ถ้าผู้กระทำการตัดสินใจ ชอบ a_1 มากกว่า a_2 และชอบ a_2 มากกว่า a_3 แล้ว เขาจะชอบ a_1 มากกว่า a_3 ด้วย หรือในทำนองเดียวกัน ถ้าเขาชอบ a_1 เท่ากับ a_2 และชอบ a_2 เท่ากับ a_3 แล้ว เขาจะชอบ a_1 เท่ากับ a_3 ด้วย

2.2.3 ความพอใจขึ้นอยู่กับความนึกคิดเอาเองของแต่ละบุคคล ความพอใจของแต่ละบุคคลอาจแตกต่างกัน แต่ฟังก์ชันความพอใจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยไม่มีขีดจำกัด

2.2.4 หากมีการกระทำให้เลือกมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ทาง โดยที่แต่ละการกระทำเหล่านั้นให้ผลตอบแทนเท่ากัน แต่มีความน่าจะเป็นที่ต่างกัน ผู้กระทำการตัดสินใจจะเลือกการกระทำที่มีความน่าจะเป็นที่สูงกว่า

2.3 ฟังก์ชันความพอใจ (Utility function)

ฟังก์ชันความพอใจเป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงอรรถประโยชน์หรือความพอใจที่ได้รับจากการกระทำใดๆ แสดงได้ดังนี้

กำหนดให้ K_1 และ K_2 เป็นความน่าจะเป็นที่ให้ความสำคัญกับ $U(M_1)$ และ $U(M_2)$ ตามลำดับ

M_1 และ M_2 เป็นตัวแปรของค่าใดค่าหนึ่ง

$U(M_1, M_2)$ เป็นฟังก์ชันความพอใจที่เกิดจาก M_1 และ M_2

ดังนั้น จะได้ว่า

$$U(M_1, M_2) = K_1 U(M_1) + K_2 U(M_2)$$

3. การเลือกสัญญาซ่อม (Repair Contract Selection) [3-6]

การเลือกสัญญาซ่อมนั้น จะพิจารณาจาก 2 สิ่งด้วยกันคือ

1. เวลา โดยจะแสดงอยู่ในรูปของเวลาที่อุปกรณ์นั้นไม่สามารถทำงานได้ที่เรียกว่า interruption time หรือค่า TI ซึ่งเวลาที่อุปกรณ์นั้นไม่สามารถทำงานได้ จะเกิดจากเวลาในการซ่อม (Time to Repair หรือค่า TTR) และเวลาที่ล่าช้าก่อนการนำไปซ่อม (Delay Time หรือค่า TD) โดยที่ $TI = TTR + TD$

2. ราคา (Cost หรือค่า C) โดยในแต่ละทางเลือกจะแสดงราคาในการซ่อมที่แตกต่างกัน เพื่อจะใช้ในการตัดสินใจเลือก

3.1 รูปแบบการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อม

ถ้ามีเซตแสดงจำนวนทางเลือก m ทางเลือก ดังนี้ $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ โดยที่ในแต่ละทางเลือกจะสัมพันธ์กับราคา (C) และเวลาที่ล่าช้าก่อนการนำไปซ่อม (TD) การตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมนั้นจะพิจารณาจากฟังก์ชันความพอใจของค่า TI และ C คือ $[U(TI, C)]$

กำหนดให้ TTR เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยมีพารามิเตอร์เป็น μ ดังนั้น จะได้ฟังก์ชันการแจกแจงของ TTR ดังนี้

$$f(TTR) = \mu e^{-\mu TTR} \quad (1)$$

โดยที่ $\mu = \frac{1}{MTTR}$ เมื่อ $MTTR$ คือ เวลาเฉลี่ยในการซ่อม

กำหนดให้ TD เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยมีพารามิเตอร์เป็น ω ดังนั้น จะได้ฟังก์ชันการแจกแจงของ TD ดังนี้

$$f(TD) = \omega e^{-\omega TD} \quad (2)$$

โดยที่ $\omega = \frac{1}{MTD}$ เมื่อ MTD คือ เวลาที่ล่าช้าก่อนการนำไปซ่อมเฉลี่ย และ ω จะขึ้นอยู่กับแต่ละทางเลือก

ดังนั้น ฟังก์ชันของ TI จะหาได้จากการรวมค่าของ TTR และ TD ดังนี้

$$\begin{aligned} f(TI) &= \int_0^{TI} [f(TD, TTR)] dTD \\ &= \int_0^{TI} [f(TD)] [f(TTR)] dTD \\ &= \int_0^{TI} f(TD) f(TI - TD) dTD \end{aligned}$$

จากสมการ (1) และ (2) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
f(TI) &= \int_0^{TI} \omega e^{-\omega TD} \mu e^{-\mu(TI-TD)} dTD \\
&= \omega \mu e^{-\mu TI} \int_0^{TI} e^{-TD(\omega-\mu)} dTD \\
&= \omega \mu e^{-\mu TI} \left[\frac{e^{-TD(\omega-\mu)}}{-(\omega-\mu)} \right]_0^{TI} \\
&= \frac{\omega \mu e^{-\mu TI}}{\mu-\omega} \left[e^{-TD(\omega-\mu)} \right]_0^{TI} \\
&= \frac{\omega \mu e^{-\mu TI}}{\mu-\omega} \left[e^{-TI(\omega-\mu)} - 1 \right] \\
&= \frac{\omega \mu e^{-\mu TI}}{\mu-\omega} \left[e^{-\omega TI + \mu TI} - 1 \right] \\
&= \frac{\omega \mu}{\mu-\omega} \left[e^{-\mu TI} e^{-\omega TI} e^{\mu TI} - e^{-\mu TI} \right]
\end{aligned}$$

จะได้ว่า

$$f(TI) = \frac{\omega \mu}{\mu-\omega} (e^{-\omega TI} - e^{-\mu TI}), \quad TI \geq 0 \quad (3)$$

จากฟังก์ชันความพอใจของค่า TI และ C [U(TI,C)] เมื่อพิจารณาตามคุณสมบัติของฟังก์ชันความพอใจ
จะได้ว่า

$$U(TI,C) = K_1 U(TI) + K_2 U(C) \quad (4)$$

เมื่อค่า K_1 และ K_2 เป็นความน่าจะเป็นที่ให้ความสำคัญกับ $U(TI)$ และ $U(C)$ ตามลำดับ และ $K_1 + K_2 = 1$
โดยที่ฟังก์ชันความพอใจของ TI และ C เป็นดังนี้

$$U(TI) = e^{-A_1 TI} \quad (5)$$

$$U(C) = e^{-A_2 C} \quad (6)$$

เมื่อ A_1 และ A_2 เป็นค่าคงที่

และจากทฤษฎีความพอใจจะทำตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด โดยจะเลือกทางเลือกที่ให้ค่าความพอใจคาดหวังสูงสุด คือ $\text{Max } E[U(TI, C)]$

จาก $E[U(TI, C)]$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} E[U(TI, C)] &= \int_0^{\infty} U(TI, C) f(TI) dTI \\ &= \int_0^{\infty} [K_1 U(TI) + K_2 U(C)] f(TI) dTI \end{aligned} \quad (7)$$

จากสมการที่ (3) (5) และ (6) นำมาแทนในสมการที่ (7) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} E[U(TI, C)] &= \int_0^{\infty} [K_1 e^{-A_1 TI} + K_2 U(C)] \times \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} (e^{-\omega TI} - e^{-\mu TI}) dTI \\ &= K_1 \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} \int_0^{\infty} e^{-A_1 TI} (e^{-\omega TI} - e^{-\mu TI}) dTI + K_2 U(C) \int_0^{\infty} \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} (e^{-\omega TI} - e^{-\mu TI}) dTI \\ &= K_1 \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-(A_1 + \omega) TI} dTI - \int_0^{\infty} e^{-(A_1 + \mu) TI} dTI \right\} + K_2 U(C) \int_0^{\infty} [f(TI)] dTI \\ &= K_1 \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-(A_1 + \omega) TI} dTI - \int_0^{\infty} e^{-(A_1 + \mu) TI} dTI \right\} + K_2 U(C) \\ &= K_1 \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} \left\{ \left[\frac{e^{-(A_1 + \omega) TI}}{-(A_1 + \omega)} \right]_0^{\infty} - \left[\frac{e^{-(A_1 + \mu) TI}}{-(A_1 + \mu)} \right]_0^{\infty} \right\} + K_2 U(C) \\ &= K_1 \frac{\omega\mu}{\mu - \omega} \left\{ \frac{1}{A_1 + \omega} - \frac{1}{A_1 + \mu} \right\} + K_2 U(C) \end{aligned}$$

จะได้ว่า

$$E[U(TI, C)] = K_1 \frac{\omega\mu}{(A_1 + \omega)(A_1 + \mu)} + K_2 e^{-A_2 C} \quad (8)$$

ดังนั้น จากสมการที่ (8) จะเรียกว่ารูปแบบเพื่อการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อม เมื่อทำการแก้สมการที่ (8) โดยเอาตัวเลขมาแทนในสมการของในแต่ละทางเลือก แล้วจะเลือกสัญญาซ่อมที่ให้ค่า $E[U(TI, C)]$ มากที่สุด

3.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

บริษัทแห่งหนึ่งได้จัดบันทึกเวลา (ชั่วโมง) ในการซ่อมของอุปกรณ์ที่เสียจำนวน 20 ชิ้นดังนี้

0.010 0.034 0.194 0.567 0.601 0.712 1.291 1.367 1.949 2.370
2.411 2.875 3.162 3.280 3.491 3.686 3.854 4.211 4.397 6.473

บริษัทแห่งนี้ต้องการจะเลือกสัญญาซ่อมเพื่อจะซ่อมอุปกรณ์ที่เสีย โดยที่มีสัญญาให้เลือกทั้งหมด 5 สัญญา ดังนี้

สัญญาที่ 1 (a_1) เป็นราคาที่แพงที่สุด การซ่อมจะเกิดขึ้นหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 2 ชั่วโมง

$$C_1=200, \text{ MTD}=2 \text{ ดังนั้น } \omega_1 = \frac{1}{2} = 0.5$$

สัญญาที่ 2 (a_2) เป็นราคาปานกลาง การซ่อมจะเกิดขึ้นหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง

$$C_2=95, \text{ MTD}=6 \text{ ดังนั้น } \omega_2 = \frac{1}{6} = 0.17$$

สัญญาที่ 3 (a_3) ราคาไม่แพง การซ่อมจะเกิดขึ้นหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 8 ชั่วโมง

$$C_3=60, \text{ MTD}=8 \text{ ดังนั้น } \omega_3 = \frac{1}{8} = 0.12$$

สัญญาที่ 4 (a_4) ราคาไม่แพง การซ่อมจะเกิดขึ้นหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 12 ชั่วโมง

$$C_4=30, \text{ MTD}=12 \text{ ดังนั้น } \omega_4 = \frac{1}{12} = 0.08$$

สัญญาที่ 5 (a_5) ราคาถูกสุด การซ่อมจะเกิดขึ้นหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง

$$C_5=15, \text{ MTD}=24 \text{ ดังนั้น } \omega_5 = \frac{1}{24} = 0.04$$

กำหนดให้ $K_1=0.6, K_2=0.4, A_1=0.05, A_2=0.01$ และ $\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} = \frac{1}{2.35} = 0.43$

$$\text{MTTR} = \frac{0.010+0.034+.....+6.473}{20} = 2.35$$

จากสมการที่ (8) จะได้ว่า

ค่าความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 1 คือ

$$\begin{aligned} E[U(TI, C_1)] &= \frac{(0.6)(0.5)(0.43)}{(0.05+0.5)(0.05+0.43)} + 0.4e^{(-0.01)(200)} \\ &= 0.489 + 0.054 = 0.543 \end{aligned}$$

ค่าความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 2 คือ

$$E[U(TI, C_2)] = \frac{(0.6)(0.17)(0.43)}{(0.05 + 0.17)(0.05 + 0.43)} + 0.4e^{(-0.01)(95)} \\ = 0.415 + 0.155 = 0.57$$

ค่าความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 3 คือ

$$E[U(TI, C_3)] = \frac{(0.6)(0.12)(0.43)}{(0.05 + 0.12)(0.05 + 0.43)} + 0.4e^{(-0.01)(60)} \\ = 0.379 + 0.220 = 0.599$$

ค่าความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 4 คือ

$$E[U(TI, C_4)] = \frac{(0.6)(0.08)(0.43)}{(0.05 + 0.08)(0.05 + 0.43)} + 0.4e^{(-0.01)(30)} \\ = 0.331 + 0.296 = 0.627$$

ค่าความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 5 คือ

$$E[U(TI, C_5)] = \frac{(0.6)(0.04)(0.43)}{(0.05 + 0.04)(0.05 + 0.43)} + 0.4e^{(-0.01)(15)} \\ = 0.293 + 0.344 = 0.583$$

เนื่องจาก ค่า $E[U(TI, C)]$ ของสัญญาซ่อมที่ 4 มีค่าความพอใจคาดหวังมากที่สุดคือมีค่า 0.627 ดังนั้น บริษัทแห่งนี้จะเลือกสัญญาซ่อมที่ 4 ซึ่งมีราคาไม่แพง และการซ่อมจะเกิดหลังจากการเสียหายเฉลี่ยแล้วประมาณ 12 ชั่วโมง และจากตัวอย่างข้างต้น ถ้ากำหนดให้ค่าต่างๆมีค่าคงเดิม คือ $A_1 = 0.05$ และ $A_2 = 0.01$ เมื่อ $\mu = 0.43$

ถ้าค่า K_1 และ K_2 เปลี่ยนไปเป็น 0.8 และ 0.2 ตามลำดับ จะทำให้ค่าความความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 1 มีค่ามากที่สุดคือมีค่า 0.679 ดังนั้นบริษัทแห่งนี้จะเลือกสัญญาซ่อมที่ 1 แทน

ถ้าค่า K_1 และ K_2 เปลี่ยนไปเป็น 0.2 และ 0.8 ตามลำดับ จะทำให้ค่าความความพอใจคาดหวังของสัญญาซ่อมที่ 5 มีค่ามากที่สุดคือมีค่า 0.769 ดังนั้นบริษัทแห่งนี้จะเลือกสัญญาซ่อมที่ 5 แทน

ดังนั้น ถ้าทำการเปลี่ยนค่าต่างๆ แล้ว ซึ่งในที่นี้ได้แสดงการเปลี่ยนค่า K_1 และ K_2 จะเห็นว่ารูปแบบในการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมจะเปลี่ยนไปด้วย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการเปลี่ยนค่า K_1 และ K_2 และการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อม

กรณี	ค่าพารามิเตอร์	การเลือกสัญญาซ่อม
1	$K_1 = 0.6$ และ $K_2 = 0.4$	เลือกสัญญาซ่อมที่ 4
2	$K_1 = 0.8$ และ $K_2 = 0.2$	เลือกสัญญาซ่อมที่ 1
3	$K_1 = 0.2$ และ $K_2 = 0.8$	เลือกสัญญาซ่อมที่ 5

4. การจัดหาอุปกรณ์สำรอง (Spares Provisioning) [3-4, 7]

เมื่อได้นำอุปกรณ์ที่เสียไปซ่อม ขั้นตอนต่อไปคือต้องพิจารณาว่าควรมีอุปกรณ์สำรองอยู่จำนวนเท่าไร เพื่อที่จะมาทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อมและให้การทำงานของระบบอุตสาหกรรมดำเนินต่อไปได้ โดยที่การจะตัดสินใจว่าควรมีอุปกรณ์สำรองอยู่จำนวนเท่าไรนั้นจะพิจารณาจาก 2 สิ่ง คือ

1. ราคา โดยเป็นราคาของอุปกรณ์สำรองทั้งหมด (C) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับราคาของอุปกรณ์สำรองแต่ละชิ้น (C_1) และจำนวนอุปกรณ์สำรอง (q) ดังสมการ

$$C = qC_1 \quad (9)$$

2. ความเสี่ยงที่จะมีอุปกรณ์สำรองไม่เพียงพอ (α)

ถ้าให้ X คือจำนวนอุปกรณ์ที่ขัดข้อง และเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson distribution) โดยมีพารามิเตอร์เป็น λ_{MTTR} จะได้ว่า

$$\alpha = \Pr\{X > q\} = 1 - \Pr\{X \leq q\} = 1 - \sum_{j=0}^q \frac{e^{-\lambda_{MTTR}} (\lambda_{MTTR})^j}{j!}$$

ดังนั้น $\alpha = 1 - e^{-\lambda_{MTTR}} (\Psi) \quad (10)$

โดยที่ ค่า λ คือ อัตราการขัดข้องเฉลี่ยของอุปกรณ์ (Mean Failure Rate) และ $MTTR$ คือ เวลาเฉลี่ยในการซ่อม และ

$$\Psi = \sum_{j=0}^q \frac{(\lambda_{MTTR})^j}{j!}$$

4.1 รูปแบบการจัดหาอุปกรณ์สำรอง

รูปแบบการจัดหาอุปกรณ์สำรองจะพิจารณาจากฟังก์ชันความพอใจของค่า C และ α คือ $U(\alpha, C)$ จากคุณสมบัติของฟังก์ชันความพอใจจะได้ว่า

$$U(\alpha, C) = K_1 U(\alpha) + K_2 U(C) \quad (11)$$

เมื่อ K_1 และ K_2 เป็นความน่าจะเป็นที่ให้ความสำคัญกับ $U(\alpha)$ และ $U(C)$ ตามลำดับ และ $K_1 + K_2 = 1$ โดยที่ฟังก์ชันความพอใจของ α และ C เป็นดังนี้

$$U(\alpha) = e^{-W_1 \alpha} \quad (12)$$

$$U(C) = e^{-W_2 C} \quad (13)$$

เมื่อ W_1 และ W_2 เป็นค่าคงที่ ดังนั้น จากสมการที่ (12) และ (13) นำมาแทนในสมการที่ (11) จะได้

$$U(\alpha, C) = K_1 e^{-W_1 \alpha} + K_2 e^{-W_2 C} \quad (14)$$

แทนค่า $\alpha = 1 - e^{-\lambda \text{MTTR} \Psi}$ และ $C = qC_1$ ลงในสมการที่ (14) จะได้สมการดังนี้

$$U(\alpha, C) = K_1 e^{-W_1 (1 - e^{-\lambda \text{MTTR} \Psi})} + K_2 e^{-W_2 (qC_1)} \quad (15)$$

$$\text{โดยที่ } \Psi = \sum_{j=0}^q \frac{(\lambda \text{MTTR})^j}{j!}$$

และการตัดสินใจเลือกว่าควรจะมีอุปกรณ์สำรองเป็นจำนวนเท่าไรว่านั้นจะเลือกค่าที่ให้ค่าความพอใจของค่า C และ α ที่ให้ค่าสูงสุด คือ $\text{Max } U(\alpha, C)$ ในสมการที่ (15) นั่นเอง

4.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

จากตัวอย่างที่ผ่านมาเมื่อนำอุปกรณ์ไปซ่อม ต่อมาจะหาว่าควรจะมีอุปกรณ์สำรองจำนวนเท่าไรเพื่อที่จะมาทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อม โดยในที่นี้บริษัทได้จะกำหนดว่าควรจะมีอุปกรณ์สำรองได้ไม่เกิน 5 ชิ้นเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย ดังนั้น $q = 0, 1, 2, 3, 4$ และ 5 และจากตัวอย่างที่ผ่านมา ค่า $\text{MTTR} = 2.35$ ชั่วโมง $K_1 = 0.6$ และ $K_2 = 0.4$ โดยกำหนดว่า $\lambda = 0.2$ failures/hour, $C_1 = 300$, $W_1 = 16$ และ $W_2 = 0.002$

จากสมการที่ (15) จะได้ว่า

ความพอใจที่จะไม่มีอุปกรณ์สำรอง ($q=0$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 0 \times 300) = 0.001 + 0.4 = 0.401$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} = 1$$

ความพอใจที่จะมีอุปกรณ์สำรอง 1 ชิ้น ($q=1$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1.47)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 1 \times 300) = 0.164 + 0.220 = 0.384$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^1}{1!} = 1.47$$

ความพอใจที่จะมีอุปกรณ์สำรอง 2 ชิ้น ($q=2$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1.58)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 2 \times 300) = 0.495 + 0.120 = 0.615$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^1}{1!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^2}{2!} = 1.58$$

ความพอใจที่จะมีอุปกรณ์สำรอง 3 ชิ้น ($q=3$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1.60)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 3 \times 300) = 0.600 + 0.066 = 0.666$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^1}{1!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^2}{2!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^3}{3!} = 1.60$$

ความพอใจที่จะมีอุปกรณ์สำรอง 4 ชิ้น ($q=4$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1.60)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 4 \times 300) = 0.600 + 0.036 = 0.636$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^1}{1!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^2}{2!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^3}{3!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^4}{4!} = 1.60$$

ความพอใจที่จะมีอุปกรณ์สำรอง 5 ชิ้น ($q=5$) คือ

$$U(\alpha, C) = 0.6\exp\{-16[1 - (\exp(-0.2 \times 2.35))(1.60)]\} + 0.4\exp(-0.002 \times 5 \times 300) = 0.600 + 0.020 = 0.620$$

$$\text{โดย } \Psi = \frac{[(0.2)(2.35)]^0}{0!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^1}{1!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^2}{2!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^3}{3!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^4}{4!} + \frac{[(0.2)(2.35)]^5}{5!} = 1.60$$

ดังนั้น จะเห็นว่าฟังก์ชันความพอใจ $U(\alpha, C)$ ของ $q = 3$ มีค่ามากที่สุดคือ 0.666 ดังนั้น ควรจะมีอุปกรณ์สำรองจำนวน 3 ชิ้นเพื่อใช้ทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อม

จากตัวอย่างข้างต้น ถ้ากำหนดให้ค่าต่างๆ มีค่าคงเดิม คือ ค่า $MTTR = 2.35$ ชั่วโมง, $\lambda = 0.2$, $C_1 = 300$, $W_1 = 16$, $W_2 = 0.002$ แต่ค่า K_1 และ K_2 เปลี่ยนไปเป็น 0.8 และ 0.2 ตามลำดับ จะทำให้ค่าความความพอใจที่จะมีสินค้าสำรอง 3 ชิ้นมีค่ามากที่สุดคือ 0.833 ดังนั้น ควรจะมีอุปกรณ์สำรอง 3 ชิ้นเพื่อใช้ทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อม

แต่ถ้า K_1 และ K_2 เปลี่ยนไปเป็น 0.2 และ 0.8 ตามลำดับ จะทำให้ค่าความความพอใจที่จะไม่มีสินค้าสำรองเลย มีค่ามากที่สุดคือ 0.800 ดังนั้น ไม่ควรจะมีอุปกรณ์สำรองเลยในการที่จะนำมาทดแทนอุปกรณ์ที่นำไปซ่อม

ดังนั้น ถ้าทำการเปลี่ยนค่าต่างๆ แล้ว ซึ่งในที่นี้ได้แสดงการเปลี่ยนค่า K_1 และ K_2 จะเห็นว่ารูปแบบในการตัดสินใจจัดหาอุปกรณ์สำรองจะเปลี่ยนไปด้วยดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดการเปลี่ยนค่า K_1 , K_2 และการจัดหาอุปกรณ์สำรอง

กรณี	ค่าพารามิเตอร์	การจัดหาอุปกรณ์สำรอง
1	$K_1 = 0.6$, $K_2 = 0.4$	ควรมีอุปกรณ์สำรอง 3 ชิ้น
2	$K_1 = 0.8$, $K_2 = 0.2$	ควรมีอุปกรณ์สำรอง 3 ชิ้น
3	$K_1 = 0.2$, $K_2 = 0.8$	ไม่ควรจะมีอุปกรณ์สำรอง

5. สรุป

เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการทำงานของระบบอุตสาหกรรม เมื่อทำงานไปได้ระยะเวลาหนึ่งย่อมเกิดการขัดข้องหรือเสียหาย ส่งผลให้การทำงานต้องหยุดชะงักลง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะนำอุปกรณ์ที่ขัดข้องนั้น ไปซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน พร้อมกับทำการจัดหาอุปกรณ์สำรอง เพื่อให้ระบบการทำงานดำเนินต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา 2 ปัญหาดังกล่าวข้างต้นคือ การเลือกสัญญาซ่อม (Repair Contract Selection) และการจัดหาอุปกรณ์สำรอง (Spares Provisioning) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบอุตสาหกรรม นั่นคือในการที่จะนำอุปกรณ์ที่ขัดข้องไปซ่อมแซมอาจมีทางเลือกหลายทางให้เลือก ดังนั้น ควรมีการตัดสินใจเลือกสัญญาซ่อมที่เหมาะสม โดยที่การเลือกสัญญาซ่อมจะพิจารณาจากเวลาและราคา ส่วนการจัดหาอุปกรณ์สำรองจะพิจารณาจากความเสี่ยงที่จะมีอุปกรณ์สำรองไม่เพียงพอและราคาของอุปกรณ์สำรองทั้งหมด โดยการตัดสินใจเลือกทางเลือกนั้นจะพิจารณาจากฟังก์ชันความพอใจที่ให้ค่าความพอใจสูงสุด เพื่อที่จะทำให้เกิดประโยชน์ต่อระบบอุตสาหกรรมในด้านการประหยัดเวลาและการทุนค่าใช้จ่าย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้เพื่อให้เห็นความสำคัญของวิชาสถิติในการประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเพื่อแก้ไขปัญหาทางด้านอุตสาหกรรม และถ้าสามารถนำเอาวิชาสถิติไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้แล้ว ย่อมจะทำให้เกิดประโยชน์ต่องานเหล่านั้นได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น การจัดการสำรองที่ใช้ในอุโมงค์มรดสำหรับลูกค้าที่เอารถมาซ่อม ว่าควรจะมีรถสำรองจำนวนเท่าไรสำหรับลูกค้าที่เอารถมาซ่อม

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัฒนาวดี ศรีวัฒนพงศ์, ทฤษฎีการตัดสินใจ, ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.
- [2] อำนวย มณีนีรวิมลกุล, ทฤษฎีการตัดสินใจทางสถิติขั้นต้น, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2539.

- [3] A.T. de Almeida and G.A. Bohoris, "Decision theory in maintenance decision making," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1(1), pp. 39-45, 1995.
- [4] A.T. de Almeida, R.A.C. Fernandes and M.S. Araujo, "Modeling a repair contract problem through additive utility function," *Proceedings, IX CLAIO-Latin-Iberoamerican Congress on Operations Research*, Buenos Aires, Argentina, 31 August-4 September, pp.80/1-80/6, 1998.
- [5] A.S. Goldman and T.B. Slattery, *Maintainability: A Major Element of System Effectiveness*. Robert E. Krieger Publishing Company, New York, 1977.
- [6] R.T. Keeney and H. Raiffa, *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*, Wiley, New York, 1976.
- [7] A.J. Beck, "The scaling of repairable spares," *Maintenance Management International*, Vol. 6(1), pp. 239-247, 1987.