

การประเมินการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานระบบวิศวกรรม ในอาคาร: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

The Assessment of Preventative Maintenance Management of Engineering Systems in Buildings: A Case Study of Prince of Songkla University

ดร. เทอดธิดา ทิพย์รัตน์

Dr. Thoedtida Thipparat

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

E-mail: thoedtida.t@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นกรรณการรายงานขั้นต้นถึงกลไกที่สนับสนุนเทคโนโลยีงานระบบในอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันในงานระบบวิศวกรรมสำหรับสถานศึกษา ระดับมหาวิทยาลัยส่วนภูมิภาค โดยพิจารณาถึงการเลือกเครื่องจักรที่มีความสำคัญของงานระบบวิศวกรรม การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการซ่อมบำรุงโดยวิธีวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ ประเภทของการซ่อมบำรุงงาน ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงงานระบบวิศวกรรม รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของการซ่อมบำรุงงานระบบวิศวกรรม เนื่องจากการทำงานร่วมกันที่ซับซ้อนของบุคลากรหลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานระบบไฟฟ้า ระบบเครื่องกล และระบบสาธารณูปโภค กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบด้านต่าง ๆ และกลุ่มผู้รับเหมาต่าง ๆ การทำงานร่วมกันเหล่านี้ไม่ได้หมายความว่ากลุ่มบุคลากรจะสามารถร่วมกันสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันในงานระบบวิศวกรรมในอาคารเสมอไป เนื่องจากมีสาเหตุประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เงื่อนไขทางเศรษฐกิจ ความเห็นส่วนบุคคล และความยากง่ายในการซ่อมบำรุง เป็นต้น โดยทำการศึกษาดังกล่าวโดยใช้แบบประเมินการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานระบบวิศวกรรมในอาคารจำนวน 5 วิทยาเขตของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จากการศึกษาพบว่า เครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญสูงสุดคือ หม้อแปลงไฟฟ้า รองลงมาคือ ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก และระบบลิฟต์โดยสารตามลำดับ โดยที่ระบบสถานีจ่ายแก๊สมีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความสำคัญของเครื่องจักรในแต่ละระบบพบว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรสูงสุดคือระบบไฟฟ้า รองลงมาคือระบบเครือข่ายสื่อสาร และระบบปรับอากาศ ตามลำดับ โดยระบบเครื่องกลมีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรต่ำที่สุด ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการซ่อมบำรุงโดยวิธีวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ พบว่าระบบไฟฟ้า มีค่าลำดับความเสี่ยงสูงสุด รองลงมาได้แก่ระบบเครื่องกล และระบบป้องกันอัคคีภัย ตามลำดับ ในขณะที่ระบบสุขาภิบาลมีค่าลำดับความเสี่ยงต่ำที่สุด หากพิจารณาด้านประเภทของการซ่อมบำรุงเครื่องจักรพบว่า ทุกวิทยาเขตเลือกที่จะใช้การซ่อมบำรุงก่อนเครื่องจักรเสียหาย (การซ่อมบำรุงเชิงรุก) มากกว่าการซ่อมบำรุงหลังเครื่องจักรเสียหาย (การซ่อมบำรุงเชิงรับ) ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงพบว่า ระบบที่มีค่าบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่ำที่สุด ได้แก่ ระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบสุขาภิบาล หากพิจารณาค่าใช้จ่ายในส่วนของการซ่อมแซมแก้ไขชำรุด พบว่าระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบเครือข่ายสื่อสาร มีค่าซ่อมแซมแก้ไขชำรุดต่ำที่สุด โดยที่ระบบไฟฟ้ามีค่าบำรุงรักษาเชิงป้องกันและค่าซ่อมแซมแก้ไขชำรุดสูงสุด ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการซ่อมบำรุงงานระบบคือปัญหาด้านงบประมาณ ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในระบบหรือเครื่องจักรเอง และปัญหาของการบริหารและการวางแผนซ่อมบำรุง ตามลำดับ โดยที่ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญน้อยที่สุดคือ ปัญหาด้านระบบเอกสาร

Abstract

This paper reports the initial findings of an ongoing study that aims to identify the mechanisms for preventative maintenance innovation in the building industry. This goal of this study was to obtain information related to preventative maintenance for engineering systems in educational buildings, focusing on universities outside of Bangkok. The study examined the critical machinery, maintenance risk analysis and the associated costs, problems and the various types of maintenance involved. The results revealed that the highest priority machine was the transformer; secondary systems were main distribution board (MDB), and a passenger elevator, respectively. The gas station was the lowest critical machine. In addition, it was found that the most important system was the electrical system, followed by the communications network and air conditioning system. Of all the machinery systems that exhibited a significant role in the engineering system, the mechanical system was the lowest in importance. Risk analysis in maintenance showed that the electrical system had the highest risk priority number (RPN), followed by the fire protection system and the mechanical system, respectively. The sanitation system had the lowest RPN. For the types of maintenance, it was found that the case studies applied machine maintenance before damage (proactive maintenance) over machine maintenance after damage (reactive maintenance). As for the maintenance costs, it was also found that the fire protection and sanitation systems presented the lowest prevention costs. The fire protection system and communications network were the systems with the lowest repair costs in the event of failure. Moreover, the electrical system had the highest maintenance costs, both in terms of prevention and failure costs. The major problems and obstacles in the maintenance management of the engineering systems were the budget, defects (an error occurring within the system or machine itself), and management and planning, respectively. The documentary system was observed to be the least significant factor in maintenance problems.

คำสำคัญ (Keywords)

การบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

ระบบวิศวกรรมในอาคาร (Engineering System in Building)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (Prince of Songkla University)

1. บทนำ

สถานศึกษามีภารกิจหลักในการจัดการเรียน การสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ การดำเนิน ภารกิจดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอาคารที่มี ความพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา การที่เครื่องจักรอุปกรณ์ อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีตลอดเวลา (reliability) ระบบ การบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมและดำรง ไว้ ซึ่งสภาพดังกล่าวของเครื่องจักร ในการศึกษาครั้งนี้ จึงให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการซ่อมบำรุงระบบ วิศวกรรมประกอบอาคารสำหรับสถานศึกษาโดยเน้น ในส่วนของการจัดแผนบริหารจัดการส่วนซ่อมบำรุง ระบบวิศวกรรมประกอบอาคาร ขั้นตอนการดำเนินการ ปัญหาสาเหตุและผลกระทบของการซ่อมบำรุง และ สุดท้ายคือ ค่าใช้จ่ายคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการซ่อม บำรุง

1.1 ความสำคัญและปัญหา

อาคารจำเป็นต้องมีระบบวิศวกรรมที่มีความ พอเหมาะตรงจุดที่จำเป็นงานที่ไม่จำเป็นไม่ต้องทำ พอดีถึงจะเรียกได้ว่าอาคารมีระบบงานบำรุงรักษาที่ดี ของระบบงานบำรุงที่ไม่มากไปจนสิ้นเปลืองทรัพยากร เกินความจำเป็นหรือไม่น้อยไปจนไม่สามารถตอบสนอง ความต้องการที่จำเป็นจริง ๆ ของผู้ใช้สอยอาคาร ได้ Shenoy and Bhadury (1998) ได้ให้นิยาม การ บำรุงรักษาเครื่องจักรไว้ว่า การบำรุงรักษา เป็นการ สงวน หรือรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการ ผลิตให้เป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ซึ่ง การบำรุงรักษานี้สามารถ ครอบคลุมไปถึงกิจกรรม หรือ งานที่มีความสัมพันธ์กับการสงวนรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือเป็นการซ่อมเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ อยู่ในสภาพปกติ โดยกิจกรรมการซ่อมบำรุงรักษา จำเป็นต้องมีการใช้อะไหล่สำรอง (spare parts) กำลัง คน (manpower) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ (tools) และสิ่ง อำนวยความสะดวก (facility) ซึ่งความพร้อม และการ ใช้งานของทรัพยากรเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ ยังมีการกำหนดงานรวมไปถึง การทำความสะอาด การ หล่อลื่น การเฝ้าติดตาม การวางแผน และการจัดลำดับ งาน โดยทั่วไปการบำรุงรักษาพิจารณาภายใต้เงื่อนไข ตามที่กฎหมายระบุไว้ ได้แก่ ระบบป้องกันเพลิงไหม้ที่ ดีจะเป็นการลดความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัยให้กับ

อาคารข้างเคียงด้วย ระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานมีประ- สทธิภาพได้อย่างสม่ำเสมอ นอกเหนือจากเงื่อนไขทาง กฎหมายแล้วการมีระบบงานบำรุงรักษาที่นำมาซึ่ง ประโยชน์ 2 ด้านหลักคือ ด้านที่ให้ประโยชน์ต่อผู้ใช้ สอยอาคารและด้านที่ให้ประโยชน์กับสังคม ชุมชนที่ อาคารนั้นตั้งอยู่ ผลที่ได้จากการปรับสมดุลระหว่างความ ต้องการของผู้ใช้สอยอาคาร และความต้องการทาง กฎหมายกับปัจจัยสนับสนุนต่าง ๆ จะเป็นตัวกำหนด มาตรฐานงานบำรุงรักษาที่ยอมรับได้

ในการค้นหาเหตุที่แท้จริงของปัญหาข้อบกพร่อง ในงานระบบได้มีการกำหนดสาเหตุพื้นฐานของปัญหา โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเด็น (ธานี อ่วมอ้อ, 2547) ดังนี้

1. สาเหตุของปัญหาสภาพใช้งานไม่เหมาะสม ประกอบด้วยสาเหตุดังนี้ การออกแบบที่ไม่รอบคอบ ไม่ได้คำนึงถึงสภาพการใช้งานจริง การติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง ไม่ปลอดภัย การใช้สอยอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปต่างจาก ที่คาดไว้ขณะออกแบบ เป็นต้น

2. สาเหตุของปัญหาในงานเดินระบบและ บำรุงรักษาประกอบด้วยสาเหตุดังนี้ ขาดการควบคุม เอาใจใส่จากฝ่ายบริหาร ขาดการฝึกอบรมที่ถูกต้อง ขาดความรู้พื้นฐานที่ใช้เรียนรู้งานทำให้ไม่เข้าใจวิธีการ ที่กำหนดให้ สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และขาด เครื่องมืออุปกรณ์ในงานบำรุงรักษาทำให้ไม่สามารถ ปฏิบัติงานได้

3. สาเหตุของปัญหาจากข้อจำกัดของงบประมาณและ/หรือกำลังคนประกอบด้วยสาเหตุดังนี้ ผู้ใช้สอยอาคารไม่เห็นความสำคัญ และ/หรือผู้ออกแบบ พิจารณาแล้วเห็นว่ามีความสำคัญต่ำ จึงเลือกระบบ เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ราคาถูก ประสิทธิภาพและความ ทนทานต่ำ

จากปัจจัยสาเหตุของปัญหาข้างต้นทำให้ ทราบว่างานบำรุงรักษามีความเกี่ยวข้องกับบุคคลหลาย กลุ่ม อีกทั้งมีความเกี่ยวข้องกับอาคารในทุกช่วงของ อาคารตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ การออกแบบ การก่อสร้าง การประกอบติดตั้ง และการใช้งาน (Gryna, 1988)

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์การศึกษาประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1.2.1 การกำหนดความสำคัญของเครื่องจักรและลักษณะความเสียหาย

ในการกำหนดประเภทของการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมจำเป็นต้องศึกษาจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักร ในการศึกษาค้นคว้านี้ยังได้นำหลักการบริหารความเสี่ยงเข้ามาใช้เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบที่มีต่อเครื่องจักรเพื่อหาแนวทางในการจัดการแก้ไขปัญหาที่สาเหตุอีกด้วย

1.2.2 การกำหนดประเภทของการซ่อมบำรุง

ข้อมูลที่ได้จากการจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรและผลการประเมินความเสี่ยงสำหรับดำเนินการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบที่มีต่อเครื่องจักรจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดประเภทของการซ่อมบำรุงเพื่อหาแนวทางในการจัดการแก้ไขปัญหาตรงสาเหตุที่เหมาะสมที่สุด

1.2.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการป้องกันและต้นทุนความเสียหาย

นอกจากการนำการบริหารความเสี่ยงมาใช้เป็นแนวการเลือกประเภทของการซ่อมบำรุงแล้ว การพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของการลงทุนกับมาตรการการป้องกันได้ถูกนำมาคิดร่วมในการเลือกประเภทการซ่อมบำรุงด้วย

1.2.4 การเปรียบเทียบการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันระหว่างสถาบันการศึกษาส่วนกลางและส่วนภูมิภาค

แม้ว่าการกิจของสถาบันการศึกษาจะมีความคล้ายคลึงกันในทุกสถาบัน โดยสถาบันการศึกษาที่เน้นวิจัยเป็นสำคัญ ปัจจัยภายนอก เช่น ที่ตั้งสถานีสภาพแวดล้อม และวัฒนธรรม ต่างมีผลกระทบต่อการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานระบบวิศวกรรม ดังนั้น จึงมีการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความสำคัญของเครื่องจักร ลักษณะความเสียหาย ประเภทของการซ่อมบำรุง เพื่อนำผลการเปรียบเทียบมากำหนดช่องว่างการพัฒนาต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบบริหารจัดการซ่อมบำรุง

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าได้มีการให้นิยามการบำรุงรักษาไว้อย่างหลากหลาย สำหรับการศึกษาค้นคว้านี้กำหนดให้ การบำรุงรักษา (maintenance) หมายถึง การพยายามรักษาสภาพและการป้องกันการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร เครื่องมือพร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยให้ความเสียหายจากเสื่อมสมรรถนะเกิดขึ้นน้อยที่สุด ให้มีสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย (กิตติ ภัคดิวิวัฒน์กุล และพนิดา พานิชกุล, 2546)

2.1.1 การจัดการการซ่อมบำรุงระบบ

การบริหารงานด้านการซ่อมบำรุงระบบจะมีการจัดการอยู่ทั้งหมด 3 ด้าน ด้วยกันดังนี้ บุคลากรในทีมงานบำรุงรักษาระบบ (maintenance personnel management) การประเมินประสิทธิภาพในการบำรุงรักษาระบบ (maintenance effectiveness measurement) และการควบคุมการร้องขอให้ปรับปรุงระบบของผู้ใช้ (maintenance requests control)

2.1.2 ปัจจัยที่มีผลกับการซ่อมบำรุง

เนื่องจากปัจจัยที่มีผลกับการซ่อมบำรุงมีหลายประการที่เกี่ยวข้องกับระบบงาน การศึกษาค้นคว้านี้พิจารณาปัจจัย ได้แก่ จำนวนข้อผิดพลาดที่แฝงอยู่ในระบบ (defects) จำนวนลูกค้า (customers), คุณภาพของเอกสาร (documentation) คุณภาพของทีมงานซ่อมบำรุงระบบ (personnel) และเครื่องมือที่ใช้สนับสนุนการซ่อมบำรุงระบบ (tools)

2.1.3 เป้าประสงค์ของการซ่อมบำรุง

การเพิ่มประสิทธิภาพในมิติของการลดเวลาทำงานและการลดต้นทุนเป็นเป้าหมายหลักของการซ่อมบำรุง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพนำไปสู่การประหยัดพลังงานอีกด้วย

2.2 การวางแผนซ่อมบำรุงงานระบบวิศวกรรม

เจ้าหน้าที่หน่วยบำรุงรักษามีหน้าที่โดยตรงในการวางแผนซ่อมบำรุงงานระบบวิศวกรรม เป็นการ

จัดการบำรุงรักษาโดยเพิ่มความละเอียดของแผนงาน ซึ่งนอกจากกำหนดจุดที่ต้องการทำการบำรุงรักษาแล้ว ยังคงต้องระบุวิธีการบำรุงรักษา และตัวบุคคลที่จะต้องทำการบำรุงรักษาด้วย (อลงกฎ ชุตินันท์, 2527 และ คณิต เสรีตระกูล, 2534)

2.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในการศึกษาครั้งนี้นำหลักการบริหารความเสี่ยงมาใช้ในการระบุและประเมินสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบบริหารจัดการซ่อมบำรุง โดยการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงพิจารณาตัวแปร (ศิริวรรณ จันทวิฑิตพงษ์, 2535, อรรวรรณ ชีรกวินสกุล, 2539 และ เทอดธรรม ทิพย์รัตน์, 2552) ดังนี้

- ระดับความรุนแรง (severity) หมายถึง อัตราที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงของผลจากแนวโน้มของลักษณะของข้อบกพร่องของกระบวนการที่มีต่อลูกค้า
- โอกาสเกิดเหตุ (occurrence) หมายถึง อัตราที่แสดงถึงจำนวนความถี่และ/หรือ จำนวนข้อบกพร่องสะสมที่ได้คาดหมายไว้สำหรับสาเหตุหนึ่ง ๆ ภายใต้ระบบควบคุมที่มีอยู่
- การตรวจพบ (detection) หมายถึง การประเมินถึงโอกาสที่มีการใช้การควบคุมกระบวนการแล้วจะตรวจพบแนวโน้มของสาเหตุและกลไกของข้อบกพร่อง

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาและเกณฑ์การประเมิน

การดำเนินการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานระบบวิศวกรรมสำหรับสถานศึกษา โดยเน้นในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งมีการพิจารณาถึงระดับความสำคัญของงานระบบวิศวกรรม และการวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานระบบวิศวกรรม ผู้ศึกษาได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล การศึกษานี้ได้กำหนดแนวทางในการวิเคราะห์ระดับความสำคัญของงานระบบวิศวกรรม โดยการให้คะแนนหรือกำหนดค่าระดับความสำคัญ ในการศึกษานี้ใช้เกณฑ์การให้ระดับคะแนน 0-3 คะแนนมาใช้ในการกำหนดค่าระดับความสำคัญ

การศึกษานี้กำหนดแนวทางในการเลือกมาตรการป้องกันความเสี่ยงโดยพิจารณาจากโอกาสการเกิดสาเหตุ ความรุนแรงของผลกระทบและความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่อง การให้คะแนนหรือกำหนดค่าระดับความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสเกิดเหตุ และความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่อง ในกระบวนการที่นิยมใช้กันมี 2 เกณฑ์ คือ ระดับคะแนน 1-5 คะแนน และระดับคะแนน 1-10 คะแนน ในการศึกษานี้ใช้เกณฑ์การให้ระดับคะแนน 1-5 คะแนน โดยที่กระบวนการใด ขั้นตอนใด ระบบใดที่มีความรุนแรงของผลกระทบน้อย โอกาสเกิดข้อบกพร่องต่ำ และมีความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องได้สูง คะแนนก็จะอยู่ในระดับต่ำ แต่ในทางกลับกัน ความรุนแรงของผลกระทบมีมากโอกาสเกิดข้อบกพร่องสูง และมีความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องได้น้อย คะแนนก็จะอยู่ในระดับสูง

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือช่วยในการทำวิจัย โดยออกแบบให้แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ด้านสภาพบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ มีข้อความจำนวน 7 ข้อ

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าความสำคัญของเครื่องจักร ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า มีข้อความจำนวน 18 ข้อ

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าลำดับความเสี่ยงของเครื่องจักร ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า มีข้อความจำนวน 18 ข้อ

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับประเภทของการซ่อมบำรุง ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า มีข้อความจำนวน 18 ข้อ

ส่วนที่ 5 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของการซ่อมบำรุง ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า มีข้อความจำนวน 6 ข้อ

ส่วนที่ 6 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคของการซ่อมบำรุง ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบการจัดลำดับ มีข้อความจำนวน 7 ข้อ รวมถึงแบบ

สอบถามเกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบปลายเปิด

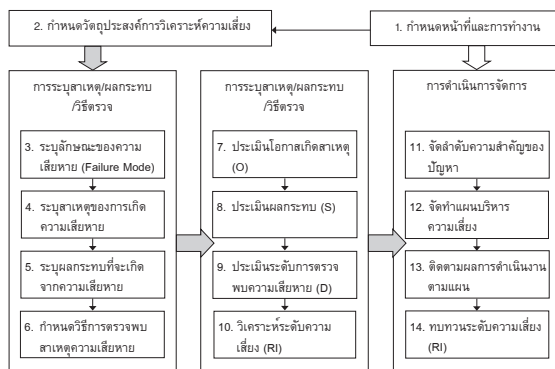
หลังจากได้ข้อมูลแล้วก็จะทำการประเมินตัวเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Index: RI) โดยที่ RI คือผลคูณของระดับความรุนแรงของผลกระทบและโอกาสหรือความถี่ของสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและระดับความสามารถในการตรวจจับ

$$RI = S \times O \times D \quad (1)$$

โดย S คือ ระดับผลกระทบ

O คือ ระดับโอกาสเกิดสาเหตุ

D คือ ระดับการตรวจพบความเสียหาย



รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดการซ่อมบำรุงระบบ

3.2 ประเภทของงานระบบวิศวกรรม

ประเภทของเครื่องจักรงานระบบวิศวกรรมในงานวิจัยนี้ ได้จัดแบ่งเครื่องจักรออกเป็น 6 ระบบ คือ ระบบไฟฟ้า (หม้อแปลงไฟฟ้า ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า) ระบบเครื่องกล (ระบบสถานีจ่ายแก๊ส ระบบลิฟต์โดยสาร และระบบบี้มและมอเตอร์) ระบบปรับอากาศ (เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน Pump (ระบบบีมน้ำเย็น ระบบบี้มของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์) ระบบสุขาภิบาล (ระบบบำบัดน้ำเสีย บีบสูบน้ำทิ้ง และระบบบีมน้ำส่งและระบบบีบเสริม) ระบบป้องกันอัคคีภัย (ระบบบีบสูบน้ำดับเพลิง ตู้แจ้งเหตุสัญญาณเพลิงไหม้ และระบบตรวจจับไฟไหม้) และระบบเครือข่ายสื่อสาร (ระบบเครือข่าย ระบบโทรศัพท์ และระบบความปลอดภัยเครือข่ายสื่อสาร)

4. ผลการศึกษา

สำหรับการประเมินภายในได้ทำการศึกษาอาคารของ 5 วิทยาเขตของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จากการศึกษพบว่า เครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญสูงสุดคือ หม้อแปลงไฟฟ้า รองลงมาคือ ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก และระบบลิฟต์โดยสาร ตามลำดับ โดยที่ระบบสถานีจ่ายแก๊สมีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรต่ำที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาค่าความสำคัญของเครื่องจักรในแต่ละระบบพบว่าระบบที่มีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรสูงสุดคือระบบไฟฟ้า รองลงมาคือระบบเครือข่ายสื่อสาร และระบบปรับอากาศ ตามลำดับ โดยระบบเครื่องกลมีค่าเฉลี่ยความสำคัญของเครื่องจักรต่ำที่สุด

ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการซ่อมบำรุงโดยวิธีวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบพบว่าระบบไฟฟ้า มีค่าลำดับความเสี่ยงสูงสุด รองลงมาได้แก่ระบบเครื่องกล และระบบป้องกันอัคคีภัยตามลำดับ ในขณะที่ระบบสุขาภิบาล มีค่าลำดับความเสี่ยงต่ำที่สุด หากพิจารณาด้านประเภทของการซ่อมบำรุงเครื่องจักรพบว่า ทุกวิทยาเขตเลือกที่จะใช้การซ่อมบำรุงก่อนเครื่องจักรเสียหาย (การซ่อมบำรุงเชิงรุก) มากกว่าการซ่อมบำรุงหลังเครื่องจักรเสียหาย (การซ่อมบำรุงเชิงรับ) ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงพบว่า ระบบที่มีค่าบำรุงรักษาเชิงป้องกันต่ำที่สุด ได้แก่ ระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบสุขาภิบาล หากพิจารณาค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าซ่อมแซมแก้ไขชำรุดพบว่าระบบป้องกันอัคคีภัย และระบบเครือข่ายสื่อสาร มีค่าซ่อมแซมแก้ไขชำรุดต่ำที่สุด โดยที่ระบบไฟฟ้ามีค่าบำรุงรักษาเชิงป้องกันและค่าซ่อมแซมแก้ไขชำรุดสูงที่สุด ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการซ่อมบำรุงงานระบบคือปัญหาด้านงบประมาณ ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในระบบหรือเครื่องจักรเอง และปัญหาของการบริหารและการวางแผนซ่อมบำรุงตามลำดับ โดยที่ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญน้อยที่สุดคือ ปัญหาด้านระบบเอกสาร ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างการจัดลำดับความสำคัญของระบบวิศวกรรมอาคาร ตารางที่ 2 แสดงค่าลำดับความเสี่ยงของเครื่องจักรแต่ละรายการจาก 5 วิทยาเขตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตารางที่ 3 แสดงค่าลำดับความเสี่ยงของเครื่องจักรแต่ละรายการจาก 5 วิทยาเขตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เทียบกับมหาวิทยาลัยอื่น

5. สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานระบบวิศวกรรมเป็นระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานเป็นระบบรองรับการให้บริการภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งงานระบบวิศวกรรมจะประกอบด้วยเครื่องจักรหลากหลายประเภทที่จะต้องได้รับการดูแลรักษาซ่อมบำรุงที่แตกต่างกัน ดังนั้นบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบวิศวกรรมจะต้องให้ความสำคัญบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและติดตามผลการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเครื่องมือที่จะช่วยให้การซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพ คือการวางแผนการบริหารจัดการซ่อมบำรุง รวมถึงการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำผลวิเคราะห์จากข้อมูลมาปรับปรุงระบบซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดกับเครื่องจักร รวมไปถึงศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อช่วยให้เครื่องจักรและระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นซึ่งจะรองรับการให้บริการของบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างต่อเนื่องทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าในกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบวิศวกรรมวิเคราะห์จากข้อมูลจริง ดังนั้นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงจึงมีความสำคัญที่จะแสดงที่มาของการวิเคราะห์จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุและปัญหาที่มีผลกับเครื่องจักรในระบบต่าง ๆ รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยเน้นในส่วนหนึ่งของระบบฐานข้อมูล อย่างไรก็ตามพบว่า ทั้ง 5 วิทยาเขตยังไม่มีระบบฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงระบบวิศวกรรม ทำให้ไม่สามารถกำหนดแผนการซ่อมบำรุงเชิงรุกที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้ทางมหาวิทยาลัยควรวางแผนแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของการซ่อมบำรุงทั้งในด้านค่าใช้จ่าย ระยะเวลา และด้านคุณภาพของการซ่อมบำรุง รวมถึงการประเมินผลการซ่อมบำรุง เพื่อกำหนดเป็นแนวทางให้แก่สาขาเขตนำไปใช้ในการประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้านบริหารจัดการซ่อมบำรุงการกำหนดและจัดเตรียมงบประมาณที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรแต่ละประเภท

ตารางที่ 1 การจัดลำดับความสำคัญของระบบวิศวกรรมอาคาร

งานระบบวิศวกรรม	วิทยาเขตหาดใหญ่		วิทยาเขตปัตตานี		วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี		วิทยาเขตภูเก็ต		วิทยาเขตตรัง	
	คะแนน	ระดับ	คะแนน	ระดับ	คะแนน	ระดับ	คะแนน	ระดับ	คะแนน	ระดับ
หม้อแปลงไฟฟ้า	19	B	20	A	18	B	24	A	19	B
ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก	16	B	19	B	14	B	23	A	22	A
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	19	B	18	B	19	B	20	A	19	B
ระบบลิฟต์โดยสาร	19	B	18	B	18	B	18	B	18	B
ระบบบ่มและมอเตอร์	20	A	19	B	19	B	18	B	20	A
ระบบสถานีจ่ายแก๊ส	21	A	16	B	16	B	14	B	18	B
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	19	B	17	B	17	B	19	B	17	B
ระบบบ่ม (ระบบบ่มน้ำเย็น, ระบบบ่มของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์)	20	A	17	B	17	B	16	B	16	B
เครื่องปรับอากาศ	18	B	16	B	16	B	19	B	17	B
ระบบบ่มขนส่งและระบบบ่มเสริมบ่มสูบน้ำทิ้ง	17	B	18	B	18	B	19	B	17	B
ระบบบำบัดน้ำเสีย	16	B	17	B	17	B	17	B	16	B
ระบบบ่มสูบน้ำดับเพลิง	17	B	18	B	16	B	16	B	19	B
ตู้ควบคุม สัญญาณเตือนไฟไหม้	17	B	18	B	17	B	17	B	18	B
อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ	16	B	17	B	17	B	17	B	18	B
ระบบโทรศัพท์	17	B	20	A	16	B	16	B	16	B
ระบบเครือข่าย	17	B	21	A	13	B	18	B	17	B
ระบบความปลอดภัยเครือข่ายสื่อสาร	16	B	19	B	12	B	16	B	17	B

ตารางที่ 2 ค่าลำดับความเสียหายของเครื่องจักรแต่ละรายการจาก 5 วิทยาเขตใหม่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

งานระบบวิศวกรรม	วิทยาเขตหาดใหญ่			วิทยาเขตปัตตานี			วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี			วิทยาเขตภูเก็ต			วิทยาเขตตรัง							
	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D					
หม้อแปลงไฟฟ้า	3.90	2.90	2.74	30.99	3.47	2.80	3.05	29.63	3.55	2.68	2.80	26.64	3.68	2.40	2.86	25.26	3.80	2.52	2.98	28.54
ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก	3.43	2.97	2.59	26.38	2.80	2.51	2.68	18.84	3.68	2.68	2.30	22.68	3.22	2.40	2.86	22.10	3.34	2.52	2.98	25.08
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3.05	2.43	2.51	18.60	2.26	2.13	2.63	12.66	2.80	2.30	2.55	16.42	3.31	2.40	3.04	24.15	3.43	2.52	3.16	27.31
ระบบลิฟต์โดยสาร	3.97	2.82	2.67	29.89	2.97	2.63	2.68	20.93	3.43	2.93	2.80	28.14	3.40	2.50	2.86	24.31	3.52	2.62	2.98	27.48
ระบบบีเอ็มและมอเตอร์	2.97	2.97	2.74	24.17	2.68	2.63	2.47	17.41	2.80	2.55	2.68	19.14	2.95	2.68	2.68	21.19	3.07	2.80	2.80	24.07
ระบบสถานีจ่ายแก๊ส	3.13	2.36	3.05	22.53	2.26	1.97	2.38	10.60	3.43	2.30	2.93	23.11	3.31	2.50	2.86	23.67	3.43	2.62	2.98	26.78
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	2.82	2.51	2.82	19.96	2.51	2.38	2.63	15.71	3.05	2.55	2.68	20.84	3.31	2.59	2.68	22.98	3.43	2.71	2.80	26.03
ระบบบีเอ็ม (ระบบน้ำเย็น, ระบบบีเอ็มของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์)	3.20	2.97	2.74	26.04	2.47	2.34	2.76	15.95	2.68	2.43	2.55	16.61	3.22	2.68	2.50	21.57	3.34	2.80	2.62	24.50
เครื่องปรับอากาศ	3.13	2.97	2.51	23.33	2.72	2.88	2.51	19.66	2.93	2.80	2.55	20.92	2.68	2.68	2.40	17.24	2.80	2.80	2.52	19.76
ระบบบีเอ็มขนส่งและระบบบีเอ็มเสริมบีเอ็มสูบน้ำทิ้ง	3.20	3.05	2.51	24.50	2.43	2.47	2.59	15.55	2.80	2.93	2.43	19.94	2.86	2.50	2.59	18.52	2.98	2.62	2.71	21.16
ระบบบำบัดน้ำเสีย	2.74	2.59	2.51	17.81	2.38	2.51	2.68	16.01	3.05	2.93	2.43	21.72	2.95	2.59	2.68	20.48	3.07	2.71	2.80	23.30
ระบบบีเอ็มสูบน้ำดับเพลิง	2.20	2.20	2.20	10.65	2.43	2.63	2.93	18.73	2.93	2.80	2.43	19.94	3.13	2.59	2.86	23.19	3.25	2.71	2.98	26.25
ตู้ควบคุม สัญญาณเตือนไฟไหม้	3.16	2.46	2.54	19.74	2.75	2.33	2.58	16.53	3.08	2.33	2.33	16.72	3.95	2.50	2.86	28.24	4.07	2.62	2.98	31.78
อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ	3.00	2.46	2.54	18.75	2.71	2.41	2.58	16.85	3.21	2.33	2.71	20.27	3.77	2.77	2.77	28.93	3.89	2.89	2.89	32.49
อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ	2.70	2.54	2.85	19.55	2.71	2.58	2.91	20.35	2.83	2.33	2.46	16.22	3.59	2.59	2.77	25.76	3.71	2.71	2.89	29.06
ระบบโทรศัพท์	3.20	2.82	2.43	21.93	2.59	2.88	2.80	20.89	3.30	2.80	2.05	18.94	2.95	2.95	2.77	24.11	3.07	3.07	2.89	27.24
ระบบเครือข่าย	3.36	2.90	2.59	25.24	2.59	3.05	2.76	21.80	3.18	2.55	2.30	18.65	3.04	2.86	2.77	24.08	3.16	2.98	2.89	27.21
ระบบความปลอดภัยเครือข่าย สื่อสาร	2.74	2.43	2.67	17.78	2.59	2.88	2.80	20.89	2.80	2.43	2.30	15.65	3.31	2.77	2.86	26.22	3.43	2.89	2.98	29.54

ตารางที่ 3 ค่าลำดับความเสียหายของเครื่องจักรแต่ละรายการจาก 5 วิทยาเขตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เปรียบเทียบกับมหาวิทยาลัยอื่น

งานระบบวิศวกรรม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์			มหาวิทยาลัยของรัฐ ในกรุงเทพฯ*			มหาวิทยาลัยของรัฐ ในต่างจังหวัด*			มหาวิทยาลัยของเอกชน ในกรุงเทพฯ*			มหาวิทยาลัยของเอกชน ในต่างจังหวัด*						
	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D	S	O	D				
หม้อแปลงไฟฟ้า	3.68	2.66	2.89	3.85	2.85	2.69	3.42	2.75	3.00	29.45	32.46	3.50	2.63	2.75	30.50	3.73	2.45	2.91	27.73
ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก	3.29	2.62	2.68	3.38	2.92	2.54	2.75	2.46	2.63	23.00	29.08	3.63	2.63	2.25	26.75	3.27	2.45	2.91	24.91
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2.97	2.36	2.78	3.00	2.38	2.46	2.21	2.08	2.58	20.36	23.92	2.75	2.25	2.50	18.75	3.36	2.45	3.09	26.18
ระบบลิฟต์โดยสาร	3.46	2.70	2.80	3.92	2.77	2.62	2.92	2.58	2.63	20.82	28.38	3.38	2.88	2.75	28.50	3.45	2.55	2.91	26.00
ระบบบีเอ็มและมอเตอร์	2.89	2.73	2.67	2.92	2.92	2.69	2.63	2.58	2.42	14.64	25.38	2.75	2.50	2.63	18.50	3.00	2.73	2.73	18.45
ระบบสถานีจ่ายแก๊ส	3.11	2.35	2.84	3.08	2.31	3.00	2.21	1.92	2.33	14.45	26.92	3.38	2.25	2.88	28.38	3.36	2.55	2.91	30.45
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	3.02	2.55	2.72	2.77	2.46	2.77	2.46	2.33	2.58	16.91	22.77	3.00	2.50	2.63	22.63	3.36	2.64	2.73	24.64
ระบบบีเอ็ม(ระบบบีเอ็มน้ำเย็น, ระบบ บีเอ็มเครื่องปรับอากาศรวมศูนย์)	2.98	2.64	2.63	3.15	2.92	2.69	2.42	2.29	2.71	19.09	26.62	2.63	2.38	2.50	18.00	3.27	2.73	2.55	23.45
เครื่องปรับอากาศ	2.85	2.83	2.50	3.08	2.92	2.46	2.67	2.83	2.46	18.73	25.15	2.88	2.75	2.50	20.38	2.73	2.73	2.45	19.00
ระบบบีเอ็มขนส่งและระบบบีเอ็มเสริม	2.85	2.71	2.57	3.15	3.00	2.46	2.38	2.42	2.54	18.82	23.31	2.75	2.88	2.38	19.63	2.91	2.55	2.64	20.64
บีเอ็มสูบน้ำทั้ง	2.84	2.67	2.62	2.69	2.54	2.46	2.33	2.46	2.63	17.55	19.77	3.00	2.88	2.38	21.38	3.00	2.64	2.73	22.18
ระบบบำบัดน้ำเสีย	2.79	2.59	2.68	2.15	2.15	2.15	2.38	2.58	2.88	18.18	15.15	2.88	2.75	2.38	18.50	3.18	2.64	2.91	25.64
ระบบบีเอ็มสูบน้ำดับเพลิง	3.40	2.45	2.66	3.08	2.38	2.46	2.67	2.25	2.50	19.00	24.38	3.00	2.25	2.25	16.13	4.00	2.55	2.91	32.55
ตู้ควบคุม ล้อหมุนเตื่อนไฟใหม่	3.32	2.57	2.70	2.92	2.38	2.46	2.63	2.33	2.50	17.91	24.08	3.13	2.25	2.63	20.75	3.82	2.82	2.82	33.00
อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ	3.11	2.55	2.78	2.62	2.46	2.77	2.63	2.50	2.83	19.55	23.62	2.75	2.25	2.38	19.00	3.64	2.64	2.82	30.55
ระบบโทรศัพท์	3.02	2.90	2.59	3.15	2.77	2.38	2.54	2.83	2.75	19.55	21.38	3.25	2.75	2.00	20.75	3.00	3.00	2.82	29.45
ระบบเครือข่าย	3.07	2.87	2.66	3.31	2.85	2.54	2.54	3.00	2.71	23.91	25.69	3.13	2.50	2.25	20.25	3.09	2.91	2.82	29.00
ระบบความปลอดภัยเครือข่าย	2.97	2.68	2.72	2.69	2.38	2.62	2.54	2.83	2.75	18.64	20.08	2.75	2.38	2.25	14.75	3.36	2.82	2.91	31.64

* อ้างอิง เทอชธรรม ทิพย์รัตน์ (2552)

References

- กิตติ ภัคดีวัฒนกุล และพินิตา พานิชกุล (2546). *คัมภีร์การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- คณิต เสรีตระกูล. (2534). *การปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมท่อน้ำประป้อ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทอดธรรม ทิพย์รัตน์. (2552). *การศึกษาการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันงานระบบวิศวกรรมสำหรับสถานศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศิริวรรณ ฉันทวิทิตพงษ์. (2535). *การปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของโรงงานผลิตกระป๋องขนาดเล็ก*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรรธรณ ชีรกวินสกุล. (2539). *การออกแบบระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: บริษัท ดีดีเค (ประเทศไทย) จำกัด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อลงกฎ ชุตินันท์. (2527). *การวางแผนและการกำหนดการซ่อมบำรุง*. ใน *การบำรุงรักษาทวีผลสำหรับหัวหน้างาน* (น. 30-42). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Gryna, F. M. (1988). *Juran's quality control handbook* (4th ed.). Singapore: McGraw-Hill.
- Shenoy, D., & Bhadury, B. (1998). *Maintenance resource management adapting MRP*. London: Taylor & Francis.