วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี
Journal of Engineering, RMUTT

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2558 www.engineer.rmutt.ac.th/journal ISSN 1685-5280

การปรับปรุงคุณภาพงานบริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยการบูรณาการเครื่องมือวัดคุณภาพบริการ SERVQUAL และแบบจำลองของคาโน ไปยัง QFD

Service Quality Improvement of Calibration Laboratory by Integration of SERVQUAL and Kano's Model into QFD

อนุภาพ วิตรสุขุมาลย์[1] และณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดระดับความพึงพอใจในการให้บริการการสอบเทียบเครื่องมือวัดและวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการบริการของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อเสนอแก่ผู้บริหาร โดยใช้เครื่องมือทางคุณภาพ 2 ประเภทคือ เครื่องมือวัดระดับความพึงพอใจในการให้บริการ SERVQUAL และแบบจำลองของคาโน (Kano's Model) แล้วทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพตามแบบจำลองทั้ง 2 แบบควบคู่กันแล้วมาบูรณาการแบบจำลองเพื่อนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลป้อนเข้าไปยังส่วนเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการแปลงความต้องการของผู้มาใช้บริการไปสู่การออกแบบวางแผน การพัฒนาการให้บริการการสอบเทียบ จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในส่วนของผู้ที่มาใช้บริการจำนวน 54 ราย พบว่า ระดับความพึงพอใจในการให้บริการ SERVQUAL ผู้มาใช้บริการมีความพึงพอใจ ส่วนแบบจำลองของคาโน (Kano's Model) ประเด็นคุณภาพที่จัดอยู่ในประเภท Must-be ที่ต้องให้ความสำคัญซึ่งนำมาพิจารณาร่วมกับ QFD คือสภาพเครื่องมือหลังจากผ่านการสอบเทียบอยู่ในสภาพที่ดีเหมือนเดิมและใบรายงานผลการสอบเทียบมีความถูกต้องครบถ้วนและเที่ยงตรง จากนั้นทำการบูรณาการแบบจำลองแล้วนำค่าที่ได้เข้าสู่ QFD เฟสที่ 1 คือทำให้ทราบข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญ คือ ระดับความรู้และเข้าใจในงานสอบเทียบแต่ละสาขา รองลงมาคือ ระดับการให้บริการด้วยความกระตือรือร้น จากข้อกำหนดทางเทคนิคแปลงเข้าสู่ QFD เฟสที่ 2 คือการกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบที่สำคัญคือ ประสิทธิภาพในการฝึกอบรมบุคลากร รองลงมาคือ การส่งเสริมการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร

คำสำคัญ: เครื่องมือทางคุณภาพ, แบบจำลองของคาโน, การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, การบูรณาการแบบจำลอง

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

The objective of this research is to measure calibration service's satisfactions and to plan for improving the calibration laboratory service to present for organization administrator using quality management tools. SERVQUAL and Kano's Model. Quality levels are integrated and used as input to Quality Function Deployment (QFD). which is a structured approach to define customer needs and translate them into specific plans. Collection of 54 samples are showed that service users as satisfactions due to SERVQUAL. After calibration the instrument is in good condition as before and calibration report is accurate and complete. It's must-be quality attributes from Kano's Model. The value from integrated model are into QFD phase 1 to acknowledge that "knowledge of calibration fields" These are importance technical requirements and enthusiastic service and put into QFD Phase 2 is to acknowledge that training efficacy and development of knowledge and skills.

Keywords: Servqual, Kano's model, Quality Function Deployment, Integrated model

1. บทนำ

การสอบเทียบและการวัดเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม (Calibration) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่จำเป็นสำหรับการทำให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดที่ใช้งานยังสามารถทำงานได้อย่างแม่นยำตามที่ต้องการ อีกทั้งทำให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แล้วยังเป็นการสนับสนุนด้านการเติบโตของภาคการผลิตและบริการในด้านการตรวจสอบเครื่องมือวัดในการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานอีกด้วย ดังนั้นการดำเนินธุรกิจประเภทนี้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้มีประสิทธิภาพเพื่อการแข่งขัน [1]

ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความพึงพอใจของลูกค้าเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงและพัฒนาระบบบริหารและการบริการลูกค้า ซึ่งอยู่ในข้อกำหนดคุณภาพ ISO/IEC 17025:2005 ด้านการจัดการระบบคุณภาพ ข้อ 4.7.2 ห้องปฏิบัติการจะต้องเสาะหาข้อมูลป้อนกลับ ทั้งทางบวกและลบจากลูกค้าของห้องปฏิบัติการข้อมูลป้อนกลับจะต้องนำมาใช้ปรับปรุงระบบบริหารและการบริการลูกค้า โดยการนำ SERVQUAL เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความคาดหวังและการรับรู้จริงของคุณภาพการบริการและแบบจำลองของคาโน (Kano's model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการจัดประเภทของประเด็นคุณภาพของการบริการตามความสามารถของของประเด็นที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจและความไม่พึงพอใจและสามารถใช้วิเคราะห์หาประเด็นคุณภาพที่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงและพัฒนาได้ จากนั้นบูรณาการเครื่องมือวัดคุณภาพบริการทั้งสอง เข้าสู่การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ที่เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดโครงสร้างเพื่อทำการออกแบบ วางแผนการปรับปรุงและพัฒนาการบริการเพื่อเสนอแก่ผู้บริหารที่จะมุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือวัดระดับความพึงพอใจในการให้บริการ SERVQUAL

SERVQUAL คือโมเดลคุณภาพการบริการ

ที่วัดระหว่างความคาดหวังของลูกค้าและการรับรู้จริงของการบริการ ซึ่งมีองค์ประกอบสามารถแบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ ความเป็นรูปธรรมของบริการ (Tangibles) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) การตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ บริการ (Responsiveness) ความมั่นใจ (Assurance) และความเข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น (Empathy)

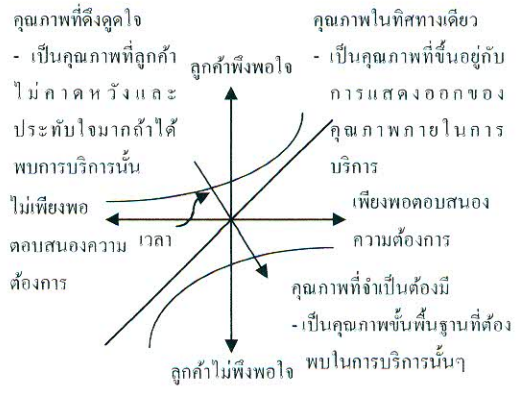
ในการประยุกต์ใช้ SERVQUAL มีการประยุกต์อย่างแพร่หลายเช่น ณัฏฐ์สุดา [2] ได้ทำการศึกษาความคาดหวังและการรับรู้ต่อคุณภาพการบริการของบริษัทพบว่า ระดับความคาดหวังและการรับรู้ต่อคุณภาพการบริการ ในภาพรวมไม่แตกต่างกันซึ่งระดับการรับรู้มีค่ามากกว่าความคาดหวัง ศรีสันต์ [3] ได้ทำการศึกษาความคาดหวังและการรับรู้และพฤติกรรมของลูกค้าที่ใช้บริการขนส่งสินค้า พบว่า ลูกค้ามีความคาดหวังสูงกว่าการรับรู้จริงด้านการให้บริการการรับรู้จริงของลูกค้าด้านการให้บริการมีความสัมพันธ์กับการใช้บริการในอนาคตของลูกค้าแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความถี่ในการใช้บริการ

2.2 แบบจำลองของคาโน (Kano's model)

แบบจำลองของคาโนเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการจัดประเภทของประเด็นคุณภาพและเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค โดยมีหลักการว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับความสามารถในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งต้องให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด โดยที่จะต้องมีความบกพร่องที่ทำให้ผู้บริโภคเกิดความไม่พึงพอใจน้อยที่สุด โมเดลของคาโน ดังแสดงในรูปที่ 1 ได้จำแนกความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. คุณภาพที่จำเป็นต้องมี (Threshold / Basic / Must-be Quality) 2. คุณภาพในทิศทางเดียว (One- Dimensional Quality: Performance / Linear) 3. คุณภาพที่ดึงดูดใจ (Attractive Quality)

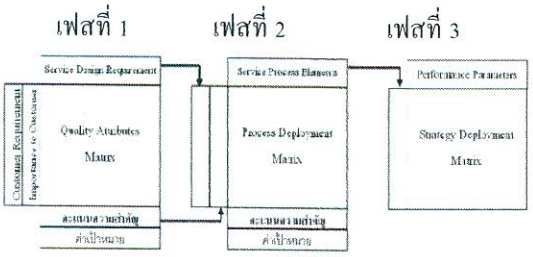
ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองของคาโน ซึ่งได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของลูกค้ากับคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รัชนี [4] ได้ทำการศึกษาการสำรวจค้นหาความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเกลือแร่เพื่อประเมินผลกระทบของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ต่อความพึงพอใจ พบว่า คุณลักษณะสำคัญที่สร้างความประทับใจและดึงดูดใจ คือความสะดวกในการหยิบจับ คุณลักษณะที่ต้องมีและมีผลต่อความพึงพอใจคือความสะดวกในการพกพา ลภาภรณ์ [5] นำเสนอเครื่องมือเพื่อช่วยทำความเข้าใจความต้องการของลูกค้าโดยประยุกต์ใช้แบบจำลองของคาโนเพื่อแยกประเภทของความพึงพอใจและหาค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจของความต้องการลูกค้าแต่ละหัวข้อเพื่อช่วยให้ผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์เข้าใจความต้องการของลูกค้าได้ละเอียดยิ่งขึ้น จากผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถแบ่งความต้องการของลูกค้าออกเป็นประเภทต่างๆ ตามแบบจำลองของคาโนได้และสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1 แบบจำลองของคาโน (Kano's model)

2.3 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)

QFD เป็นเครื่องมือหนึ่งที่เรียกว่าบ้านคุณภาพ (house of quality, HOQ) เป็นเทคนิคที่นำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้านเช่น ในธุรกิจการบริการโดย QFD ด้านการบริการแบ่งออกเป็น กระบวนการดำเนินการ 3 เฟส คือเฟสที่ 1 การออกแบบงานบริการ เฟสที่ 2 การวางแผนกระบวนการของงานบริการและเฟสที่ 3 การวางแผนการควบคุมกระบวนการ โดยในแต่ละเฟสจะมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 QFD ด้านการบริการแบบ 3 เฟส

โดยเฟสที่ 1 คือการออกแบบงานบริการ เฟสนี้เป็นขั้นตอนที่นำเอาความต้องการของผู้มาใช้บริการแปลงไปเป็นความต้องการด้านการออกแบบงานบริการ โดยทำการกำหนดคุณสมบัติหรือข้อกำหนดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้

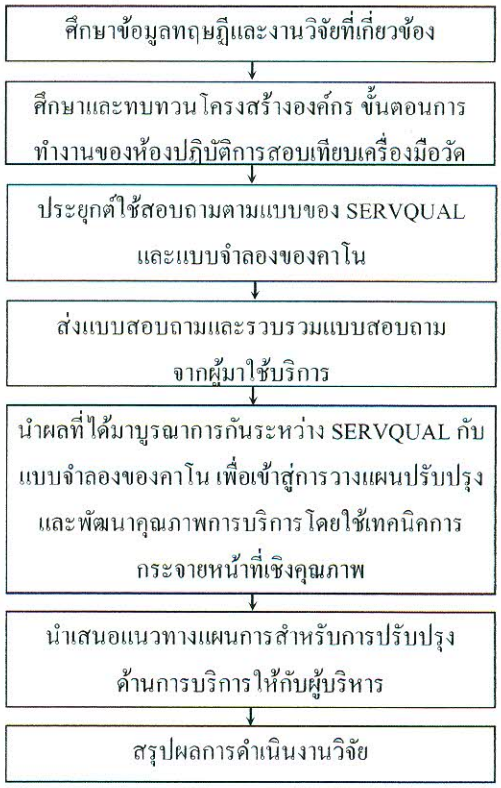
เฟสที่ 2 คือการวางแผนกระบวนการของงานบริการ เฟสนี้เป็นขั้นตอนที่นำเอาความต้องการทางด้านการออกแบบงานบริการที่ได้จากเฟสที่ 1 มาออกแบบกระบวนการเพื่อวางแผนปรับปรุงคุณภาพของงานบริการที่สนองความต้องการผู้มาใช้บริการ โดยการนำเอาความต้องการทางด้านการออกแบบงานบริการที่ได้เป็นข้อมูลที่นำเข้าสู่เฟสนี้

เฟสที่ 3 คือการวางแผนการควบคุมกระบวนการในเฟสนี้ไม่จำเป็นต้องสร้างเมตริกเหมือน 2 เฟสแรกแต่ต้องทำเป็นเอกสารหรือขั้นตอนในการดำเนินงานการบริการ

การประยุกต์ใช้ QFD ด้านการบริการเช่น คมกฤช [6] ประยุกต์ใช้ QFD ในวัดระดับคุณภาพงานบริการเพื่อที่จะนำไปพิจารณาแนวทางในการพัฒนาคุณภาพบริการหอพักนานาชาติโดยใช้ QFD ทำการวิเคราะห์แนวทางต่างๆในการปรับปรุงและพัฒนางานบริการเป็นทางเลือกเพื่อเสนอให้กับผู้บริหารเพื่อพิจารณาเลือกแนวทางที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมกับหอพักมากที่สุด พรรณวดี [7] ประยุกต์ใช้ QFD ในการวัดระดับคุณภาพงานบริการของห้องสมุดด้านการจัดการสารสนเทศและความสามารถในการค้นหาทรัพยากรสารสนเทศของผู้มาใช้บริการห้องสมุด พบว่าจากการใช้ QFD ในการออกแบบปรับปรุงคุณภาพการบริการพบว่าระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเพิ่มสูงขึ้น 27.74 % และ 31.56 %

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับห้องปฏิบัติสอบเทียบเครื่องมือวัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี แบ่งหัวข้อประเด็นคำถามออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการให้บริการสอบเทียบ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ และด้านผลการสอบเทียบ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบสอบถามตามเครื่องมือวัดระดับความพึงพอใจในการให้บริการ SERVQUAL และแบบจำลองของคาโน

3.1 การประยุกต์ใช้ประเด็นคำถามเกี่ยวกับความคาดหวังต่อคุณภาพการบริการและการรับรู้ต่อการรับบริการตามเครื่องมือวัดระดับความพึงพอใจในการให้บริการ SERVQUAL

การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์แบบสอบถาม SERVQUAL คำนวณจากสัดส่วนของระดับบริการทำให้ได้ ผลลัพธ์ 2 ค่า คือระดับความคาดหวัง (Average Expectation: E) และระดับการรับรู้จริง (Average Perception: P) ซึ่งผลลัพธ์ทั้ง 2 ค่านี้เป็นการพิจารณามุมมองที่ต่างกัน คือ P จะพิจารณาเปรียบเทียบระดับบริการที่ได้รับจริงกับ E จะพิจารณาเปรียบเทียบระดับบริการที่คาดหวังว่าจะได้รับจากนั้นนำคะแนน ที่ได้มาคำนวณเป็นคุณภาพบริการ (Service Satisfaction) ดังนี้

$$\text{คุณภาพบริการ} = P - E \qquad (1)$$

3.2 คำถามเพื่อจัดประเด็นคุณภาพออกเป็น 3 ด้านตามแบบจำลองของคาโน (Kano's model)

การจัดประเด็นและประเภทในแต่ละประเด็นคุณภาพ จะประกอบไปด้วยคำถาม 1 คู่ ซึ่งเป็นคำถามที่ตรงข้ามกัน คือคำถามแบบ Functional และ Dysfunctional สำหรับคำถามแบบ Functional จะเป็นคำถามที่ถามความรู้สึกของผู้มาใช้บริการเมื่อผู้ใช้บริการพบประเด็นคุณภาพนั้นๆ ส่วน Dysfunctional เป็นคำถามที่ถามความรู้สึกของผู้ใช้บริการเมื่อผู้มาใช้บริการไม่พบประเด็นคุณภาพนั้นๆ ซึ่งในแต่ละคำถามนั้นผู้ใช้สามารถเลือกตอบได้ 5 แบบ คือ

1) รู้สึกชอบ/พอใจ (Like) 2) เป็นสิ่งที่จำเป็น ต้องมี (Expect) 3) รู้สึกเฉยๆ (Neutral) 4) สามารถยอมรับได้ (Tolerate) 5) รู้สึกไม่ชอบ/ไม่พอใจ (Dislike)

การแปลงคำตอบจากแบบสอบถาม เช่น ประเด็นคุณลักษณะทางคุณภาพข้อที่ 1 คำถามแบบ Functional ลูกค้าเลือก รู้สึกชอบ/พอใจ (Like) และแบบ Dysfunctional ผู้มาใช้บริการเลือก รู้สึกไม่ชอบ/ไม่พอใจ (Dislike) นำคำตอบที่ได้มาพิจารณาตามตารางที่ 1 จะได้คุณลักษณะ O นำคำตอบที่ได้ใส่ลงในตารางที่ 2 วิเคราะห์ความถี่

ตารางที่ 1 วิเคราะห์คุณลักษณะ Kano's Chart

ความต้องการของลูกค้า		ไม่พบคุณลักษณะนั้น Dysfunctional				
		พอใจ (Like)	ต้องมี (Expect)	เฉยๆ (Neutral)	ยอมรับได้ (Tolerate)	ไม่พอใจ (Dislike)
พบคุณลักษณะนั้น Functional	พอใจ (Like)	Q	A	A	A	O
	ต้องมี (Expect)	R	I	I	I	M
	เฉยๆ (Neutral)	R	I	I	I	M
	ยอมรับได้ (Tolerate)	R	I	I	I	M
	ไม่พอใจ (Dislike)	R	R	R	R	Q

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความถี่

Attribute	A	O	M	I	Q	R	รวม	ประเภทความถี่สูงสุด
1		√						
2								
3								

ค่าความถี่ของผลลัพธ์ในส่วนของ M, O, A และ I นำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจของผู้บริโภค (Customer satisfaction coefficient) ตามสมการดังนี้ [7]

$$\text{Satisfaction (CS+)} = (A+O)/(A+O+M+I) \qquad (2)$$

$$\text{Dissatisfaction (CS-)} = (O+M)/((A+O+M+I)x(-1))$$

ซึ่งความหมายของตัวแปรในตารางที่ 2 มีดังนี้ A คือคุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าเบิกบาน O คือคุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าพอใจ M คือ คุณลักษณะ

ที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ I คือ คุณลักษณะเฉยเมย Q คุณลักษณะต้องสงสัย R คุณลักษณะตรงข้าม

การรวมค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจ (CS-Coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจตามแบบจำลองของคาโนนั้นจะให้ค่าระดับความพึงพอใจ 2 ประเภท คือ ระดับความพึงพอใจ (CS+) และระดับความไม่พึงพอใจ (CS-) โดยจะให้ค่าที่เป็นบวกและลบตามลำดับ ซึ่งในการบูรณาการแบบจำลองนั้นสมควรที่จะทำการรวมค่าระดับความพึงพอใจและไม่พึงพอใจก่อนนำผลลัพธ์ที่ได้เข้าสู่การบูรณาการแบบจำลองต่อไป โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Customer Satisfaction Index: CSI} = \frac{|CS-|}{CS+} \quad (3)$$

3.3 การบูรณาการแบบจำลองสำหรับการวัดคุณภาพงานบริการ

การบูรณาการแบบจำลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกประเด็นคุณภาพที่มีความสำคัญที่สุดเข้าสู่ QFD เพื่อทำการวางแผนปรับปรุงและพัฒนางานบริการการสอบเทียบให้มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสร้างความพึงพอใจของผู้มาใช้บริการ ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้รูปแบบการบูรณาการค่าสัมประสิทธิ์รวมซึ่งเกิดจากการบูรณาการค่าคุณภาพบริการ SERVQUAL และค่า CSI ซึ่งได้มาจากแบบจำลองของคาโนดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Quality Scale (QS)} = \text{SERVQUAL} \times \text{CSI} \quad (4)$$

เมื่อได้ผลระดับคะแนน Quality Scale แล้วจึงทำการคัดเลือกลำดับความสำคัญของประเด็นคุณภาพเข้าสู่ QFD ต่อไป

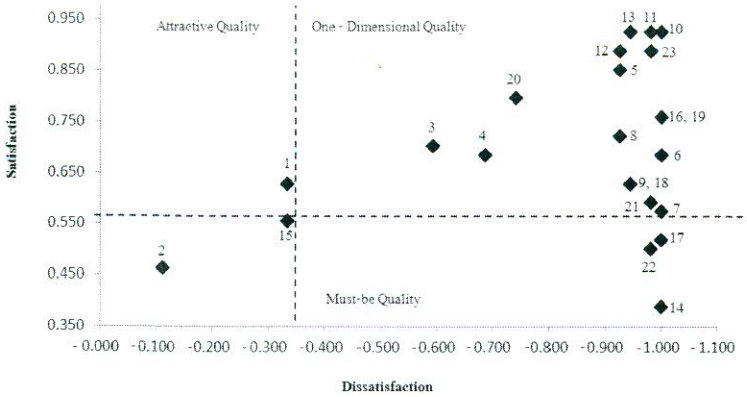
4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล SERVQUAL และแบบจำลองของคาโน

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างคือผู้ที่มาใช้บริการการสอบเทียบจำนวน 54 ราย ในการวิเคราะห์ SERVQUAL ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผู้มาใช้บริการมีความพึงพอใจ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบควรจะให้ความสำคัญกับประเด็นคุณภาพเหล่านี้เพื่อรักษาระดับความพึงพอใจนี้ไว้ ในการวิเคราะห์ตามแบบจำลองของคาโน จะพบว่าประเด็นคุณภาพข้อที่ 14 จัดอยู่ในประเภท Must-be ซึ่งห้องปฏิบัติการสอบเทียบจะต้องตอบสนองความต้องการของผู้มาใช้บริการในประเด็นนี้ ถ้าไม่อย่างนั้นแล้วจะเกิดความไม่พึงพอใจขึ้นมาได้ ส่วนประเด็นคุณภาพข้อที่ 3-13 และข้อที่ 16-23 จัดอยู่ในประเภท One-dimension ควรจะให้ความสนใจกับประเด็นคุณภาพเหล่านี้เพื่อที่จะทำให้ผู้มาใช้บริการเกิดความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น ในประเด็นคุณภาพข้อที่ 1 จัดอยู่ในประเภท Attractive แสดงว่า ผู้มาใช้บริการมีความประทับใจในประเด็นนี้ และประเด็นคุณภาพข้อที่ 2 และ 15 จัดอยู่ในประเภท Indifferent ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าห้องปฏิบัติการจะตอบสนองต่อประเด็นเหล่านี้หรือไม่ ก็ไม่ส่งผลต่อระดับความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล SERVQUAL แบบจำลองของคาโนและค่า Quality Scale

ประเด็นคุณภาพ	Average Expectation	Average Perception	Service Satisfaction	KANO Category	CSI	QS
1.ผู้รับบริการรับทราบรายการที่ให้บริการการสอบเทียบชัดเจน	3.59	4.28	0.69	A	0.53	0.37
2.มีช่องทางการประชาสัมพันธ์งานสอบเทียบหลายช่องทาง	3.09	3.93	0.83	I	0.24	0.20
3.สถานที่ติดต่อรับงานลูกค้ามีความสะอาดเป็นระเบียบ	3.52	4.39	0.87	O	0.84	0.74
4.มีขั้นตอนการให้บริการการสอบเทียบ	3.59	4.56	0.96	O	1.00	0.97
5.ขั้นตอนการให้บริการการสอบเทียบไม่ซับซ้อน	3.83	4.59	0.76	O	1.09	0.83
6.การรับและส่งมอบเครื่องมือวัดทำได้สะดวกรวดเร็ว เป็นไปตามระยะเวลาที่ตกลงกันไว้	3.94	4.72	0.78	O	1.46	1.14
7.มีผู้รับผิดชอบรายการสอบเทียบที่ชัดเจน	3.76	4.69	0.93	O	1.74	1.62
8.มีการแจ้งระยะเวลาการสอบเทียบ	3.87	4.76	0.89	O	1.28	1.14
9.มีการกำหนดเวลาการส่งใบรายงานผลการสอบเทียบ	4.00	4.78	0.78	O	1.50	1.17
10.ระยะเวลาการให้บริการการสอบเทียบรวดเร็ว	3.91	4.63	0.72	O	1.08	0.78
11.อัตราค่าบริการในการให้บริการสอบเทียบเหมาะสม คุ้มค่า	3.85	4.65	0.80	O	1.06	0.85
12.การเสนอราคางานสอบเทียบมีความรวดเร็ว เหมาะสม	3.83	4.54	0.70	O	1.04	0.74
13.การชำระเงินค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบสะดวก รวดเร็ว	3.89	4.56	0.67	O	1.02	0.68
14.สภาพเครื่องมือหลังจากผ่านการสอบเทียบอยู่ในสภาพดีเหมือนเดิม	4.69	4.91	0.22	M	2.57	0.58
15.ขอบข่ายการให้บริการการสอบเทียบหลากหลาย	2.98	4.02	1.04	I	0.60	0.63
16.บริการด้วยความโปร่งใส ซื่อสัตย์สุจริต	4.07	4.70	0.63	O	1.32	0.83
17.เจ้าหน้าที่มีความตั้งใจ กระตือรือร้น เอาใจใส่มีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีพร้อมให้บริการท่านเสมอ	4.06	4.78	0.72	O	1.93	0.96
18.การแต่งกาย บุคลิกลักษณะท่าทางของเจ้าหน้าที่ในการให้บริการมีความสุภาพ เรียบร้อย	3.80	4.48	0.69	O	1.50	0.64
19.การติดตามความก้าวหน้าของการสอบเทียบได้ง่ายชัดเจน สามารถตอบสนองความต้องการของท่านได้เป็นอย่างดี	4.13	4.76	0.63	O	1.32	1.05
20.ผู้ทำการสอบเทียบมีความรู้ความชำนาญสามารถให้คำปรึกษา ตอบข้อซักถามในการสอบเทียบได้เป็นอย่างดี	4.13	4.80	0.67	O	0.93	1.31
21.ผู้ตรวจสอบและผู้รับรองผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับ	3.98	4.63	0.65	O	1.66	0.72
22.ใบรายงานผลการสอบเทียบ มีความถูกต้องครบถ้วนและเที่ยงตรง	4.39	4.81	0.43	M	1.96	0.83
23.ใบรายงานผลการสอบเทียบออกตรงตามกำหนดเวลา	4.30	4.76	0.46	O	1.10	0.70



รูปที่ 4 คุณลักษณะของประเด็นคุณภาพ ตามแบบจำลองของคาโน

4.2 การบูรณาการค่า SERVQUAL และค่าสัมประสิทธิ์ความพึงพอใจ (Customer Satisfaction Index : CSI)

การคัดเลือกลำดับความสำคัญของประเด็นคุณภาพเข้าสู่ QFD จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าประเด็นคุณภาพมีค่า Quality Scale (QS) มากที่สุดเท่ากับ 1.62 แต่ประเด็นคุณภาพที่ 7 นี้มีระดับคุณภาพแบบ One-dimension แต่ประเด็นคุณภาพที่ 14 มีค่า Quality Scale เท่ากับ 0.58 แต่ประเด็นคุณภาพนี้มีระดับคุณภาพแบบ Must-be การพิจารณาเพื่อคัดเลือกประเด็นคุณภาพมาทำการปรับปรุงคุณภาพงานบริการควรจะเน้นที่ประเด็นคุณภาพที่ 14 ก่อนเพราะประเด็นคุณภาพนี้ ถ้าไม่มีหรือขาดไปเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ผู้มาใช้บริการรู้สึกไม่พอใจเป็นอย่างมาก

4.3 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)

ในการวิจัยนี้ใช้ QFD ด้านการบริการแบบ 3 เฟส ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำเพียง 2 เฟส คือในเฟสที่ 1 และ เฟสที่ 2 เท่านั้น ในเฟสที่ 1 เฟสนี้เป็นขั้นตอนที่นำเอาความต้องการของลูกค้ามาแปลงไปเป็นความต้องการด้านการออกแบบงานบริการ โดยทำการกำหนดคุณสมบัติหรือข้อกำหนดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าโดยการนำค่า Quality Scale ที่ได้จากการประเมินมาเป็นคะแนนความสำคัญ ซึ่งในที่นี้จะทำการอธิบายแยกเป็นส่วน ๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ความต้องการผู้มาใช้บริการ 23 ข้อ และระดับความสำคัญตาม Quality Scale (ส่วนทางซ้ายมือของบ้านคุณภาพ) เรียงตามลำดับ

Attributes	Quality Scale
7.มีผู้รับผิดชอบรายการสอบเทียบที่ชัดเจน	1.62
20.ผู้ทำการสอบเทียบมีความรู้ความชำนาญ สามารถให้คำปรึกษาตอบข้อซักถามก่อนและหลังในการสอบเทียบเครื่องมือได้เป็นอย่างดี	1.31
9.มีการกำหนดเวลาการส่งใบรายงานผล	1.17
8.มีการแจ้งระยะเวลาการสอบเทียบ	1.14
6.การรับและส่งมอบเครื่องมือวัดทำได้สะดวกรวดเร็ว	1.14
19.การติดตามความก้าวหน้าของการสอบเทียบได้ง่ายชัดเจนสามารถ ตอบสนองความต้องการของท่านได้เป็นอย่างดี	1.05
4.มีขั้นตอนการให้บริการการสอบเทียบเครื่องมือวัด	0.97
17.เจ้าหน้าที่มีความตั้งใจ กระตือรือร้นเอาใจใส่ มีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดี	0.96
11.อัตราค่าบริการในการให้บริการสอบเทียบเหมาะสม	0.85
16.บริการด้วยความโปร่งใส ซื่อสัตย์สุจริตไม่เรียกรับผลประโยชน์	0.83
5.ขั้นตอนการให้บริการการสอบเทียบไม่ซับซ้อน	0.83
22.ใบรายงานผลการสอบเทียบมีความถูกต้องครบถ้วนและเที่ยงตรง	0.83
10.ระยะเวลาการให้บริการการสอบเทียบรวดเร็ว	0.78

ตารางที่ 4 ความต้องการผู้มาใช้บริการ 23 ข้อ และระดับความสำคัญตาม Quality Scale (ส่วนทางซ้ายมือของบ้านคุณภาพ) เรียงตามลำดับ (ต่อ)

12.การเสนอราคางานสอบเทียบมีความรวดเร็วเหมาะสม	0.74
3.สถานที่ติดต่อรับงานลูกค้ามีความสะอาดเป็นระเบียบ	0.74
21.ผู้ตรวจสอบและผู้รับรองผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับ	0.72
23.ใบรายงานผลการสอบเทียบออกตรงตามกำหนดเวลา	0.70
13.การชำระเงินค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว	0.68
18.การแต่งกายบุคลิกลักษณะท่าทางของเจ้าหน้าที่ในการให้บริการมีความสุภาพ	0.64
15.ขอบข่ายการให้บริการการสอบเทียบมีความหลากหลาย	0.63
14.สภาพเครื่องมือหลังจากผ่านการสอบเทียบอยู่ในสภาพดีเหมือนเดิม	0.58
1.ผู้รับบริการรับทราบรายการที่ให้บริการการสอบเทียบชัดเจน	0.37
2.มีช่องทางการประชาสัมพันธ์งานสอบเทียบหลายช่องทาง	0.20

ในการวิเคราะห์ตารางที่ 5 ข้อกำหนดทางเทคนิคซึ่งเกิดจากการแปลงความต้องการของผู้มาใช้บริการให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค (ส่วนหลังคาของบ้านคุณภาพ) เมื่อทำการแปลงความต้องการของผู้ใช้บริการให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคแล้วจึงกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้บริการและข้อกำหนดทางเทคนิค

ในการกำหนดข้อกำหนดทางเทคนิคและการเติมข้อมูลตลอดจนความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ผ่านการระดมสมองร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องและข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดในทุกขั้นตอน

การหาค่าคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคเป็นการหาคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อโดยใช้สูตร

= ∑ (คะแนนความสำคัญด้านความต้องการของผู้มาใช้บริการในแต่ละประเด็น (Quality Scale) x ค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างด้านความต้องการของผู้มาใช้บริการกับข้อกำหนดทางเทคนิค)

จากนั้นนำค่าคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคมาหาโดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โดยใช้สูตร

% ค่าคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค = (ค่าคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค x 100) / ∑ ค่าคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

ตารางที่ 5 ค่าร้อยละคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	คะแนนความสำคัญ
1.จำนวนผู้รับผิดชอบในแต่ละสาขา	8.53
2.ระดับความรู้และเข้าใจในงานสอบเทียบแต่ละสาขา	12.27
3.เวลาในการจัดทำใบรายงานผล	4.14
4.เวลาในการสอบเทียบ	4.25
5.จำนวนขั้นตอนในการรับส่งเครื่องมือ	4.69
6.ระดับความพึงพอใจในการใช้บริการ	7.45
7.จำนวนครั้งในการแจ้งขั้นตอนการให้บริการสอบเทียบ	4.02
8.จำนวนใบรายงานผลที่ถูกต้อง	2.98
9.แจ้งราคาการสอบเทียบ	5.04
10.จำนวนรายการที่เปิดให้บริการสอบเทียบ	3.30
11.จำนวนช่องทางการประชาสัมพันธ์	4.66
12.จำนวนขั้นตอนการให้บริการ	6.02
13.เวลาในการเสนอราคาการสอบเทียบ	2.94
14.จำนวนขั้นตอนการชำระเงิน	5.53
15.จำนวนครั้งที่เครื่องมือมีสภาพเหมือนเดิมหรือดีขึ้นหลังทำการสอบเทียบ	1.71
16.จำนวนสาขาที่เปิดให้บริการ	3.78
17.จำนวนใบรายงานผลที่ออกตรงตามเวลา	4.66
18.ระดับการให้บริการด้วยความกระตือรือร้น	11.36
19.ระดับความพึงพอใจในความสะอาดของสถานที่ติดต่อ	1.36

จากตารางที่ 5 ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ระดับความรู้และเข้าใจในงานสอบเทียบแต่ละสาขา รองลงมาคือ ระดับการให้บริการด้วยความกระตือรือร้น

เฟสที่ 2 เป็นขั้นตอนที่ทำการวิเคราะห์และนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้จากเฟสที่ 1 มาทำการ แปลงเป็นการกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบที่สนองตอบความต้องการของลูกค้า จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับการกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบ จากนั้นหาค่าร้อยละคะแนนความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อกำหนดส่วนประกอบและค่าร้อยละคะแนนความสำคัญ

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	คะแนนความสำคัญ
การส่งเสริมการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร	15.16
การสนับสนุนการสร้างจิตสำนึกในการให้บริการของบุคลากร	7.52
การจัดสรรและกำหนดอัตรากำลังของบุคลากรในแต่ละสาขา	11.05
ประสิทธิภาพในการให้บริการสอบเทียบ	10.78
ขั้นตอนการให้บริการตรงตามมาตรฐาน	8.59
ขั้นตอนการชำระเงินตรงตามมาตรฐาน	3.95
ขั้นตอนในการรับส่งเครื่องมือตรงตามมาตรฐาน	2.37
การเผยแพร่ข้อมูลของห้องปฏิบัติการ	6.52
ประสิทธิภาพในการจัดทำใบรายงานผล	8.57
ประสิทธิภาพในการฝึกอบรมบุคลากร	16.80
ประสิทธิภาพของเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบ	5.83

จากตารางที่ 6 ข้อกำหนดของส่วนประกอบที่มีความสำคัญในการวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการบริการ มากที่สุดคือ ประสิทธิภาพในการ ฝึกอบรมบุคลากร รองลงมาคือ การส่งเสริมการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร

5. สรุปผลและอภิปราย

งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้การบูรณาการแบบจำลอง เพื่อนำไปสู่การวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการบริการการสอบเทียบเครื่องมือวัด ซึ่งในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SERVQUAL พบว่า ผู้มาใช้บริการมีความพึงพอใจ และในแบบจำลองของคาโน่ประเด็นคุณภาพที่จัดอยู่ในประเภท Must-be ที่ต้องให้ความสำคัญและนำมาพิจารณาคือสภาพเครื่องมือหลังจากผ่านการสอบเทียบอยู่ในสภาพดีเหมือนเดิมและใบรายงานผลการสอบเทียบ มีความถูกต้องครบถ้วนและเที่ยงตรง ซึ่งประเด็นคุณภาพทั้งสองนี้ห้องปฏิบัติการต้องทำการทบทวนการปฏิบัติงานและวางแผนการพัฒนาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความไม่พึงพอใจ และใน QFD ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาการบริการ ในเฟสที่ 1 เป็นการออกแบบเพื่อนำเอาความต้องการของลูกค้ามาแปลงไปเป็นความต้องการด้านการออกแบบการบริการ พบว่าปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในการออกแบบคือ ระดับความรู้และเข้าใจในงานสอบเทียบแต่ละสาขาของบุคลากร รองลงมาคือระดับการให้บริการด้วยความกระตือรือร้น สำหรับในเฟสที่ 2 เป็นการหาคุณลักษณะของส่วนประกอบส่วนประกอบที่สำคัญของการบริการการสอบเทียบเครื่องมือวัดคือ การส่งเสริมการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร รองลงมาคือ การสนับสนุนการสร้างจิตสำนึกในการให้บริการของบุคลากร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชินะ รอดศิริ 2553: 193 ที่พบว่า การใช้เทคนิค QFD ในการวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงการให้บริการ ข้อที่ได้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรในการให้บริการเป็นหลัก โดยมุ่งเน้นไปที่การเสริมสร้างความรู้และจิตสำนึกในด้านบริการให้แก่พนักงาน [8] และยังสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ สิทธิชัย ยกถาวร 2553 : 123 พบว่า การใช้ QFD ในการออกแบบรูปแบบการปรับปรุงการให้บริการสำหรับผู้ป่วยนอกของแผนกหูคอจมูกโรงพยาบาล สงขลานครินทร์ ด้านบุคลากรเจ้าหน้าที่ที่มีจิตสำนึกในการให้บริการ ยิ้มแย้มแจ่มใสและอำนวยความสะดวก [9]

6. ข้อเสนอแนะ

เมื่อได้ในคุณลักษณะของส่วนประกอบในเฟสที่ 2 แล้วการดำเนินการต่อไปในเฟสที่ 3 คือการวางแผนการควบคุมกระบวนการหรือการวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการบริการการสอบเทียบเครื่องมือวัด ซึ่งในเฟสที่ 3 นี้ต้องทำเป็นเอกสารหรือขั้นตอนในการดำเนินงานการบริการคือ แผนการส่งเสริมการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคลากร และแผนการสร้างจิตสำนึกในการให้บริการของบุคลากร จากนั้นจึงนำแผนที่ได้นำเสนอแก่ผู้บริหารต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร ผศ.ศรีไร จารุภิญโญ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ ผศ.ชัยวุฒิ พนมสารนรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2546. **คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร

[2] ณัฏฐ์สุดา ศรีรัตนวิทยา. 2554. **การเปรียบเทียบความคาดหวังและการรับรู้ในคุณภาพการให้บริการของเอไอเอสเซเรเนด ในเขตกรุงเทพมหานคร.** ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร

[3] ศรีสันต์ ศรีอินทร์. 2552. ความคาดหวังการรับรู้และพฤติกรรมของลูกค้าที่ใช้บริการขนส่งสินค้าบริษัท สี่สหายขนส่ง (1988) จำกัด.ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ

[4] รัชนี เจริญ. **การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเกลือแร่โดยใช้เทคนิคคาโน.**คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[5] ลภาภรณ์ เล็กล้วน.2553.**การสร้างเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบของคาโน.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[6] คมกฤช อิศรานุรักษ์.2548.**การออกแบบและพัฒนางานบริการหอพักนานาชาติโดยการบูรณาการแบบจำลองคุณภาพงานบริการ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] พรรณวดี อภิศุภะโชค. 2549. **การปรับปรุงคุณภาพงานบริการของห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาโดยการบูรณาการ LibQUAL+TM และ แบบจำลองของคาโน(Kano's Model) ไปยัง QFD.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[8] ชินะ รอดศิริ. 2553. **การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมการบริการ กรณีศึกษาอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[9] สิทธิชัย ยกถาวร. 2554. **การออกแบบรูปแบบบริการสำหรับผู้ป่วยนอกของแผนก หู คอ จมูก ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ.** สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์

[10] มยุรี บุญบัง. 2554. การคาดหวังและการรับรู้จริงของพนักงานต่อคุณภาพการให้บริการการจ้างบุคคลภายนอกของธนาคาร ธนชาต จำกัด (มหาชน) สำนักงานวนกรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[11] Li-Hsing Ho, Tien-Fu Peng, Shu-Yun Fengand Tieh-Min Yen, Integration of Kano's model and SERVQUAL for enhancing standard hotel customer satisfaction, African Journal of Business Management, 2011, 2257-2265

[12] Kay C. Tan, Theresia A.Pawitra, Integrating SERVQUAL and Kano's model into QFD, Managing Service Quality (2001), Volume 11, 418-430

[13] Mohd Saiful Izwaan bin Saadon, The effectiveness of Integrating Kano model and SERVQUAL Into Quality Function Deployment (QFD) for Developing Training Courses model, Journal of WEI Business and Economics (2012), Volume 1

[14] Endang Someantri Arief Rahmana, Mustofa Kamil, and Ayi OlimIntegrating, Integration of SERVQUAL and KANO Model Into QFD To Improve Quality of Simulation-Based Training on Project Management, International Journal of Basic and Applied Science (2014) 60-73

การพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ
The development of a semi-automatic extrusion machine for producing the plant pots from coffee grounds

ชาคริต ศรีทอง[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง) การสร้างข้อกำหนดเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ สร้างจากความต้องการของผู้ใช้ ได้แก่ 1 เครื่องสามารถผลิตกระถางได้ครั้งละ 2 ใบ 2 ระยะเวลาการกดอัดอยู่ในช่วงระยะเวลาเริ่มตั้งแต่ 0.1 วินาที 3 แรงกดอัดกระถางอยู่ในช่วง 50 – 50,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 4 ระบบรักษาความปลอดภัยของเครื่อง ใช้หลักการทำงานตามแบบวิศวกรรมความปลอดภัย 5 อัตรากำลังการผลิตเฉลี่ยกระถางโดยเฉลี่ย 4 ใบ ต่อ 1 นาที การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง ทดสอบจากหลักการออกแบบการทดลอง(DOE) ซึ่งกำหนดการทดสอบ 2 หัวข้อหลัก ได้แก่ ทดสอบการย่อยสลายในดิน และการย่อยสลายในน้ำ ซึ่งกำหนดปัจจัยของการทดสอบ 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 น้ำหนักของกากกาแฟ ปัจจัยที่ 2 ตัวประสาน ปัจจัยที่ 3 แรงอัด ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้เครื่องเกิดประสิทธิภาพการผลิตเหมาะสมที่สุด คือ ใช้กากกาแฟขนาด 155 กรัม ตัวประสาน 55 กรัม และใช้แรงกดอัดขนาด 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งสามารถทนต่อการย่อยสลายในดินได้ 44 วัน และทนต่อการย่อยสลายในน้ำได้ 24 วัน ในระยะเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ: เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ กระถางกากกาแฟ การออกแบบการทดลอง

Abstract

This research aimed to fulfill the needs of Farm Women Group Association Klongluang (Klong2). The first step was to convert the needs of users to be the requirements in constructing semi-automatic extrusion machine. These requirements were indicated; 1) machine could produce two flowerpots at once. 2) extrusion time could be started from 0.1 second upward. 3) extrusion force was between 50 – 50,000 pounds/inch^2. 4) the machine provided the safety system by applying the safety engineering method. These were using two hands simultaneously in controlling the machine and providing the emergency button. 5) production rate was average

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

4 flowerpots per 1 minute. Next step, performance testing of this semi-automatic extrusion machine was tested with Design of Experiment technique (DOE). This testing consisted of two main issues which were the degradability in soil and water. Three testing factors were identified; weight of coffee grounds, chemical bond, and extrusion force. As a result, it showed that the most effective factor of production was 155 grams of coffee grounds, 55 grams of chemical bond, and 1,500 pounds per inch^2 of extrusion force. It could degraded in soil about 44 days and degrade in water about 24 days. This period had no effect with the growth of plants.

Keywords: semi-automatic extrusion machine, coffee grounds plant pots, Design of Experiment

1. บทนำ

จากที่ผู้วิจัยได้นำการเรียนการสอนในรายวิชาการวางแผนและควบคุมการผลิตมาบูรณาการกับการบริการวิชาการ โดยให้บริการกับกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง) ผู้วิจัยพบว่าในการผลิตสินค้าของกลุ่มฯ นั้นมีเศษเหลือจากการผลิตจำนวนมาก เช่นกากชา กากกาแฟ เศษพริก เศษเห็ด เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงนำเศษเหลือใช้มาผลิตเป็นสินค้าเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือใช้ดังกล่าว โดย พบว่ากากกาแฟสามารถนำมาใช้ผลิตกระถางดอกไม้ที่สามารถย่อยสลายในดินได้ [8] และสามารถสร้างรายได้เสริมให้กับกลุ่มฯ โดยผลิตเป็นสินค้ากระถางเพาะชำจากกากกาแฟที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่ได้กำไรสูง ลูกค้าที่ซื้อให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจำนวนมาก แต่ทางกลุ่มฯ ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้าเนื่องจากขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปจำเป็นต้องใช้แรงงานคนอย่างน้อย 2 คน ทำการกดอัดเพื่อขึ้นรูปกระถาง และต้องใช้เวลาในการผลิตนาน จำนวนของเสียที่เกิดจากการผลิตจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าวทางกลุ่มฯ จึงได้ปรึกษาผู้วิจัยเพื่อต้องการเพิ่มผลผลิต โดยได้นำหลักการของการออกแบบด้วยทฤษฎี Quality Function Deployment (QFD) มาประยุกต์ใช้เพื่อทำการออกแบบและออกแบบการทดลองโดยใช้ตัวแปร คือ ปริมาณของกากกาแฟ (กรัม) ต่อ ปริมาณของตัวประสาน (กรัม) ต่อ แรงอัด ตามการออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อทำการทดสอบเครื่อง

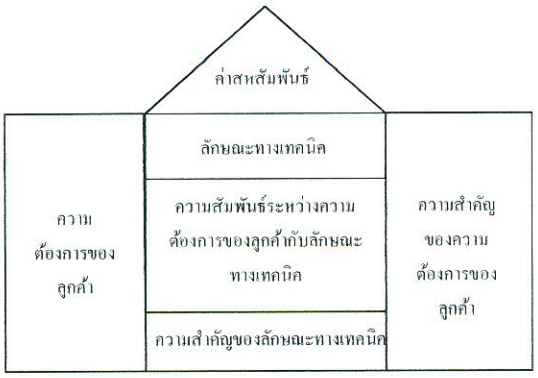
ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางที่ทำจากกากกาแฟให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า

การวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า (Quality Function Deployment หรือ QFD) คือเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบ โดยระบุความต้องการของผู้ใช้และประเมินการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการโดยปฏิบัติการเปลี่ยนความต้องการของผู้ใช้ไปเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ และ ข้อกำหนดที่จำเป็นในการผลิตถือได้ว่า QFD เป็นกระบวนการเชิงระบบ (Systematic Process) สำหรับใช้เป็นพลังขับดันเพื่อมุ่งเน้นตรงไปยังความต้องการของผู้ใช้ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ หรือทำให้เกินกว่าที่ผู้ใช้คาดหวัง [3] QFD มีทั้งหมด 4 เฟส ประกอบด้วย

เฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์ เฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ เฟสที่ 3 การวางแผนการผลิต เฟสที่ 4 การวางแผนปฏิบัติการผลิต [3] ในการทำ QFD ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์คือใช้ บ้านแห่งคุณภาพ (House of quality) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 บ้านแห่งคุณภาพ (House of quality)

House of quality ประกอบด้วย [5]

ก) กำแพงด้านซ้าย (Customer Requirement) เป็นสิ่งที่ผู้ใช้คาดหวังว่าจะได้จากผลิตภัณฑ์

ข) กำแพงด้านขวา (Prioritize Customer Requirement) ด้านขวาเป็นการจัดลำดับความสำคัญของสิ่งที่ผู้ใช้ต้องการ (Planning Matrix) แยกออกเป็นหมวดหมู่ เช่น การทดสอบของผู้ใช้ การให้คะแนนจุดขาย เป็นต้น

ค) เพดานห้อง (Technical Descriptors) หรือชั้นสอง เป็นรายละเอียดเชิงเทคนิค (Technical Descriptor หรือ Voice of the Organization) ที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณสมบัติจำเพาะ ข้อกำหนด การออกแบบ ตัวแปรต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรม

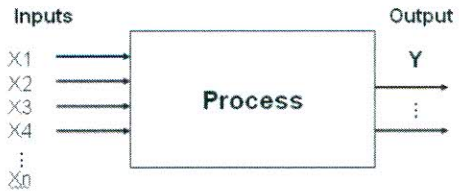
ง) ภายในห้อง หรือ ตัวบ้าน เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและรายละเอียดเชิงเทคนิค หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นการแปลความต้องการของลูกค้า ให้เป็นคุณสมบัติจำเพาะทางวิศวกรรม

จ) หลังคาบ้าน (Interrelationship Between Technical Descriptors) ใช้แสดงความสัมพันธ์ภายในระหว่างรายละเอียดทางเทคนิค ต่าง ๆ เป็นการนำเสนอความเหมือนกันความแตกต่างในเชิงเทคนิคของราย ละเอียดที่กำหนดขึ้น

ฉ) พื้นห้อง (Prioritized Technical Descriptors) หรือพื้นบ้านเป็นรายละเอียดเชิงเทคนิคที่ถูกจัดลำดับความสำคัญ ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบกับคู่แข่งอัตราความยากง่าย คุณค่าของจุดมุ่งหมาย

2.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment หรือ DOE) เป็นเครื่องมือคุณภาพที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรม โดยการออกแบบการทดลองหรือ DOE เป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าตัวแปร (Input) อย่างมีจุดหมาย โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ คุณลักษณะด้านคุณภาพ ของกระบวนการ (Output) ที่เกิดขึ้น



$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4 \ldots X_n)$$

รูปที่ 2 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการและผลผลิต

จากรูปที่ 2 พบว่ากระบวนการมีปัจจัย หรือ Input ส่งผลต่อค่า Y ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพ ของกระบวนการ ในการออกแบบการทดลอง ต้องการที่จะทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของ Y และ X ต่างๆ โดยพยายามใช้ทรัพยากรในการทดลองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด [2]

3. วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ช่วงการทำงาน ช่วงที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูล

เบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟ ช่วงที่ 2 นำข้อมูลเบื้องต้นจากช่วงที่ 1 มาทำการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง ด้วยทฤษฎี Quality Function Deployment (QFD) [3] และช่วงที่ 3 หลังจากได้แบบของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแล้ว ทำการผลิตเครื่องและนำกระถางที่ได้จากการผลิต ซึ่งกำหนดการทดสอบ 2 หัวข้อหลัก ออกแบบการทดลองโดยทดสอบการย่อยสลายในดินและการย่อยสลายในน้ำ ซึ่งกำหนดปัจจัยการทดสอบ 3 ปัจจัยได้แก่ ใช้ตัวแปร คือ ปริมาณของกากกาแฟ (กรัม) ต่อ ปริมาณของตัวประสาน (กรัม) ต่อ แรงอัด ตามการออกแบบการทดลอง (DOE) และทำปรับแก้ตัวแปรต่างๆ ให้สอดคล้องกับคุณภาพของกระถางที่ผลิตจากกากกาแฟ,กากชา และทำการทดสอบซ้ำ

ช่วงที่ 1 เป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบด้วยทฤษฎี Quality Function Deployment (QFD)

- ทำการศึกษาการอัดขึ้นรูปกระถางที่ทำจากกากกาแฟ แบบต่างๆ ในปัจจุบัน
- ทำ Focus Group โดยใช้ตัวแทนประชากรโดยให้คละกันทั้งหญิงและชายใน 1 กลุ่ม ซึ่งมีตัวแทนประมาณ 3-4 คน ทำการสนทนาในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอัดขึ้นรูปกระถางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- นำปัญหาที่พบในการทำ Focus Group มาใช้งานในการหาความต้องการในการสร้างเครื่องอัดขึ้นรูป โดยผลจากการสัมภาษณ์ได้ผลออกมาเป็นรูปแบบของข้อมูลดิบ

ช่วงที่ 2 เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1 สู่ขั้นตอนการทำ QFD เพื่อทำการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟ และทำการผลิตเครื่องให้ตรงตามแบบ

ช่วงที่ 3 เป็นขั้นตอนการทดสอบกระถางกากกาแฟที่ผลิตจากเครื่องต้นแบบ

- ออกแบบการทดลองโดยใช้ตัวแปร คือ ปริมาณของกากกาแฟ (กรัม) ต่อ ปริมาณของตัวประสาน (กรัม) ต่อ แรงอัด ตามการออกแบบการทดลอง (DOE)
- ศึกษาและทดลองระยะเวลาในการย่อยสลายในดิน (วัน) และความทนทานต่อน้ำของกระถาง
- เก็บข้อมูลการย่อยสลายในดิน (วัน) และความทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำ

ขั้นตอนการปรับปรุงเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ

- ทดสอบการผลิต และประเมินคุณภาพของเครื่องขึ้นรูปกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ
- ปรับแก้ตัวแปรต่างๆ เช่นปริมาณของกากกาแฟ (กรัม) ต่อ ปริมาณของตัวประสาน (กรัม) ต่อ แรงอัดการปรับให้ได้อัตราส่วนที่ทำให้คุณภาพของกระถางสามารถทนต่อการย่อยสลายในดินประมาณ 43-45 วัน และทนต่อการย่อยสลายในน้ำประมาณ 22-24 ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชตามการทดลองของ Sritong C. และคณะ[8]

4. ผลการวิจัย

ผลการทดลองในช่วงที่ 1 จากการศึกษางานวิจัยของ Tontabtimthong และคณะ(2007) พบว่าส่วนผสมของการทำกระถางดอกไม้จากเศษเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ เปลือกมะพร้าว 150 กรัม โดยเลือกเฉพาะใยมะพร้าว ผสมกับกาว 50 กรัม และใช้แรงกดด้วยระบบ ไฮดรอลิก เพื่อผลิตกระถางขนาด 6 นิ้ว [9] นอกจากนี้ยังพบว่าการวิจัยเพื่อผลิตกระถางต้นไม้จากเศษกระดาษโดยผสมกับผงชอล์กและอัดขึ้นรูปแม่พิมพ์โดยใช้กาวเป็นส่วนผสมในการยึดติดกันของโครงสร้าง [6] และในการศึกษาการใช้เศษเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตกระถางนำเศษขี้เลื่อย

แกลบ มะพร้าว ปุ๋ย และดิน โดยมีอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน และมีส่วนผสมกาวเป็นตัวประสานเพื่อยึดส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด จากการศึกษาของงานวิจัยต่างๆ พบว่าส่วนผสมสำคัญในการยึดโครงสร้างให้ติดกันคือกาว [7] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ส่วนผสมที่เป็นตัวประสานคือกาว นอกจากนี้ยังพบว่าการขึ้นรูปของเศษเหลือใช้ต่างๆให้สามารถขึ้นรูปได้คงทนต้องใช้แรงอัดที่มีแรงสูง จึงจำเป็นต้องใช้การกดอัดด้วยระบบไฮดรอลิก

ผลการทดลองในช่วงที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

4.1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง)

การทำ Focus Group ใช้กลุ่มเป้าหมายจากกลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง) ที่เป็นผู้ผลิตกระถาง จำนวน 4 คนประกอบด้วยผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 3 คน โดยใช้ปัญหาจากวิทยาลัยการอาชีพด่านช้าย ที่ได้เคยทดลองการนำเศษวัสดุมาทำกระถาง [4] ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 1 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลที่ห้องประชุมที่ทำการสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง)

ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 พบว่า มีความสอดคล้องกับ ปทุมทิพย์ ต้นทับทิม-ทอง และคณะ [1] ที่พบว่าการอัดกระถางที่ได้จากเศษวัสดุจำเป็นต้องใช้ค่าแรงอัดที่มีความแตกต่างกันตามชนิดของเศษวัสดุและปริมาณ

ตารางที่ 1 การแปรความต้องการของผู้ใช้ให้อยู่ในรูปข้อกำหนดของการสร้างเครื่อง

ความต้องการของผู้ใช้	ข้อกำหนดของการสร้างเครื่อง
- เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางสามารถกำหนดขนาดแรงได้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำมีหลายชนิด	การปรับค่าแรงในการกดอัด และจำนวนในการผลิต
- สามารถอัดขึ้นรูกระถางได้มากๆ ในแต่ละครั้ง - เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลายๆชนิด	
- สามารถกำหนดเวลาในการกดแช่ได้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำมีหลายชนิด - สามารถนำกระถางออกจากแม่พิมพ์ได้โดยง่าย - เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลายๆชนิด	การตั้งเวลาในการกดอัด และความสะดวกในการใช้งาน
- จำนวนคนที่ใช้เครื่องไม่เกิน 3 คน และผู้หญิงสามารถใช้เครื่องเองได้	จำนวนผู้ควบคุมเครื่อง
- ไม่เกิดอันตรายขณะใช้งาน - ในการอัดขึ้นรูปกระถางจะต้องไม่เกิดการผิดรูปหรือ กากกาแฟและกากชาไม่ติดกัน	ระบบป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ และการป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์

4.2 ผลการวิเคราะห์ QFD

จากการเก็บข้อมูลของการทำ Focus Group สามารถนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ house of quality

โดยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3

จากการวิเคราะห์พบว่าความต้องการที่ต้องการพัฒนาเครื่อง 5 ลำดับความสำคัญ ได้แก่

1. แรงกดอัดกระถางอยู่ในช่วง 50 – 50,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2. กำหนดระยะเวลาการกดอัดในช่วงระยะเวลาเริ่มตั้งแต่ 1 วินาที

3. ระบบรักษาความปลอดภัยของเครื่องใช้หลักการทำงานตามแบบวิศวกรรมความปลอดภัยโดยใช้ 2 มือควบคุมการทำงาน และมีปุ่มฉุกเฉินสำหรับการหยุดการทำงานได้ทันที

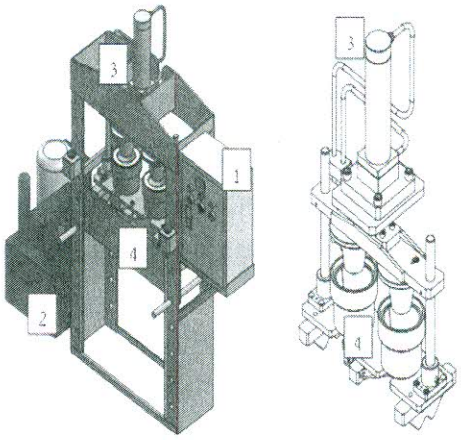
4. เครื่องสามารถทำการผลิตกระถางได้ครั้งละ 2 ใบ

5. อัตรากำลังการผลิตเฉลี่ยกระถางโดยเฉลี่ย 4 ใบ ต่อ 1 นาที

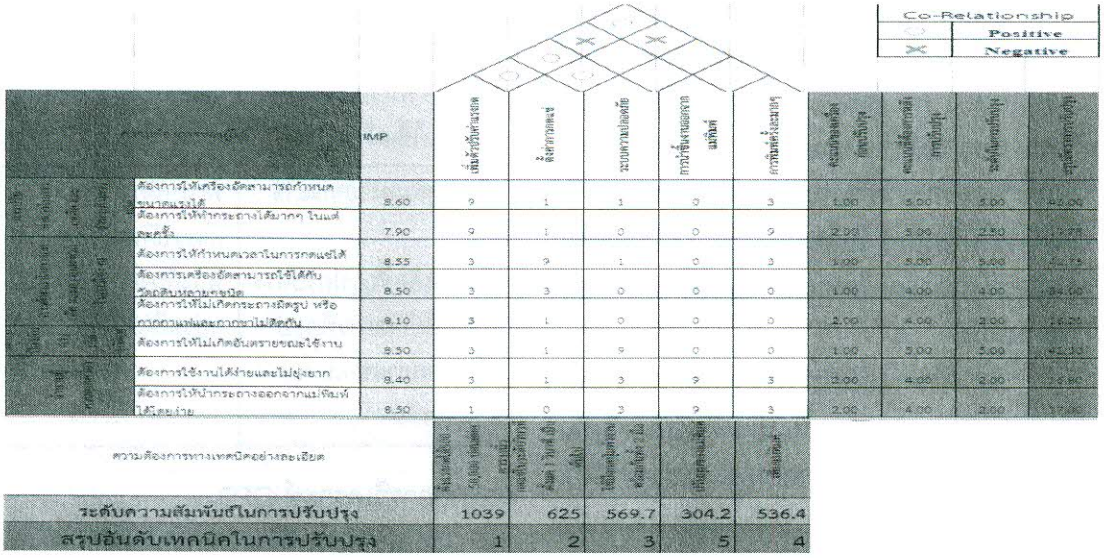
โดยผลจากการแปลความต้องการของผู้ใช้ที่ได้จากเครื่องมือ house of quality สามารถสร้างข้อกำหนดในการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ ได้ดัง รูปที่ 4

1.3 ส่วนควบคุมแรงที่ใช้ในการกดอัด

1.4 ส่วนของการหยุดเดินเครื่องโดยทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน



รูปที่ 4 แบบของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ



	IMP					
ต้องการให้เครื่องอัดสามารถกำหนดขนาดแรงได้	8.60	9	1	1	0	3
ต้องการให้ทำกระถางได้มากๆ ในแต่ละครั้ง	7.90	9	1	0	0	9
ต้องการให้กำหนดเวลาในการกดแช่ได้	8.55	3	9	1	0	3
ต้องการเครื่องอัดสามารถโรยได้กับวัตถุดิบหลายชนิด	8.50	3	3	0	0	0
ต้องการให้ไม่เกิดกระถางมีตรูป หรือกากกาแฟและกากชาไม่ติดกัน	8.10	3	1	0	0	0
ต้องการให้ไม่เกิดอันตรายขณะใช้งาน	8.50	3	1	9	0	0
ต้องการใช้งานได้ง่ายและไม่ยุ่งยาก	8.40	3	1	3	9	3
ต้องการให้นำกระถางออกจากแม่พิมพ์ได้โดยง่าย	8.50	1	0	3	9	3
ความต้องการทางเทคนิคอย่างละเอียด						
ระดับความสัมพันธ์ในการปรับปรุง		1039	625	569.7	304.2	536.4
สรุปอันดับเทคนิคในการปรับปรุง		1	2	3	5	4

รูปที่ 3 การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ house of quality

จากต้นแบบของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถแบ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องหลัก ๆ 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนควบคุมเครื่องทั้งหมด ประกอบด้วย

1.1 ส่วนเปิด/ปิดเครื่อง

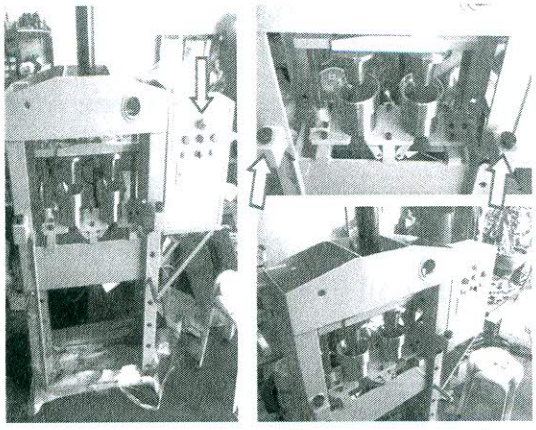
1.2 ส่วนควบคุมระยะเวลาการกดอัด

ส่วนที่ 2 ส่วนระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วยปั๊มน้ำมัน ไฮดรอลิก ถังเก็บน้ำมันไฮดรอลิก และส่วนควบคุมระบบไฮดรอลิก

ส่วนที่ 3 ส่วนของกระบอกสูบไฮดรอลิก

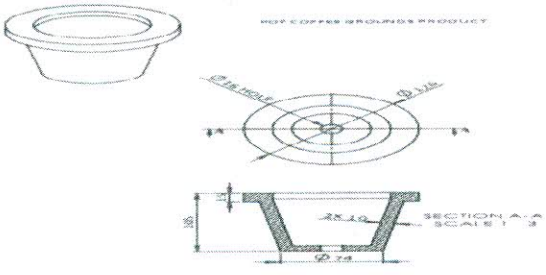
ส่วนที่ 4 ส่วนของแม่พิมพ์กระถาง ในส่วนของแม่พิมพ์ เพื่อให้สามารถถอดแบบได้ง่ายและไม่มีเศษกาแฟหรือเศษชา ติดในเวลาถอดแบบภายใน

จะเคลือบเงาด้วนพลาสติกเพื่อไม่ให้เศษต่างๆติดกับแม่พิมพ์ และมีขนาดของแม่พิมพ์บริเวณด้านบนของกระถางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 126 มิลลิเมตร ขนาดด้านล่าง 74 มิลลิเมตร ความสูง 105 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 การพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 5 บริเวณที่ลูกศรชี้ คือ ระบบรักษาความปลอดภัยของเครื่อง ใช้หลักการทำงานตามแบบวิศวกรรมความปลอดภัยโดยใช้ 2 มือควบคุมการทำงาน และมีปุ่มฉุกเฉินสำหรับการหยุดการทำงานได้ทันที



รูปที่ 6 ขนาดของแม่พิมพ์กระถาง

4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วย DOE

การทดลองได้ออกแบบการทดลองได้ 3 ตัวแปร ตามการออกแบบการทดลอง [2] ดังนี้

- ออกแบบการทดลองโดยใช้ตัวแปร คือ ปริมาณของกากกาแฟ (กรัม) ต่อ ปริมาณของตัวประสาน (กรัม) ต่อ แรงอัด ตามการออกแบบการทดลอง (DOE) และนอกจากตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรในการทดลองแล้ว ต้องทำการทดลองในส่วนของความแข็งแรงของกระถางโดยศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติม 2 คุณลักษณะ ได้แก่

- ศึกษาและทดลองระยะเวลาในการย่อยสลายในดิน (วัน) และความทนทานต่อน้ำของกระถาง

- เก็บข้อมูลการย่อยสลายในดิน (วัน) และความทนทานต่อน้ำของกระถาง

การออกแบบการทดลองแบ่งเป็น 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 น้ำหนักของกากกาแฟ แบ่งเป็น 3 ระดับคือ 145 กรัม 150 กรัม 155 กรัม

ปัจจัยที่ 2 ตัวประสาน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 45 กรัม 50 กรัม 55 กรัม

ปัจจัยที่ 3 แรงอัด แบ่งเป็นสามระดับ คือ 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 2000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

โดยปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยทำการทดสอบการย่อยสลายในดิน และการย่อยสลายในน้ำ ซึ่งทำการทดลองทั้งสิ้น 53 ครั้งดังตัวอย่างการแสดงผลการทดสอบใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการย่อยสลายในดิน และการทนทานต่อน้ำ โดยกำหนดปัจจัย 3 ปัจจัยในการทดสอบ

แบบที่	น้ำหนักกากกาแฟ (กรัม)	ตัวประสาน (กรัม)	แรงอัด ปอนด์/ตารางนิ้ว	ย่อยสลายในดิน (วัน)	ทนทานต่อน้ำ (วัน)
25	155	55	1000	43	21
26	155	55	1500	44	24
27	155	55	2000	39	24

4.3.1 ผลการวิเคราะห์การทดลองการย่อยสลายในดิน

กำหนดให้

A = ปริมาณน้ำหนักกากกาแฟ

B = ปริมาณของตัวประสาน

C = แรงอัด

สรุปผลการวิเคราะห์เรื่องการย่อยสลายในดิน แสดงในตารางที่ 3 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณกากกาแฟมีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟ ไม่มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

2. ปริมาณตัวประสานมีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณตัวประสานไม่มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

3. แรงอัดมีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าแรงอัด ไม่มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

4. ปริมาณกากกาแฟและตัวประสาน มีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.97) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟและตัวประสาน มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

5. ปริมาณกากกาแฟและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.99) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

6. ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่าค่า P-value(0.14) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

7. ปริมาณกากกาแฟ ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่าP-value(0.21) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณกากกาแฟ ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการย่อยสลายในดินของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

จากการวิเคราะห์ ข้อ1 – ข้อ 3 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยแยกเป็นปัจจัยเดียวจะไม่มีผลต่อการย่อยสลายในดิน

จากการวิเคราะห์ ข้อ 4 – ข้อ7 แสดงว่าถ้ามีส่วนผสมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยขึ้นไปจะส่งผลต่อการย่อยสลายในดิน

4.3.2 ผลการวิเคราะห์การทดลองความทนทานต่อน้ำของกระถาง กำหนดให้

A = ปริมาณน้ำหนักกากกาแฟ

B = ปริมาณของตัวประสาน

C = แรงอัด

สรุปผลการวิเคราะห์เรื่องความทนทานต่อน้ำ แสดงในตารางที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณกากกาแฟมีผลต่อการย่อยสลายในดินหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟไม่มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

2. ปริมาณตัวประสานมีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณตัวประสานไม่มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

3. แรงอัดมีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.00) < ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถปฏิเสธ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าแรงอัด ไม่มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

4. ปริมาณกากกาแฟและตัวประสาน มีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.87) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟและตัวประสาน มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

5. ปริมาณกากกาแฟและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.90) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณกากกาแฟและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

6. ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.14) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่าปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

7. ปริมาณกากกาแฟ ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำหรือไม่ สามารถสรุปได้ว่า ค่า P-value(0.30) > ค่า α(0.05) จึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถยอมรับ H_0 ได้ และสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณกากกาแฟ ปริมาณตัวประสานและแรงอัด มีผลต่อการทนทานต่อน้ำของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ

จากการวิเคราะห์ ข้อ1 – ข้อ 3 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าปัจจัยทั้งสามปัจจัย แยกเป็นปัจจัยเดียวจะไม่มีผลต่อการทนทานต่อน้ำ

จากการวิเคราะห์ ข้อ 4 – ข้อ7 แสดงว่าถ้ามีส่วนผสมระหว่างปัจจัยสองปัจจัยขึ้นไปจะส่งผลต่อการทนทานต่อน้ำ

จากการวิเคราะห์ด้วย DOE พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตกระถาง ใน 2 คุณลักษณะ คือ การย่อยสลายในดินและการทนต่อน้ำ พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญ ประกอบด้วยปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่

1. ปริมาณน้ำหนักกากกาแฟ
2. ปริมาณของตัวประสาน
3. แรงอัด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การย่อยสลายในดิน

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P-value
A	2	74.039	74.039	37.019	24.89	0.000
B	2	53.371	53.371	26.685	16.11	0.000
C	2	813.534	813.534	406.767	253.98	0.000
A*B	4	0.442	0.442	0.112	0.06	0.972
A*C	4	0.186	0.186	0.045	0.03	0.998
B*C	4	11.021	11.021	2.736	1.78	0.141
A*B*C	8	17.701	17.701	2.113	1.41	0.212
Error	27	42.000	42.000	1.556		
Total	53	1036.571				

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทนต่อน้ำ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P-value
A	2	56.686	56.686	28.343	19.04	0.000
B	2	65.341	65.341	32.670	24.22	0.000
C	2	756.114	756.114	378.056	219.46	0.000
A*B	4	0.419	0.419	0.098	0.05	0.872
A*C	4	0.334	0.334	0.056	0.04	0.899
B*C	4	12.676	12.676	3.019	1.67	0.135
A*B*C	8	19.091	19.091	2.454	1.55	0.298
Error	27	38.000	38.000	1.355		
Total	53	992.499				

ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ถ้ามีการปรับปริมาณปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่ง จะส่งผลต่อคุณภาพกระถางโดยตรง จาการทดลองพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับคุณภาพการผลิตกระถางโดยพิจารณาจากระยะเวลาในการย่อยสลายในดิน การทนต่อน้ำ และไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้โดยใช้ผลการทดลองจาก Sritong C. และคณะที่ทำการทดลองพบว่ากระถางที่ได้จากกากกาแฟควรมีระยะเวลาย่อยสลายในดินประมาณ 43 – 45 วัน และ ทนต่อน้ำประมาณ 23-25 วัน [8] พบว่าปริมาณปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถาง อยู่ในการทดลองแบบที่ 26 ตามตารางที่ 2 โดยที่ผลสามารถแสดงได้ดังนี้

1. ปริมาณน้ำหนักกากกาแฟ มีขนาด 155 กรัม
2. ปริมาณของตัวประสาน มีขนาด 55 กรัม
3. แรงอัด ใช้แรงกดอัดขนาด 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ มีความสามารถในการผลิตกระถางได้ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้และเมื่อทำการทดสอบผลผลิตที่ได้จากการทดสอบเครื่องพบว่าปัจจัยในการผลิตกระถางประกอบด้วย 3 ปัจจัยได้แก่ แรงกดอัด กากกาแฟ และตัวประสาน โดยความเหมาะสมของทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำให้เครื่องผลิตกระถางมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด คือการทดสอบในครั้งที่ 26 จาก ตารางที่ 2 โดยใช้แรงกดอัดขนาด

1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้กากกาแฟขนาด 155 กรัม ตัวประสาน 55 กรัม ซึ่งพบว่าสามารถทนต่อการย่อยสลายในดินได้ 44 วัน และทนต่อการย่อยสลายในน้ำได้ 24 วัน ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมของพืชที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มสตรีสหกรณ์เกษตรกรคลองหลวง (คลองสอง) มีสมาชิกในกลุ่มส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงสูงอายุ โดยอายุเฉลี่ยอยู่ประมาณ 60 ปี ดังนั้น ในการออกแบบเครื่องจำเป็นต้องคำนึงถึงการใช้งานเป็นหลัก โดยเครื่องต้องสามารถใช้งานได้ง่าย และต้องมีขั้นตอนในการผลิตไม่ซับซ้อน และต้องมีระบบป้องกันอันตราย จึงส่งผลให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องระมัดระวังในการออกแบบเป็นพิเศษ

การศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยควรพัฒนาจากรูปแบบการผลิต แบบกึ่งอัตโนมัติให้เป็นการผลิตแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง และจิระพล กลิ่นบุญ. 2550. การวิจัยกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร. วิทยานิพนธ์ คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2] ปรเมศ ชุติมา, 2545. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] เยาวรินทร์ รอดมณี, ระพี กาญจนะ. 2555. "การประยุกต์ใช้ฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันแบบไฟฟ้าสถิต" วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญญบุรี. ปีที่10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2555

[4] วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย, 2552. กระถางดอกไม้เศษวัสดุเหลือใช้ Leavings flowerpot. วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

[5] Chun-Yung-Chuang,2009. Application of fuzzy QFD for knowledge acquisition in product desing. Master of engineering. National Cheng Kung University,Taiwan

[6] Kialek, W. 2010. Flowerpot from natural materials. Bangkaew Industrial and Community College Publisher

[7] Sikaewseiw,C. Full Factorial Design. [online: 03/03/12]: http://www.statistics.ob.tc/Full_DOE.htm

[8] Sritong, C., Kaewchur, P. and Sritong,O. 2012. Developing flowerpot from coffee grounds using the design of experimental technique. International proceedings of Economics Development and research 4-5 Bangkok

[9] Tontabtimthon, P.,Jinadith,M., Boonpung, S. and Kinboon,J. 2007. Research on creating flowerpot from agricultural residues. Thesis, Rajamangala University of Technology, Bangkok.

คุณภาพการบริการของการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา กรณีศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มทร.ธัญบุรี โดยการใช้เทคนิค SERVQUAL-TRAN Service Quality in Engineering Graduate Programs Using SERVQUAL-TRAN

ศักดิ์ระพี พริบไหว[1] และณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจการบริการของการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระดับความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการที่ได้รับจริงของนักศึกษาโดยการใช้เทคนิค SERVQUAL-TRAN ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 99 คน จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการนักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่ำ โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุงเป็นอันดับแรก คือ1) เจ้าหน้าที่สอบถามความเห็นและข้อร้องเรียนจากนักศึกษา 2) การบริการนักศึกษาอย่างเพียงพอ 3) การตอบสนองต่อข้อคิดเห็นของนักศึกษา 4) ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักศึกษา 5) หลักสูตรส่งเสริมวิธีการเรียนรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิต เมื่อใช้สถิติค่า t-test ในการทดสอบค่าเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความคาดหวังต่อคุณภาพบริการและความพึงพอใจของการบริการการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีระดับความพึงพอใจในการรับบริการ 6 ประเด็น คือ 1) ผู้เรียนมีคุณธรรมและจริยธรรม 2) สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง 3) ผู้เรียนมีทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 4) อาจารย์ผู้สอนเตรียมทรัพยากรการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา 5) อาจารย์ตอบสนองต่อการขอความช่วยเหลือจากนักศึกษาทันที 6) นักศึกษาได้รับความใส่ใจเป็นรายบุคคลจากผู้สอน ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณภาพการบริการ, การบริการทางการศึกษา, ความพึงพอใจในการบริการ

Abstract

The objective of this research was to study the satisfactions of graduate study service at the department of Industrial Engineering, faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. This study compared to the differences between the expectations and satisfactions with in the service quality of service received by students using SERVQUAL-TRAN technique. The researchers studied a sample

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

of 99 graduate students. The results found that lower levels of satisfaction, when the comparing service expectation with satisfaction. The key issues that must be improved as 1) staff response, 2) adequate student services, 3) student feedback, 4) student records management system, and 5) life-long learning. However when used t-test to test the difference between the average of expectations on service quality and satisfaction of service learning, the students satisfied with 1) Students possess ethics, 2) Ability to implement knowledge, 3) Students have related personaliy skills and responsibility, 4) Detailed course materials are provided by teaching faculty, 5) Teaching faculty give prompt responses to students' requests, 6) Students receive prompt, individual attention from teaching faculty.

Keywords: SERVQUAL, quality of education, service quality

1. บทนำ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสถาบันอุดมศึกษาทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยมีความพยายามในการพัฒนาและปรับตัวเพื่อรองรับกับสภาพการแข่งขัน จากผลการวิจัยของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา(สกศ.)เรื่อง ผลกระทบโลกาภิวัตน์ต่อการจัดการศึกษาไทยในอีก 5 ปีข้างหน้า ได้คาดการณ์แนวโน้มสำคัญของสถาบันอุดมศึกษาเฉพาะทาง ว่าจะมีบางมหาวิทยาลัยมุ่งจัดการศึกษาเฉพาะที่เป็นการลงลึกระดับเชี่ยวชาญ อันเป็นการพัฒนาการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพระดับสูง [1] ประกอบกับปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015)เป็นปีแห่งการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ ASEAN Economic Community ทำให้มหาวิทยาลัยในประเทศไทยปรับตัวรับการแข่งขันโดย มหาวิทยาลัยของรัฐบาลส่วนใหญ่ได้ออกนอกระบบและเปลี่ยนเป็นมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐบาล ซึ่งแต่ละมหาวิทยาลัยต้องหารายได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อเข้ามาบริหารภายในมหาวิทยาลัยเองทำให้ทุกมหาวิทยาลัยไม่ว่าภาครัฐบาลหรือภาคเอกชนต่างแข่งขันเพื่อดึงดูดใจให้นักศึกษาเข้ามาศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษามากขึ้นซึ่งนอกจากความแข็งแกร่งทางด้านวิชาการ[2] การจัดหลักสูตรบัณฑิตศึกษาซึ่งเป็นหลักสูตรหนึ่งที่สามารถเพิ่มในส่วนของค่าสนับสนุนการจัดการศึกษาเข้าสู่มหาวิทยาลัยได้มากโดยเฉพาะหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์[3]เป็นหลักสูตรที่สำคัญซึ่งสาขาอาชีพวิศวกรรม จัดอยู่ใน7 สาขาอาชีพนำร่องที่จะสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างเสรีในกลุ่มอาเซียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นหนึ่งในสถาบันอุดมศึกษาด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2548 จนถึงปัจจุบัน จำนวนทั้งหมด 12 หลักสูตร ทำให้เลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องแข่งขันกับมหาวิทยาลัยที่เปิดหลักสูตรเดียวกัน[4]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาคุณภาพการบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้มากที่สุดให้กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ SERVQUAL-TRAN การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความพึงพอใจคุณภาพการบริการของระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อให้ทราบถึง ประเด็นคุณภาพใดบ้างที่มีผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการนำ

ไปพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพบริการให้ดียิ่งขึ้น

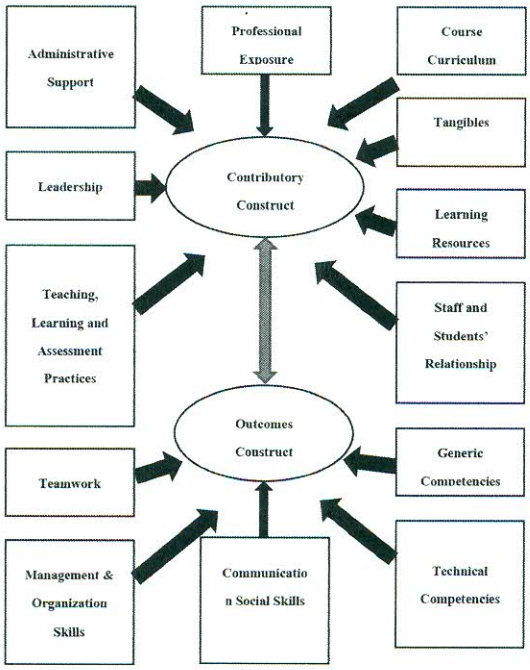
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 SERVQUAL

เครื่องมือ SERVQUAL เป็นเครื่องมือที่ Parasuraman et.al. [5] ได้ทำการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยกำหนดคุณภาพบริการ 5 มิติ คือ 1) ลักษณะทางกายภาพ (Tangibles) 2) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) 3) การตอบสนอง (Responsiveness) 4) การให้ความมั่นใจ (Assurance) และ 5) การเอาใจใส่ (Empathy) ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องตอบคำถาม 2 ครั้ง ครั้งละ 21 ข้อ ด้วยการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 7 โดยที่คะแนน 1 หมายถึงการไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Disagree) และคะแนน 7 หมายถึงการเห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree) ซึ่งคำถามชุดแรกเป็นการวัดความคาดหวัง (Expected Service Quality)

2.2 SERVQUAL-TRAN

เครื่องมือ SERVQUAL-TRAN (SERVQUAL TRANSNATIONAL ENGINEERING EDUCATION) เป็นเครื่องมือวัดคุณภาพการบริการทางการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์ Chong et.al. [6] กำหนดปัจจัยคุณภาพบริการ 13 มิติ ได้แก่ 1) ความเชี่ยวชาญทางด้านเทคนิค (Technical Competencies) 2) ความเชี่ยวชาญในทั่วไป (Generic Competencies) 3) การจัดการและทักษะขององค์กร (Management and Organization Skills) 4) สื่อสารและทักษะทางสังคม (Communication and Social Skills) 5) การทำงานเป็นทีม (Teamwork) 6) หลักสูตร (Course Curriculum) 7) การเรียนการสอนและแนวทางปฏิบัติในการประเมิน (Teaching, Learning, and Assessment Practices) 8) การสนับสนุนสำหรับผู้ดูแล (Administrative Support) 9) เจ้าหน้าที่และความ สัมพันธ์ของนักศึกษา (Staff and Students' Relationship) 10) ทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning Resources) 11) กายภาพ (Tangibles) 12) การเปิดรับระดับมืออาชีพ (Professional Exposure) 13) เป็นผู้นำ (Leadership ที่เรียกว่าSERVQUAL-TRAN FRAMEWORK ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบ SERVQUAL-TRAN (SERVQUAL-TRAN FRAMEWORK)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทบทวนและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคุณภาพบริการด้านการศึกษาโดยใช้เทคนิค SERVQUAL พบว่า เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมจากนักวิจัยจำนวนมากจากประเด็นคุณภาพทั้ง 5 มิติ สอดคล้องกับ มุกดา-ฉาย แสนเมือง [7] ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการบริการทางการศึกษาในมุมมองของผู้เรียนและผู้สอน พบว่าความคิดของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อคุณภาพการบริการทางการศึกษาตามมุมมองของผู้สอนโดยรวมอยู่ในระดับความเห็นด้วยปานกลาง

แต่ผู้เรียนมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย โดยผู้สอนให้ความสำคัญกับปัจจัยในด้านความน่าเชื่อถือมากสุดและผู้เรียนให้ความสำคัญกับปัจจัยในด้านความน่าเชื่อถือมากด้วยกัน สุกัญญา อิ่มลิ้มทาน [8] ได้ทำการศึกษาเรื่อง คุณภาพการบริการของสถาบันเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์ มีผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษา พบว่า นักศึกษาที่มีเพศต่างกันมีการรับรู้คุณภาพบริการต่างกัน ยกเว้นด้านการตอบสนอง นักศึกษาที่มีชั้นปีต่างกันมีการรับรู้คุณภาพบริการทั้ง 5 มิติ ต่างกัน นักวิจัยหลายท่านได้กำหนดประเด็นคุณภาพด้านการศึกษาขึ้นมาวิจัยเอง เช่น East [9] ได้ทำการวิจัยเพื่อสำรวจการรับรู้คุณภาพการบริการของนักศึกษาชาวต่างชาติที่ทำการศึกษาในคณะบริหารธุรกิจ ณ La Trobe University (Bundoora Campus) ประเทศออสเตรเลีย ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษาชาวต่างชาติส่วนใหญ่รู้สึกประทับใจกับการสอนและความสัมพันธ์ส่วนบุคคลอย่างไม่เป็นทางการที่อาจารย์ผู้สอนแสดงต่อนักศึกษา 2) นักศึกษาต่างชาติประสบปัญหาด้านความสัมพันธ์กับนักศึกษาชาวออสเตรเลีย (Local Student) ปัญหาส่วนใหญ่คือปัญหาด้านทัศนคติและวัฒนธรรม (Attitude and Culture) ซึ่งส่งผลต่อการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (Class Activities) Febriana Wurjaningrum [10] ได้ทำการศึกษาออกแบบและปรับปรุงคุณภาพบริการการศึกษาของมหาวิทยาลัย Airlangga พบว่าสิ่งที่มหาวิทยาลัยดังกล่าว ต้องปรับปรุงแก้ไข คือ 1) ผู้เรียนต้องการให้อาจารย์เพิ่มเนื้อหาในการสอน 2) ผู้เรียนต้องการให้อาจารย์เพิ่มการปฏิบัติในชั้นเรียน 3) ปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกในศูนย์วิทยบริการ 4) ขั้นตอนง่ายและสะดวกในการรับบริการ 5) พิจารณาค่าธรรมเนียมการศึกษา 6) ตั้งกล่องแสดงความคิดเห็นภายในมหาวิทยาลัย 7) ผู้เรียนต้องการให้เพิ่มช่วงเวลาให้คำปรึกษา 8) ให้ศิษย์เก่าและเจ้าหน้ามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม อย่างไรก็ตาม SERVQUAL ยังมีข้อจำกัดในด้านมิติที่เป็นพื้นฐานด้านการตลาดบริการทั่วไปไม่สามารถวัดคุณภาพการบริการด้านการศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ได้ครอบคลุม ทำให้ Chongและคณะ [6] ได้ประยุกต์เครื่องมือ SERVQUAL ให้เข้ากับการประเมินความพึงพอใจในการรับบริการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์โดยเรียกชื่อเครื่องมือที่สร้างขึ้นในการวิจัยนี้ว่า SERVQUAL-TRAN ได้ทำการศึกษาคุณภาพการบริการของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ นานาชาติในเมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย โดยมีการใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาที่ศึกษาในระดับชั้นปีที่ 3 และ 4 จำนวน 260 คน อาจารย์และพนักงาน 31 คน บัณฑิตที่จบการศึกษาจากหลักสูตรในปี 1999 จำนวน 80 คน ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า สิ่งที่เป็นจุดอ่อนต้องทำการปรับปรุงในส่วนของสิ่งอำนวยความสะดวกทางกายภาพโดยผู้เรียนต้องการคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์การเรียนทางด้านวิศวกรรมไม่เพียงพอ ห้องสมุดและสื่อที่เป็นมัลติมีเดียตามลำดับ จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า SERVQUAL-TRANS สามารถวัดประเด็นคุณภาพการบริการด้านการศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ได้ครอบคลุม กว่า SERVQUAL แต่ SERVQUAL-TRANS ยังมีจุดด้อยที่จะต้องปรับปรุงประเด็นคุณภาพให้เข้ากับงานวิจัยในครั้งนี้คือ ประยุกต์ประเด็นคุณภาพให้เข้ากับบริบทการศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ของประเทศไทย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีขอบเขตการศึกษาเฉพาะนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกชั้นปี จำนวน 99 คน

3.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การออกแบบสอบถามที่ได้จากการประยุกค์ใช้การศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยโดยเฉพาะกรอบแนวคิดคุณภาพการบริการการทางศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์ SERVQUAL-TRAN ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นคุณภาพการบริการตามกรอบของ SERVQUAL-TRAN FRAMEWORK โดยบูรณาการข้อคำถามให้เข้ากับการประกันคุณภาพการศึกษาประกอบด้วย

1) ASEAN University Network Quality Assurance (AUN-QA)

2) การประกันคุณภาพการศึกษา สถานศึกษาระดับอุดมศึกษา (สกอ.)

3) การประกันคุณภาพ การศึกษา สถานศึกษาระดับอุดมศึกษา (สมศ.)

ทั้งนี้ เพื่อให้ประเด็นคุณภาพการบริการที่กำหนดมีความสอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพการศึกษาภายในประเทศและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงได้กำหนดปัจจัยคุณภาพบริการออกเป็น 6 ด้านได้แก่ 1) ด้านหลักสูตร (Course Curriculum) 2) ด้านการเรียนการสอนและประเมินผล (Teaching, Learning, and Assessment) 3) ด้านการบริหารจัดการ (Management) 4) ด้านความสัมพันธ์ผู้เรียน (Students Relationship) 5) ด้านทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning Resources) 6) ด้านผลการเรียนของผู้เรียน (Learning Outcomes)

3.3 การวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม

การประยุกต์ใช้และการวิเคราะห์แบบสอบถาม SERVQUAL-TRAN คำนวณจากสัดส่วนของระดับบริการทำให้ได้ ผลลัพธ์ 2 ค่า คือ ระดับความคาดหวัง (Average Expectation Scores: E) และ ระดับพึงพอใจ (Average Satisfaction Scores: S) วิธีการคำนวณค่าคะแนนของเครื่องมือ การประเมินคุณภาพการบริการด้วยเครื่องมือ SERVQUAL-TRAN สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{คุณภาพบริการ} = S - E \qquad (1)$$

(S-E>0) หมายถึง นักศึกษาพึงพอใจในคุณภาพการบริการมาก

(S-E<0) หมายถึง นักศึกษาพึงพอใจในคุณภาพการบริการน้อย

(S-E=0) หมายถึง นักศึกษาพึงพอใจในคุณภาพการบริการเท่ากับความคาดหวัง

3.4 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)ใช้สถิติเชิงอนุมานในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความคาดหวังและความพึงพอใจ ใช้สถิติค่า t-test ในการทดสอบค่าเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระที่มีการแบ่งเป็น 2 กลุ่มของความคาดหวังต่อคุณภาพบริการและความพึงพอใจของการบริการการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

4. ผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลทั่วไป

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 99 ราย พบว่า 1) นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 86.9% 2) อายุมากที่สุดอยู่ระหว่าง 30-32 ปี คิดเป็น 30.3% รองลงมา อยู่ระหว่าง 27-29 ปี คิดเป็น 25.3% 3) รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001-30,000 บาท คิดเป็น 87.9% 4) หลักสูตรที่เรียนส่วนใหญ่

คือภาคพิเศษ คิดเป็น 100% และ 5) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่ศึกษามากที่สุด คือ หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต คิดเป็น 56.6% รองลงมา คือหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คิดเป็น 43.4% ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

	ปัจจัยด้านบุคคล	จำนวน (คน)	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	86	86.9
	หญิง	13	13.1
อายุ	23 ปีหรือต่ำกว่า	2	2.0
	24-26 ปี	19	19.2
	27-29 ปี	25	25.3
	30-32 ปี	30	30.3
	33-35 ปี	12	12.1
	36 ปี ขึ้นไป	11	11.1
รายได้ต่อเดือน	10,001-30,000 บาท	87	87.9
	30,001-50,000 บาท	10	10.1
	มากกว่า 50,000 บาท	2	2.0
หลักสูตรที่เรียน	ภาคปกติ	0	0
	ภาคพิเศษ	99	100
หลักสูตร	วิศวกรรมอุตสาหการ	43	43.4
	วิศวกรรมการผลิต	56	56.6

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค SERVQUAL-TRAN

4.2.1 วิเคราะห์ความคาดหวังต่อคุณภาพบริการ

วิเคราะห์ความคาดหวังต่อคุณภาพบริการการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีโดยรวมมีระดับความคาดหวังคุณภาพการบริการอยู่ในระดับมากที่สุด เท่ากับ 4.30 วิเคราะห์จำแนกออกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการเรียนการสอน และการประเมินผล ด้านทรัพยากรการเรียนรู้ รองลงมา คือ ด้านผลการเรียนของผู้เรียน และด้านความสัมพันธ์ผู้เรียน ความคาดหวังคุณภาพการบริการอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.45, 4.45, 4.40 และ 4.29 ตามลำดับ ส่วนด้านการบริหารจัดการ ด้านหลักสูตร ตามลำดับ มีความคาดหวังคุณภาพการบริการอยู่ในระดับมากเท่ากับ 4.14 และ 4.10 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความคาดหวังต่อคุณภาพการบริการ

ความคาดหวังต่อคุณภาพการบริการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคาดหวัง
1. ด้านหลักสูตร	4.10	มาก
2. ด้านการเรียนการสอนและการประเมินผล	4.45	มากที่สุด
3. ด้านการบริหารจัดการ	4.14	มาก
4. ด้านความสัมพันธ์ผู้เรียน	4.29	มากที่สุด
5. ด้านทรัพยากรการเรียนรู้	4.45	มากที่สุด
6. ด้านผลการเรียนของผู้เรียน	4.40	มากที่สุด
รวม	**4.30**	**มากที่สุด**

4.2.2 วิเคราะห์ความพึงพอใจต่อคุณภาพบริการ

วิเคราะห์ความพึงพอใจต่อคุณภาพบริการการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีโดยรวมมีระดับความพึงพอใจคุณภาพการบริการอยู่ในระดับมาก มีค่าเท่ากับ 3.91 วิเคราะห์จำแนกออกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านผลการเรียนของผู้เรียน มีระดับความพึงพอใจคุณภาพการบริการอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับ 4.22 รองลงมาคือ ส่วนด้านทรัพยากรการเรียนรู้ ด้านการเรียนการสอน และการประเมินผล ด้านความสัมพันธ์ผู้เรียน ด้านหลักสูตร และด้านการบริหารจัดการมีระดับความพึงพอใจ

คุณภาพการบริการอยู่ในระดับมากมีค่าเท่ากับ 4.17, 4.16, 3.85, 3.66 และ 3.44 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการ

ความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับการรับรู้
1. ด้านหลักสูตร	3.66	มาก
2. ด้านการเรียนการสอน และการประเมินผล	4.16	มาก
3. ด้านการบริหารจัดการ	3.44	มาก
4. ด้านความสัมพันธ์ผู้เรียน	3.85	มาก
5. ด้านทรัพยากรการเรียนรู้	4.17	มาก
6. ด้านผลการเรียนของผู้เรียน	4.22	มากที่สุด
รวม	**3.91**	**มาก**

4.2.3 วิเคราะห์การเปรียบเทียบความคาดหวังและความพึงพอใจ

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความคาดหวังต่อคุณภาพบริการและความพึงพอใจคุณภาพบริการ ด้วยเครื่องมือ SERVQUAL-TRAN ซึ่งเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพการบริการ (Service Quality) จากผลการวิเคราะห์ จำแนกออกเป็นประเด็นคุณภาพการบริการทั้ง 6 ด้าน 30 ประเด็น พบว่ามีคุณภาพบริการจำนวน 5 ประเด็นที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุงเนื่องจากมีค่าคะแนนเป็นลบมากที่สุด คือ 1) ประเด็นที่17 เจ้าหน้าที่สอบถามความเห็นและข้อร้องเรียนจากนักศึกษามีค่าเท่ากับ -1.02 2) ประเด็นที่16 มีการบริการนักศึกษาอย่างเพียงพอมีค่าเท่ากับ -0.89 3) ประเด็นที่14 สำนักงานบัณฑิตศึกษาและภาควิชาฯมีการจัดระบบการดูแลข้อคิดเห็นและตอบสนองต่อข้อคิดเห็นของนักศึกษามีค่าเท่ากับ -0.88 4) ประเด็นที่15 สำนักงานบัณฑิตศึกษาและภาควิชาฯ มีระบบการจัดการการบริหารและบันทึกการรักษา ระเบียนนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ -0.68 5) ประเด็นที่4 หลักสูตรส่งเสริมวิธีการเรียนรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิตมีค่าเท่ากับ -0.61 และผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพบริการจากจำนวนดังกล่าว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้น 1) ประเด็นที่26 ผู้เรียนมีคุณธรรมและจริยธรรม 2) ประเด็นที่27 สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง 3) ประเด็นที่29 ผู้เรียนมีทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 4) ประเด็นที่20 อาจารย์ผู้สอนเตรียมทรัพยากรการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา 5) ประเด็นที่18 อาจารย์ตอบสนองต่อการขอความช่วยเหลือจากนักศึกษาทันที 6) ประเด็นที่19 นักศึกษาได้รับความใส่ใจเป็นรายบุคคลจากผู้สอน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการ

คุณภาพการบริการ	ค่าเฉลี่ย (E)	ค่าเฉลี่ย (S)	(S-E)	SD	t	*P*
ด้านหลักสูตร						
1. หลักสูตรมีความทันสมัย	4.37	3.86	-0.52	0.69	-7.423*	0.000
2. หลักสูตรมีเนื้อหาที่เป็นภาษาอังกฤษทุกรายวิชา	4.00	3.59	-0.41	0.86	-4.807*	0.000
3. มีการนำความต้องการของตลาดวิชาชีพเข้ามาพิจารณาในการออกแบบหลักสูตร	4.08	3.67	-0.41	0.81	-5.098*	0.000
4. หลักสูตรส่งเสริมวิธีการเรียนรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิต	4.14	3.54	-0.61	1.02	-5.921*	0.000
5. หลักสูตรประกอบไปด้วยรายวิชาพื้นฐาน รายวิชาขั้นก้าวหน้าจนถึงรายวิชาเฉพาะทางรวมถึงการทำโครงการและวิทยานิพนธ์	4.30	4.14	-0.16	0.77	-2.101*	0.038
6. นักศึกษามีส่วนร่วมในการออกแบบหลักสูตร	3.69	3.17	-0.52	1.15	-4.472*	0.000
ด้านการเรียนการสอน และการประเมินผล						
7. อาจารย์สามารถประยุกต์ใช้วิธีการสอนที่เหมาะสม	4.47	4.22	-0.25	0.69	-3.640*	0.000
8. กลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนสามารถทำให้นักศึกษาได้ความรู้และสามารถใช้ความรู้ในเชิงวิชาการ	4.41	4.10	-0.31	0.58	-5.345*	0.000
9. กลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนคำนึงถึงผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและกระตุ้นการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ	4.20	3.85	-0.35	0.80	-4.400*	0.000
10. อาจารย์ให้คำแนะนำ และตอบข้อสงสัยได้อย่างชัดเจน	4.65	4.36	-0.28	0.73	-3.860*	0.000
11. งานที่มอบหมายได้รับการให้คะแนนพร้อมข้อแนะนำจากผู้สอนและส่งคืนให้กับผู้เรียนในระยะเวลาที่เหมาะสม	4.53	4.24	-0.28	0.59	-4.772*	0.000
ด้านการบริหารจัดการ						
12. ห้องเรียนทฤษฎีและห้องปฏิบัติการสามารถใช้งานได้สะดวก	4.26	3.71	-0.56	1.12	-4.945*	0.000
13. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และงานวิศวกรรมมีความทันสมัยและเพียงพอ	4.14	3.65	-0.49	0.80	-6.155*	0.000
14. สำนักงานบัณฑิตศึกษาและ/หรือภาควิชาฯมีการจัดระบบการดูแลข้อคิดเห็นและตอบสนองต่อข้อคิดเห็นของนักศึกษา	4.07	3.19	-0.88	1.05	-8.308*	0.000
15. สำนักงานบัณฑิตศึกษาและ/หรือภาควิชาฯ มีระบบการจัดการการบริหารและบันทึกการรักษา ระเบียนนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.01	3.33	-0.68	0.89	-7.565*	0.000
16. การบริการนักศึกษามีอย่างเพียงพอ	4.21	3.32	-0.89	1.12	-7.870*	0.000
ด้านความสัมพันธ์กับผู้เรียน						
17. เจ้าหน้าที่สอบถามความเห็นและข้อร้องเรียนจากนักศึกษา	3.94	2.92	-1.02	1.14	-8.883*	0.000
18. อาจารย์ตอบสนองต่อการขอความช่วยเหลือจากนักศึกษาทันที	4.43	4.27	-0.16	0.83	-1.939	0.055
19. นักศึกษาได้รับความใส่ใจเป็นรายบุคคลจากผู้สอน	4.51	4.34	-0.16	0.85	-1.884	0.063
รวม	**4.30**	**3.91**	**-0.39**	**0.45**	**-8.621***	**0.000**

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการ (ต่อ)

คุณภาพการบริการ	ค่าเฉลี่ย (E)	ค่าเฉลี่ย (S)	(S-E)	SD	t	*P*
ด้านทรัพยากรการเรียนรู้						
20. อาจารย์ผู้สอนเตรียมทรัพยากรการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา	4.44	4.33	-0.11	0.78	-1.416	0.160
21. อาจารย์ผู้สอนมีคุณสมบัติเพียงพอต่อหลักสูตรที่เปิดสอน	4.55	4.37	-0.17	0.54	-3.192*	0.002
22. ทรัพยากรการเรียนรู้ของหลักสูตรเพียงพอ	4.39	3.85	-0.55	0.87	-6.223*	0.000
23. อาจารย์ผู้สอนมีประสบการณ์ในภาคอุตสาหกรรมเพียงพอต่อการให้ความรู้นักศึกษา	4.61	4.45	-0.15	0.66	-2.283*	0.025
24. มีการบริการห้องสมุดและแหล่งสืบค้นข้อมูลเพียงพอ	4.47	4.15	-0.32	0.75	-4.268*	0.000
25. ทรัพยากรการเรียนรู้และข้อมูลต่างๆเผยแพร่บนเว็บเพจของมหาวิทยาลัย	4.24	3.84	-0.40	0.99	-4.065*	0.000
ผลการเรียนของผู้เรียน						
26. ผู้เรียนมีคุณธรรมและจริยธรรม	4.37	4.38	0.01	0.44	0.228	0.820
27. สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.49	4.43	-0.06	0.64	-0.948	0.345
28. ผู้เรียนมีทักษะที่ดีในการทำวิจัยและการเขียนบทความทางวิชาการ	4.33	3.90	-0.43	0.91	-4.774*	0.000
29. ผู้เรียนมีทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	4.47	4.38	-0.09	0.61	-1.489	0.140
30. ผู้เรียนมีทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	4.30	4.00	-0.30	0.91	-3.318*	0.001
รวม	**4.30**	**3.91**	**-0.39**	**0.45**	**-8.621***	**0.000**

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5. สรุปผลและอภิปราย

ผลการวิจัยเรื่องคุณภาพการบริการของการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา กรณีศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มทร.ธัญบุรี โดยการใช้เทคนิค SERVQUAL-TRAN พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความคาดหวังและความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการนักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่ำที่ค่าคะแนน-0.39 เนื่องจากคะแนนความพึงพอใจการบริการต่ำกว่าค่าคะแนนความคาดหวังทุกข้อคำถามและทุกประเด็นส่งผลให้ค่าความพึงพอใจมีค่าติดลบในทุกข้อคำถามและทุกประเด็น ค่าคะแนน SERVQUAL-TRAN ที่ติดลบหมายถึง การจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มทร.ธัญบุรี ไม่สามารถส่งมอบงานบริการให้สอดคล้องกับความคาดหวังของนักศึกษา แสดงให้เห็นความผิดพลาดและความด้อยคุณภาพในการบริการ โดยมีประเด็นสำคัญที่ต้องปรับปรุง 5 อันดับแรก คือ 1) เจ้าหน้าที่สอบถามความเห็นและข้อร้องเรียนจากนักศึกษา 2) การบริการนักศึกษา 3) สำนักงานบัณฑิตศึกษาและ/หรือภาควิชาฯควรมีการจัดระบบการดูแลข้อคิดเห็นและตอบสนองต่อข้อคิดเห็นของนักศึกษา 4) สำนักงานบัณฑิตศึกษาและ/หรือภาควิชาฯ มีระบบการจัดการการบริหารและบันทึกการรักษา ระเบียนนักศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภคพล ภุมรานนท์ ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาเชิงประจักษ์การส่งมอบคุณภาพการบริการระหว่างความคาดหวังและการรับรู้ผลลัพธ์การบริการนักศึกษาในโรงเรียนอาชีวศึกษาเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยคุณภาพบริการที่มีความจำเป็นควรได้รับการปรับปรุงคือ ด้านดูแลการเอาใจใส่ [11] 5) หลักสูตรส่งเสริมวิธีการเรียนรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิตควรจะต้องสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chong และคณะซึ่งท่าน ได้ทำการศึกษาคุณภาพการบริการของหลักสูตรวิศวกรรมนานาชาติใน

เมืองปีนัง ประเทศมาเลเซียโดยได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้วัดคุณภาพการบริการขึ้นมา เรียกว่า SERVQUAL-TRAN พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีเนื้อหาหลักสูตรที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ [6]

6.ข้อเสนอแนะ

1) งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือ SERVQUAL-TRAN ของ Chong และคณะ [6] เพื่อใช้ในการวัดคุณภาพการบริการหลักสูตรวิศวกรรม ผู้วิจัยพบว่า เครื่องมือ SERVQUAL-TRAN มีความยากต่อความเข้าใจในบางข้อคำถาม และข้อคำถามยังคล้ายกันก่อให้เกิดความเข้าใจคาดเคลื่อนสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้ทำการศึกษาครั้งต่อไปควรปรับปรุงคำถามให้ง่ายต่อการเข้าใจและให้สอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศาสตร์ภายในประเทศ

2) ควรเพิ่มเติมในส่วนคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้แสดงความคิดเห็น

3) ควรทำการศึกษาคุณภาพการบริการของการจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษาทุกหลักสูตรที่มหาวิทยาลัยเปิดสอนเพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาพร้อมการแก้ไขปรับปรุงจุดอ่อนต่อการบริการให้ดียิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การส่งมอบสิ่งที่ดีที่สุดแก่นักศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ และนายชาลีย์พันธ์ พุฒิรัตน์ ที่ให้โอกาสได้รับทุนในการศึกษาเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. **ทิศทางการอุดมศึกษาไทย.** Available: http://blog.eduzones.com/drkrieng/7614 (14 กันยายน 2554).

[2] ธิดารัตน์ โชคสุชาติ, 2553.**ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ความสำคัญและการเตรียมความพร้อมของไทย**. วารสารมฉก.วิชาการ,ฉบับที่ 27, ปีที่ 14, หน้า 99-112.

[3] สุธีร์ รัตนนาคินทร์. **วิสัยทัศน์และกลยุทธ์ในการสร้างภาพลักษณ์ของสถาบันอุดมศึกษา และคน**. Available: http://cuast.net/wpcontent/uploads/2011/01/บรรยาย-ผศ.สุธีร์.ppt (1 เมษายน 2555).

[4] พิรุณ ศรีวุฒิชาญ. **โอกาส AECโอกาสวิศวกรรมไทย**. Available: http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=186528:-aec&catid=231:aec-news&Itemid=621#.Uv7ZGmJ_uzw (1 เมษายน 2555).

[5] Parasuraman, A., Berry, L.L., and Zeithaml, V.A.(1991). Refinement and Reassessment of the SERVQUAL Scale. **Journal of Retailing**. 67(4).420-450.

[6] Chong,C,and Kee Ng,K. Time and Timeing in Service Quality : A Study of an Education Institution. **Sasin Journal of Management,7** (Number 1).

[7] มุกดาฉาย แสนเมือง, 2547.**การศึกษาเพื่อระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการบริการทางการศึกษาตามมุมมองของผู้เรียนและผู้สอน กรณีศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษาด้านการจัดการเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม**.งานวิจัยมหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[8] สุกัญญา อิ่มลิ้มทาน, 2553.**ศึกษาคุณภาพบริการของสถาบันเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษา**.การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ .

[9] East,J. **Student as Customers: International student perception of educational services as La Trobe University**. La Trobe University Unpublished Masters Thesis, University New England Armidale, NSW2351, Australia.

[10] Febriana.W., "**Design of Education Service Quality Improvement of Airlangga University by Applying Quality Function Deployment (QFD) Model,**" Service Systems and Service Management, 2008 International Conference on (Electronic), 2008, pp. 1-6.Available: IEEE (4 April 2011).

[11] ภคพล ภุมรานนท์, 2548 .**การศึกษาเชิงประจักษ์การส่งมอบคุณภาพบริการระหว่างความคาดหวังและการรับรู้ผลลัพธ์การบริการของนักศึกษาในโรงเรียนอาชีวศึกษาเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

คุณภาพงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรี
Quality of Construction Works of Sub-district Administrative Organization in Chonburi Province

สุธรรม เงินมีศรี[1] ทวีชัย สำราญวานิช[2] อานนท์ วงษ์แก้ว[2] และอมรชัย ใจยงค์[3]

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งศึกษาการจัดการคุณภาพของงานก่อสร้างในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระดับองค์การบริหารส่วนตำบลในเขตจังหวัดชลบุรี โดยประเมินการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตจังหวัดชลบุรี จากผู้บริหารองค์การบริหารส่วนตำบลในเขตจังหวัดชลบุรีได้แก่ นายกองค์การบริหารส่วนตำบล ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบล หรือผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ หัวหน้าส่วนโยธาหรือผู้อำนวยการกองช่างในเขตจังหวัดชลบุรี ขององค์การบริหารส่วนตำบลจำนวน 48 แห่ง ด้วยแบบสอบถาม โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดและหลักการ Maturity Model ทำการแบ่งระดับการประเมิน (Maturity Level Evaluation System: MLES) ออกเป็น 5 ระดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีองค์การบริหารส่วนตำบลจำนวนร้อยละ 6.25 ที่ไม่ผ่านการประเมินระดับที่ 1 ร้อยละ 4.17 มีระดับ MLES อยู่ที่ระดับที่ 1 ร้อยละ 31.25 มีการจัดการงานก่อสร้างอยู่ในระดับที่ 2 ส่วนองค์การบริหารส่วนตำบลที่มีการจัดการด้านงานก่อสร้างในระดับที่ 3 และ 4 เท่ากันที่จำนวนร้อยละ 6.25 และองค์การบริหารส่วนตำบลมีระดับการประเมินอยู่ที่ระดับ 5 คิดเป็นร้อยละ 45.83 และจากการศึกษาระดับความสำคัญของปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างในด้านต่างๆ พบว่าปัญหาจากการสำรวจเพื่อการออกแบบมีความสำคัญอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปัญหาจากการออกแบบและการประมาณการ การควบคุมงานก่อสร้าง การตรวจงานก่อสร้าง และการติดตามผลงานงานซ่อมบำรุงและการคืนเงินประกันสัญญามีระดับปัญหาอยู่ที่ระดับมาก นอกจากนี้พบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรีมีจุดเด่นที่มีการศึกษาข้อกฎหมายและระเบียบต่างๆ ก่อนดำเนินโครงการ และมีจุดด้อยที่ขาดแคลนบุคลากรในการจัดการงานก่อสร้างให้สมบูรณ์

คำสำคัญ: คุณภาพ, งานก่อสร้าง, องค์การบริหารส่วนตำบล, ชลบุรี

---

[1] มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[3] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Abstract

This paper aims to determine the quality of construction managements of sub-district administrative organizations (SAOs) in Chonburi province. Evaluation of construction managements for those SAOs was done by surveying of the authorities who are responsible in construction managements of SAOs as Chief Executive of the SAOs, Chief Administrator of the SAOs, and/or Chief Construction division of the SAOs. The forty-eight questionnaires were distributed to each SAO, completed and returned by those authorities. By applying the maturity model concept, the maturity level evaluation system (MLES) level of construction managements was categorized into five levels ranging from 1 to 5. As the results from statistical analysis, it was found that 6.25 percent of those forty-eight sub-district Administrative Organizations had MLES below the first level. It was found that 4.17 percent of SAOs practiced with MLES level 1, and 31.25 percent was in MLES level 2. Among those SAOs, 6.25 percent showed the MLES in construction managements at levels of 3 and 4. There was 45.83 percent of SAOs in Chonburi province performed at the MLES level 5. The study also extended to evaluate the problems particularly related to the construction managements in SAOs. The results showed that the problem related to survey for construction designs had a level of medium. The problems created from design and estimation of construction work, construction control work, quality inspection work and maintenance and contract coverage work show level of high. Moreover, it was found that the SAOs in Chonburi province have the strength on the study of laws and rules before starting the project and have the weakness on the lack of persons in construction management.

Keywords: quality, constructions works, sub-district administrative organization, Chonburi.

1. บทนำ

พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ.2537 [1] ได้กำหนดให้มีองค์การบริหารส่วนตำบล หรือ อบต. ซึ่งเป็นหน่วยงานบริหารราชการส่วนท้องถิ่น มีฐานะเป็นนิติบุคคลและมีอำนาจหน้าที่ในการพัฒนาทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมในท้องถิ่นนั้น ซึ่งภารกิจหนึ่งที่สำคัญก็คือ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับให้บริการประชาชนในท้องถิ่น อาทิเช่น ถนน สะพาน ไฟฟ้า ประปา และอาคาร เป็นต้น องค์การบริหารส่วนตำบลจึงต้องเกี่ยวข้องกับการบริหารงานก่อสร้างในท้องถิ่นนั้น ๆ ด้วย โดยในงานก่อสร้างต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้านวิชาชีพเฉพาะ ทั้งวิศวกรและช่างสาขาต่างๆ ซึ่งบุคลากรเหล่านี้จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจทั้งกฎหมาย ข้อบังคับและระเบียบต่าง ๆ รวมทั้งต้องทราบแนวทางการบริหารโครงการและควบคุมงานก่อสร้างที่ดีและถูกต้อง [2-4] เพื่อจะได้ดำเนินโครงการเพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนในท้องถิ่นนั้น

ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ปัจจุบันพบว่ามีปัญหาด้านคุณภาพงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในหลายๆ พื้นที่ [5] ส่งผลให้โครงสร้างพื้นฐานที่ก่อสร้างขึ้นมาด้วยงบประมาณท้องถิ่นเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหายเร็วกว่าที่ควร ทำให้ท้องถิ่นต้องเสียงบประมาณในการซ่อมแซมแก้ไขโครงสร้างพื้นฐานเหล่านั้นเป็นจำนวนมาก

ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงมุ่งศึกษาระดับคุณภาพงานก่อสร้าง และระดับความสำคัญของปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างของส่วนโยธาในองค์การบริหารส่วนตำบลในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยเน้นภาระหน้าที่หลักของส่วนโยธาในองค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการสำรวจเพื่อการออกแบบ 2) ด้านการออกแบบและประมาณการ 3) ด้านการควบคุมงานก่อสร้าง 4) ด้านการตรวจรับงานก่อสร้าง และ 5) ด้านการติดตามผลงานซ่อมบำรุงและการคืนเงินค้ำประกันสัญญา รวมทั้งได้ศึกษาจุดเด่นและจุดด้อยของการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลอีกด้วย

2. รายละเอียดการศึกษา

2.1 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษาข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี รวมทั้งการจัดการงานก่อสร้างส่วนโยธาขององค์การบริหารส่วนตำบล ใน 5 ด้าน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคำนวณจากสูตรของ Taro Yamane (1973) [6] โดยกำหนดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากจำนวนประชากรองค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรีจำนวนทั้งหมด 54 แห่ง จึงได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลจำนวน 48 แห่ง โดยแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ผู้บริหาร ได้แก่ นายกองค์การบริหารส่วนตำบล หรือปลัดองค์การบริหารส่วนตำบล
2) ผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ หัวหน้าส่วนโยธา หรือผู้อำนวยการกองช่าง

2.2 การเก็บข้อมูล

ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยแบบสอบนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนเพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้งานจริง แบบสอบถามประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและองค์การบริหารส่วนตำบล โดยมี 9 ข้อ ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ วุฒิการศึกษา ประสบการณ์การทำงาน และตำแหน่งในองค์การบริหารส่วนตำบล และข้อมูลทั่วไปขององค์การบริหารส่วนตำบล เช่น ขนาดขององค์การบริหารส่วนตำบล จำนวนผู้ปฏิบัติงานในส่วนโยธา งบประมาณก่อสร้างต่อปีขององค์การบริหารส่วนตำบลและจำนวนโครงการก่อสร้างต่อปี ส่วนที่สองเป็นคำถามเกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการงานก่อสร้างของส่วนโยธาในองค์การบริหารส่วนตำบล ซึ่งแยกเป็น 5 ด้านตามภาระหน้าที่ของส่วนโยธา โดยในแต่ละด้านประกอบด้วย 4 หมวด ได้แก่ หมวดกฎหมายข้อบังคับและระเบียบต่างๆ หมวดเครื่องมือและอุปกรณ์ หมวดบุคลากรและหมวดวิธีปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีคำถามที่สอบถามเกี่ยวกับระดับปัญหาในแต่ละด้านและข้อเสนอแนะด้วย ใช้ค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยมีความหมายในแต่ละระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนและความหมายของคำตอบ

คะแนน	ความหมาย
5	ปฏิบัติทุกครั้งหรือทุกโครงการ หรือเกิดขึ้นทุกครั้ง หรือทุกโครงการ หรือไม่มีปัญหาเลย
4	ปฏิบัติเกือบทุกครั้งหรือ เกือบทุกโครงการ หรือ เกิดขึ้นเกือบทุกครั้ง หรือเกือบทุกโครงการ หรือมีปัญหาน้อย
3	ปฏิบัติบางครั้งบางคราวแล้วแต่ความจำเป็น หรือเกิดขึ้นบางครั้งบางคราวแล้วแต่สถานการณ์ หรือมีปัญหาปานกลาง
2	นานๆปฏิบัติครั้ง หรือนาน ๆ เกิดขึ้นครั้ง หรือมีปัญหามาก
1	ไม่ได้ปฏิบัติ หรือ ไม่เคยเกิดขึ้นเลย หรือ มีปัญหามากที่สุด

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของงานก่อสร้างจาก

ตารางที่ 2 ระดับคุณภาพและความหมายตามเกณฑ์ของคะแนนคำตอบของคำถามด้านต่าง ๆ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	ความหมาย
ตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 2 เกิน 52 ข้อ (คิด 80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3 ทั้งหมด 65 ข้อ) ถือว่าผ่านการประเมินระดับ 1	ระดับ 1	นิยามของการประเมินระดับ 1 คือ ไม่มีการศึกษาเรื่องกฎหมาย ไม่มีอุปกรณ์ที่พร้อมในการทำงาน บุคลากรไม่เพียงพอ วิธีปฏิบัติงานไม่เหมาะสมตามหลักวิศวกรรม (ดังนั้น หากมีการตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 2 คือมีการปฏิบัติบางครั้งบางคราวแล้วแต่ความจำเป็นเกิน 52 ข้อ (80% ของจำนวนข้อทั้งหมดในข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3) ถือว่าผ่านระดับ 1)
ตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 เกิน 33 ข้อ (คิด 50% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3 ทั้งหมด 65 ข้อ) ถือว่าผ่านการประเมินระดับ 2	ระดับ 2	นิยามของการประเมินระดับ 2 คือ องค์กรเริ่มมีการสร้างระบบในการจัดการ (ดังนั้น หากมีการตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติเกือบทุกครั้งเกิน 33 ข้อ (50% ของจำนวนข้อทั้งหมดในข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3) ถือว่าผ่านระดับ 2)
ตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 เกิน 52 ข้อ (คิด 80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3 ทั้งหมด 65 ข้อ) ถือว่าผ่านการประเมินระดับ 3	ระดับ 3	นิยามของการประเมินระดับ 3 คือ การจัดการที่เป็นระบบมีแนวทางในการปฏิบัติในองค์กรที่ชัดเจน (ดังนั้น หากมีการตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติเกือบทุกครั้งเกิน 52ข้อ (80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 1-3 ทั้งหมด 65 ข้อ) ถือว่าผ่านระดับ 3)

ตารางที่ 2 ระดับคุณภาพและความหมายตามเกณฑ์ของคะแนนคำตอบของคำถามด้านต่าง ๆ (ต่อ)

คะแนน	ระดับคุณภาพ	ความหมาย
ตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 เกิน 21 ข้อ (คิด 80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 4 ทั้งหมด 25 ข้อ) ถือว่าผ่านการประเมินด้านที่ 4	ระดับ 4	นิยามของการประเมินระดับ 4 คือ มีการพัฒนาปรับปรุงแนวทางในการจัดการงานก่อสร้างให้ดีขึ้น (ดังนั้น หากมีการตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติเกือบทุกครั้งมากกว่าหรือเท่ากับ 21 ข้อ (80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 4 ทั้งหมด 25 ข้อ) ถือว่าผ่านระดับ 4)
ตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 เกิน 17 ข้อ (คิด 80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 5 ทั้งหมด 21 ข้อ) ถือว่าผ่านการประเมินระดับ 5	ระดับ 5	นิยามของการประเมินระดับ 5 คือ มีการนำผลการประเมินไปปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นตลอดเวลา (ดังนั้น หากมีการตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คือ มีการปฏิบัติเกือบทุกครั้งมากกว่าหรือเท่ากับ 17 ข้อ (80% ของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดด้านที่ 5 ทั้งหมด 21 ข้อ) ถือว่าผ่านระดับ 5)

ข้อมูลคำตอบของแบบสอบถามด้านต่างๆ โดยการประยุกต์ใช้

แนวคิดและหลักการ Maturity Model ซึ่งได้ทำการแบ่งระดับคุณภาพการประเมิน (Maturity Level Evaluation System: MLES) ออกเป็น 5 ระดับ [7, 8] ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ ได้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS เวอร์ชั่น 20 เพื่อประเมินระดับความสำคัญด้วยเกณฑ์ดังนี้ ช่วงคะแนนเฉลี่ย 4.21–5.00 มีความสำคัญมากที่สุด, 3.41–4.20 มีความสำคัญมาก, 2.61–3.40 มีความสำคัญปานกลาง, 1.81–2.60 มีความสำคัญน้อย และ 1.00-1.80 มีความสำคัญน้อยที่สุด

3 ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง โดยเพศชายคิดเป็นร้อยละ 89.60 ส่วนเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 10.40 กลุ่มตัวอย่างส่วน

ใหญ่มีอายุอยู่ระหว่าง 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 43.75 รองลงมา 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.42 และน้อยที่สุดอยู่ในช่วงอายุ 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 20.83 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 100 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ดำรงตำแหน่งหัวหน้าส่วนโยธามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 66.70 รองลงมาคือปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลคิดเป็นร้อยละ 20.80 และน้อยที่สุดคือ ตำแหน่งนายกองค์การบริหารส่วนตำบลคิดเป็นร้อยละ 12.50 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 8 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมา 4-8 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.25 และน้อยที่สุดอยู่ในช่วงประสบการณ์การทำงาน 1-4 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.08

3.2 ข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบล

กลุ่มตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลที่สามารถจัดเก็บภาษีเพื่อนำมาใช้ในการบริหารในองค์การบริหารส่วนตำบลมากที่สุด คือ 6-12 ล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมา คือ เก็บได้มากกว่า 20 ล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 18.75 และน้อยที่สุด คือ เก็บได้ 12-20 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 14.58 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีจำนวนบุคลากรในส่วนงานโยธา 0-3 คน คิดเป็นร้อยละ 95.83 รองลงมา คือ 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17 งบประมาณขององค์การบริหารส่วนตำบลที่ใช้ในการก่อสร้างต่อปี มากที่สุด คือ ร้อยละ 41-60 ของรายได้ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 81.25 รองลงมา คือ ร้อยละ 21-40 ของรายได้ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 18.75 และไม่มีองค์การบริหารส่วนตำบลที่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างต่ำกว่าร้อยละ 20 ของรายได้ต่อปี กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีจำนวนโครงการก่อสร้างเฉลี่ยในแต่ละปีมากที่สุดตั้งแต่ 5-10 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 85.42 รองลงมา คือ ตั้งแต่ 11-15 โครงการคิดเป็นร้อยละ 14.58

3.3 ระดับคุณภาพงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบล

ตารางที่ 3 ระดับคุณภาพงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 48 แห่ง

ระดับคุณภาพ	จำนวน (แห่ง)	คิดเป็นร้อยละ
ไม่ผ่านการประเมิน	3	6.25
ผ่านระดับที่ 1	2	4.17
ผ่านระดับที่ 2	15	31.25
ผ่านระดับที่ 3	3	6.25
ผ่านระดับที่ 4	3	6.25
ผ่านระดับที่ 5	22	45.83

กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามมาทั้งหมด 48 แห่ง เมื่อนำมาประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านระดับคุณภาพที่ต่ำกว่าจะถูกตัดทิ้ง ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เหลือจะนำไปประเมินระดับคุณภาพที่สูงขึ้นไปเรื่อยๆ จนได้ตามเกณฑ์ ซึ่งข้อมูลการประเมินระดับคุณภาพงานก่อสร้างที่ได้จากแบบสอบถามสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่า มีองค์การบริหารส่วนตำบลที่ไม่ผ่านการประเมินมีจำนวนร้อยละ 6.25 ผ่านการประเมินระดับที่ 1 มีจำนวนร้อยละ 4.17 ผ่านการประเมินระดับที่ 2 มีจำนวนร้อยละ 31.25 ส่วนองค์การบริหารส่วนตำบลที่มีระดับการบริหารจัดการงานก่อสร้างผ่านการประเมินระดับที่ 3 และ 4 มีจำนวนเท่ากันคือร้อยละ 6.25 และองค์การบริหารส่วนตำบลเกือบครึ่งหนึ่งของทั้งหมดคือร้อยละ 45.83 ผ่านระดับการประเมินระดับที่ 5 ซึ่งหมายถึง มีการนำผลการประเมินการดำเนินงานไปใช้ปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นตลอดเวลา

3.4 ระดับความสำคัญของปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างในด้านต่างๆ

ระดับความสำคัญของปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างในด้านต่างๆ ทั้ง 5 ด้านของส่วนงานโยธาองค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งโดยภาพรวมพบว่า องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีมีปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างอยู่มากพอสมควร กล่าวคือปัญหาด้านการสำรวจเพื่อการออกแบบมีระดับความสำคัญของปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปัญหาด้านการออกแบบและประมาณการ ด้านการควบคุมงานก่อสร้าง ด้านการตรวจรับงานก่อสร้าง และด้านการติดตามผลงานซ่อมบำรุงและการคืนเงินค้ำประกันสัญญา

ตารางที่ 4 ระดับความสำคัญของปัญหาการบริหารจัดการงานก่อสร้างในด้านต่างๆ

การบริหารจัดการงานก่อสร้าง	ค่าเฉลี่ย	ระดับความสำคัญของปัญหา
1. ด้านการสำรวจเพื่อการออกแบบ	3.09	ปานกลาง
2. ด้านการออกแบบและการประมาณการ	3.63	มาก
3. ด้านการควบคุมงานก่อสร้าง	3.88	มาก
4. ด้านการตรวจรับงานก่อสร้าง	3.61	มาก
5. การติดตามผลงานซ่อมบำรุงและการคืนเงินค้ำประกันสัญญา	3.62	มาก

มีระดับความสำคัญของปัญหาอยู่ในระดับมาก โดยที่ด้านการควบคุมงานก่อสร้างมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88)

3.5 จุดเด่นและจุดด้อยของการบริหารจัดการงานก่อสร้าง

จากข้อมูลจากแบบสอบถามเมื่อนำมาวิเคราะห์หาจุดเด่นและจุดด้อยของการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี พบว่า จุดเด่นของการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรี มีดังนี้

1) มีการศึกษาข้อกฎหมายและระเบียบต่าง ๆ ก่อนดำเนินโครงการเพื่อป้องกันปัญหาทางด้านกฎหมาย เช่น การลุกล้ำ การละเมิดสิทธิของผู้อื่น

2) มีการบังคับใช้ข้อกฎหมายและระเบียบต่าง ๆ อย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกับการกระทำที่ผิดระเบียบและผิดกฎหมาย

3) มีการสำรวจตรวจสอบสภาพพื้นที่ก่อนดำเนินโครงการเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในเรื่องของการออกแบบและการจัดทำประมาณการ

4) มีกระบวนการตรวจสอบการทำงานทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพ

5) มีการนำประชาคมเข้ามามีส่วนร่วมตรวจสอบการทำงานเพื่อให้มีความโปร่งใส

6) มีการพัฒนาทักษะความรู้ความสามารถให้กับบุคลากรผู้ปฏิบัติเพื่อให้มีความพร้อมในการปฏิบัติหน้าที่

7) มีการสำรวจตรวจสอบโครงการที่ดำเนินการไปแล้วว่ามีความสมบูรณ์และมีความพร้อมที่จะใช้งานพร้อมทั้งมีการปรับปรุงหรือซ่อมแซมบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดี

ส่วนจุดด้อยของการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรี มีดังนี้

1) ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถและมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้การดำเนินงานตามขั้นตอนต่างๆ ของการจัดการงานก่อสร้างไม่สมบูรณ์

2) มีระเบียบและกฎหมายหลายฉบับเข้ามาเกี่ยวข้องที่ต้องปฏิบัติอาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

3) ประชาคมหมู่บ้านยังขาดความรู้ความเข้าใจในงานและอำนาจหน้าที่

4) องค์การบริหารส่วนตำบลหลายแห่งยังไม่มีงบประมาณเพียงพอในการปรับปรุงระบบและจัดหาเครื่องมือเครื่องใช้ที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน

5) ขาดบุคลากรที่จะทำหน้าที่ตรวจสอบและซ่อมแซมบำรุงรักษา

6) การตรวจสอบคุณภาพวัสดุยังต้องขอความร่วมมือกับหน่วยงานอื่นๆ

4. สรุปผล

จากผลการศึกษาและอภิปรายผล สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีมีขนาดองค์การบริหารส่วนตำบล จำนวนบุคลากรในส่วนโยธา งบประมาณก่อสร้าง และจำนวนโครงการก่อสร้างเฉลี่ยต่อปีที่แตกต่างกัน และมีระดับคุณภาพของงานก่อสร้างและการบริหารจัดการงานก่อสร้างที่แตกต่างกัน

2) องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีที่ไม่ผ่านการประเมินระดับที่ 1 มีจำนวนร้อยละ 6.25 ผ่านการประเมินระดับ 1 มีจำนวนร้อยละ 4.17 ผ่านการประเมินระดับ 2 มีจำนวนร้อยละ 31.25 ผ่านการประเมินระดับที่ 3 และ 4 มีจำนวนเท่ากันร้อยละ 6.25 และมีองค์การบริหารส่วนตำบลจำนวนร้อยละ 45.83 ที่ผ่านการประเมินระดับ 5

3) จุดเด่นการบริหารจัดการงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีคือ มีการศึกษาข้อกฎหมายบังคับใช้อย่างเคร่งครัด และมีการทำงานอย่างเป็นขั้นเป็นตอน มีกระบวนการตรวจสอบทุกขั้นตอน รวมถึงการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน ส่วนจุดด้อยคือ มีบุคลากรไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้การดำเนินงานตามขั้นตอนต่างๆ ของการจัดการงานก่อสร้างไม่สมบูรณ์ กระบวนการทำงานและการตรวจสอบมีขั้นตอนมากและมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องหลายด้าน ในทางปฏิบัติก่อให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่จังหวัดชลบุรีมีความแตกต่างด้านงบประมาณและมีอย่างจำกัด จึงไม่สามารถนำมาพัฒนาระบบและบุคลากรได้มากนัก

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาเพื่อส่งเสริมความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ 12/2555 ซึ่งคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. **พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล .** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.local.moi.go.th/tambon_update.pdf (1 ธันวาคม 2555)

[2] พนม ภัยหน่าย, 2536. **การบริหารงานก่อร้าง.** กรุงเทพฯ : สมาคส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

[3] Peurifoy, R.L., Ledbetter, W.B., Schexnayder, C.J. 1996. **Construction Planning, Equipment and Methods** : McGraw-Hill.

[4] คณะอนุกรรมการสาขาบริหารงานก่อสร้าง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2552. **แนวทางการบริหารโครงการและควบคุมงานก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : บริษัท โกลบอล กราฟฟิค จำกัด

[5] สำนักงานตรวจเงินแผ่นดิน. **ปัญหาและอุปสรรค.** ข้อเสนอแนะในการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานตรวจสอบองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) แก่ผู้ว่าการตรวจเงินแผ่นดิน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.oag.go.th/AboutOAG/StandardOAG/StandardOAG.jsp#three (1 ธันวาคม 2555)

[6] Yamane, T. 1973. **Statistics : an introductory analysis** : Harper & Row.

[7] นิโรจน์ บัวศรี, 2550. **การจัดการงานก่อสร้างของส่วนโยธา ในองค์การบริหารส่วนตำบลจังหวัดมหาสารคาม.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[8] สุธรรม เงินมีศรี, 2556. **คุณภาพงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดชลบุรี.** งานนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

เทคนิคการขยายแบนด์วิดท์ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วม สำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย
Bandwidth Enhancement Techniques of Slot Antenna CPW-Fed for Wireless Communication Systems

เทพ เกื้อทวีกุล[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการขยายแบนด์วิดท์ของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย โดยใช้เทคนิคการตัดช่องเปิดของสายอากาศให้เป็นขั้นบันได และการแทรกแผ่นสตริปลงในช่องเปิดของสายอากาศเพื่อขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้น และทำการจำลองโครงสร้างของสายอากาศ โดยนำเอาระเบียบวิธีเชิงตัวเลขมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) และนำมาเปรียบเทียบวิธี MoM ด้วยโปรแกรม IE3D ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศได้หลากหลายรูปแบบและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ในการออกแบบสายอากาศนี้จะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัว เพื่อดูคุณสมบัติของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า การแพร่กระจายคลื่นสนามระยะไกล และ อัตราขยาย ตามลำดับ ผลที่ได้จากการจำลองจะได้ความถี่ และแบนด์วิดท์ครอบคลุมมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายคือ IEEE 802.11 b/g (2.4-2.4835 GHz) IEEE 802.11j (4.9-5.0 GHz) IEEE 802.11 a (5.150-5.350GHz) และโครงข่าย WiMAX (2-6 GHz) นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาสายอากาศเพื่อนำไปใช้งานกับย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่ง (UWB) โดยมีแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

คำสำคัญ: แบนด์วิดท์, อิมพีแดนซ์, พัลส์, ไดอิเล็กตริก, พัลส์แบบเกาส์, แมตซ์

Abstract

In this paper presents bandwidth enhancement techniques of slot antenna CPW-Fed for wireless communication systems. Bandwidth enhancement techniques are composed of step slot antenna and insert strip in the slot antenna. This antenna is analyzed by using Finite Difference Time Domain (FDTD) method compared with MoM of IE3D software. Herein, slot antenna fed by CPW is analyzed for return loss (S_{11} parameter), input impedance (Z_{in}), VSWR, density of current, magnetic field and electrical

[1] อาจารย์ประจำ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

field, bandwidth and far field radiation patterns, respectively. Simulated results can be obtained resonance frequency and impedance bandwidth for four operating bands which cover the requirement in bandwidths of IEEE 802.11b/g (2.4-2.4835 GHz), IEEE 802.11j (4.9-5.0 GHz), IEEE 802.11a (5.150-5.350 GHz) and coverage WiMAX (2-6 GHz), and extended the slot antenna for UWB operation. The far-field radiation pattern of resonance frequencies is bi-directional.

Keywords: bandwidth, impedance, pulse, dielectric, gaussian pulse, match

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลข่าวสารได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารดาวเทียม ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) เป็นต้น ซึ่งการสื่อสารเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้แถบความถี่ในย่านความถี่ไมโครเวฟในการรับ-ส่งข้อมูลทั้งสิ้น โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย นับเป็นการสื่อสารไร้สายหนึ่งที่ในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากระบบมีความยืดหยุ่นสูง เพราะเป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูล และย่านความถี่สำหรับโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายนี้กำหนดอยู่ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g สายอากาศนับว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ดังนั้นปัจจุบันนักวิจัยและอุตสาหกรรมทางด้านการสื่อสาร ได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาสายอากาศ โดยสายอากาศชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจ และนิยมใช้งานย่านความถี่ไมโครเวฟ คือ สายอากาศแบบไมโครสตริป [2-5] เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการ ได้แก่ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูก ออกแบบได้ง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น การออกแบบสายอากาศความถี่เดี่ยว และสองความถี่สำหรับการสื่อสารไร้สายในมาตรฐานของ IEEE 802.11a/b/g/j และ IEEE 802.16d [6-9] แต่สายอากาศที่ออกแบบนั้นมีแบนด์วิดท์น้อยกว่า 40% และสายอากาศที่ออกแบบให้มีความถี่แบบแถบกว้างจะมีแบนด์วิดท์ประมาณ 90% ครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 2-6 GHz [10-11]

ในงานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดแบบแถบกว้างด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (CPW) และใช้เทคนิคในการขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นด้วยการตัดช่องเปิดของสายอากาศให้เป็นขั้นบันได และการแทรกแผ่นสตริปลงในช่องเปิดของสายอากาศ เพื่อนำไปใช้งานย่านโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย การสื่อสารย่าน WiMAX และทำการพัฒนาสายอากาศรูปแบบนี้ไปใช้งานในย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่ง (UWB) โดยในการออกแบบสายอากาศนี้จะทำการศึกษาพารามิเตอร์ของสายอากาศ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับ หรือ การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ (Bandwidth) อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกล และ อัตราขยาย ตามลำดับ

2. การออกแบบสายอากาศไมโครสตริป

ในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ใช้รูปแบบการป้อนสัญญาณด้วย

สายส่งสัญญาณแบบ CPW สิ่งที่จำเป็นต้องทำเป็นอันดับแรก คือ การเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) เพื่อนำ เอาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ มาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ CPW ค่าของความยาวคลื่นสัมพัทธ์ (λ_g) ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการออกแบบ และการออกแบบจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (Finite Difference Time Domain: FDTD) [13] ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ การออกแบบสายอากาศในบท ความฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) แบบ RT/duroid 5880 ซึ่งมีค่าคุณสมบัติดังนี้ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ε_r) เท่ากับ 2.20 ค่า Loss tangent เท่ากับ 0.0009 ความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.575 มิลลิเมตร ตามลำดับ

การออกแบบสายอากาศแบบช่องเปิดด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม พารามิเตอร์สำคัญที่เป็นตัวกำหนดอันดับแรก คือ ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ เพื่อนำมาคำนวณความยาวรวมทั้งหมดของวงรอบช่องเปิด การออกแบบสายอากาศในบทความนี้จะเริ่มทำการออกแบบที่ความถี่แรก คือ ความถี่ 2.4 GHz โดยค่าความยาวที่ทำการคำนวณนั้นจะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพัทธ์ (λ_g) หลังจากนั้นจะทำการพัฒนาต่อโดยทำการขยายแบนด์วิดให้มากขึ้น เพื่อครอบคลุมแถบความถี่ที่ต้องการ โดยความยาวคลื่นสัมพัทธ์สามารถหาได้จาก (1)-(3)

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \qquad (1)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \qquad (2)$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} \qquad (3)$$

เมื่อ λ_g คือ ความยาวคลื่นสัมพัทธ์ c คือ ความเร็วของแสง (3×10^8 เมตร/วินาที) f คือ ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ ε_{eff} คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ε_r คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง h คือ ความหนา (สูง) ของวัสดุฐานรอง

2.1 การจำลองสายอากาศด้วยวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD)

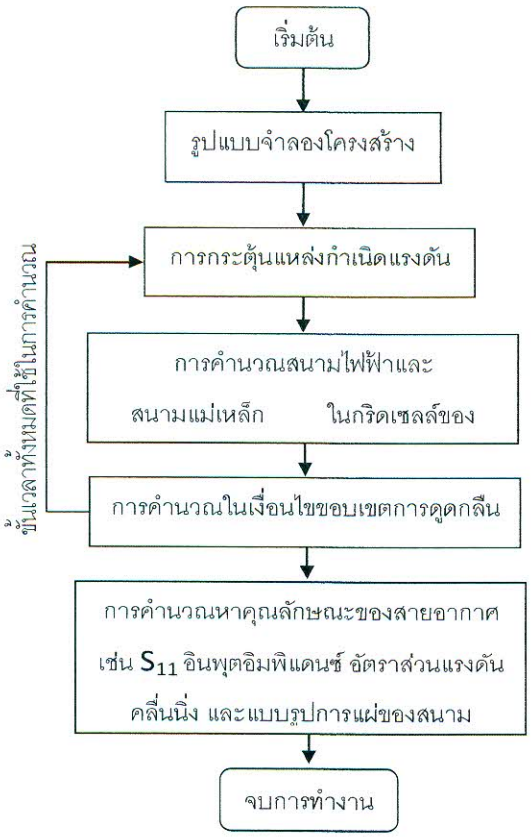
จากที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้นบทความนี้ใช้การจำลองโครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม FDTD โปรแกรมนี้จะใช้หลักการของวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลามาใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศ การออกแบบจำลองสายอากาศโดยใช้วิธี FDTD ในบทความนี้กำหนดขนาดหนึ่งหน่วยของยีเซลล์ (Yee cell) ให้มีขนาดเล็กกว่าหนึ่งส่วนยี่สิบของขนาดความยาวคลื่นสัมพัทธ์ที่ต้องการ โดยการออกแบบให้มีขนาดหนึ่งหน่วยยีเซลล์ในทิศทาง x คือ $\Delta_x = 0.1575$ มิลลิเมตร และขนาดหนึ่งหน่วยยีเซลล์ในทิศทาง y และ z เท่ากัน คือ $\Delta_y = \Delta_z = 0.3$ มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถครอบคลุมขนาดสายอากาศทั้งหมดที่ออกแบบ และเพื่อให้มีความผิดพลาดในการคำนวณน้อยที่สุด นอกจากนั้นแล้วเมื่อทำการกำหนดขนาดหนึ่งหน่วยเซลล์แล้วทำให้สามารถคำนวณหาช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยใช้ (4) แล้วแทนค่าต่างๆ ลงในสมการได้ดังนี้

$$\Delta_t \le \frac{1}{c\sqrt{\left(\frac{1}{\Delta_x}\right)^2 + \left(\frac{1}{\Delta_y}\right)^2 + \left(\frac{1}{\Delta_z}\right)^2}} \qquad (4)$$

$$\Delta_t \le \frac{1}{3\times10^8\sqrt{\left(\frac{1}{0.1575\times10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{1}{0.3\times10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{1}{0.3\times10^{-3}}\right)^2}}$$

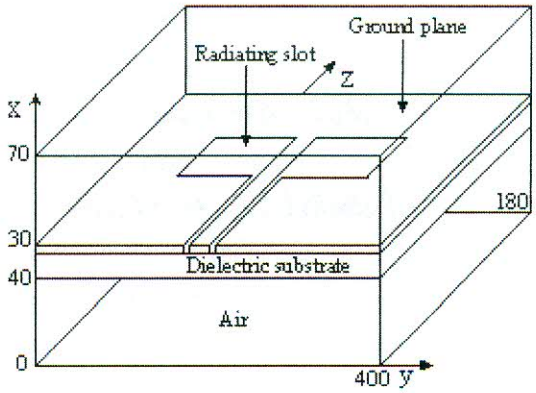
$$\Delta_t \le 52.3\ ps$$

ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม FDTD สามารถอธิบายได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 1

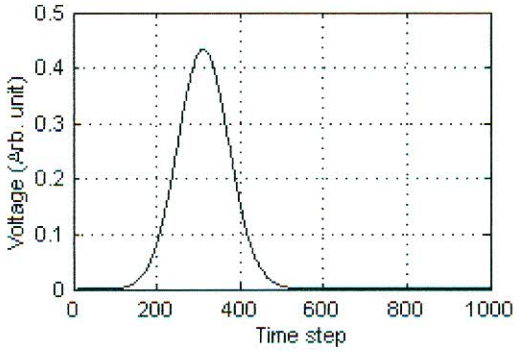


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมสำหรับ FDTD อัลกอริทึม

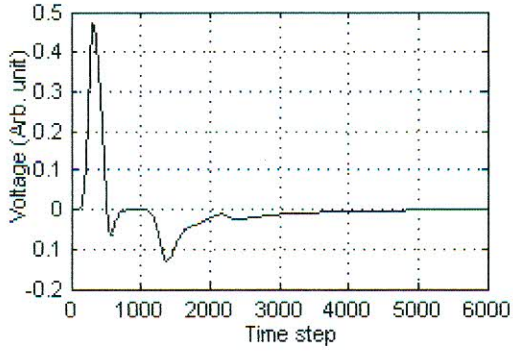
รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสายอากาศที่ใช้วิธี FDTD ซึ่งในการคำนวณด้วยวิธีนี้จะคำนวณส่วนที่เป็นอากาศ (Air) ด้วย เพื่อให้ได้ค่าสนามระยะใกล้ของสายอากาศ การคำนวณรูปแบบโครงสร้างของสายอากาศนั้นจะมีวิธีการคำนวณ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกจะคำนวณเฉพาะรูปแบบจำลองโครงสร้างของสายส่งสัญญาณไมโครสตริปเพียงอย่างเดียว เพื่อสร้างแหล่งกำเนิดแรงดันพัลส์แบบเกาส์ และนำเอาแหล่งกำเนิดพัลส์ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณครั้งที่สอง และในการคำนวณครั้งที่สองนี้ จะเป็นการคำนวณหาค่าคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิด เช่น ค่าการสูญเสียย้อนกลับ อินพุตอิมพิแดนซ์ และ อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง



รูปที่ 2 รูปแบบการจำลองโครงสร้างสายอากาศ ที่ใช้การคำนวณด้วยวิธี FDTD



(ก) แหล่งกำเนิดแรงดันพัลส์แบบเกาส์



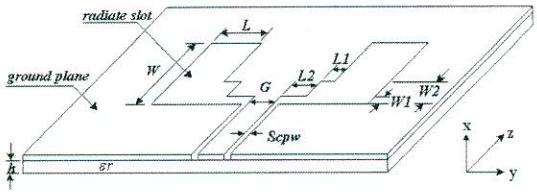
(ข) พัลส์แบบเกาส์เมื่อป้อนให้แก่โครงสร้างสายอากาศ

รูปที่ 3 พัลส์แบบเกาส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สายอากาศ

แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกล และอัตราการขยายของสายอากาศ เป็นต้น ซึ่งรูปของแหล่งกำเนิดพัลส์แบบเกาส์ที่เป็นอินพุต และพัลส์แบบเกาส์เมื่อป้อนให้สายอากาศแล้ว แสดงได้ดังรูปที่ 3(ก)-3(ข)

3. โครงสร้างของสายอากาศและผลการจำลอง

3.1 โครงสร้างของสายอากาศแบบขั้นบันได



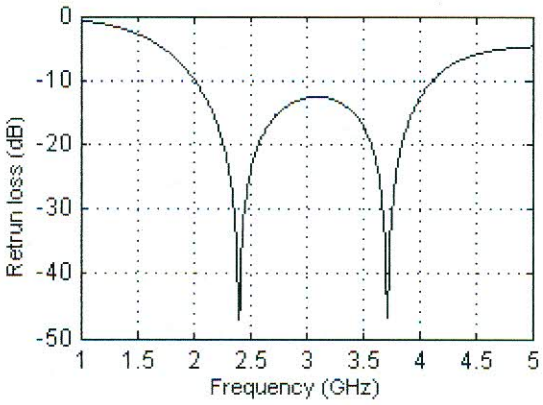
รูปที่ 4 โครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได

จากรูปที่ 4 แสดงโครงสร้างและพารามิเตอร์ของสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได โดยมีพารามิเตอร์ ดังนี้ L คือ ความยาวของช่องเปิดขั้นบันไดบน L1 คือ ความยาวของช่องเปิดขั้นบันไดกลาง L2 คือ ความยาวของช่องเปิดขั้นบันไดล่าง W คือ ความกว้างของช่องเปิดขั้นบันไดบน W1 คือ ความกว้างของช่องเปิดขั้นบันไดล่าง W2 คือ ความกว้างของช่องเปิดขั้นบันไดกลาง G คือ ระยะห่างระหว่างสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม และ Scpw คือ ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม ตามลำดับ

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดแบบแถบกว้าง อันดับแรก คือ การออกแบบสายอากาศที่ความถี่ที่ต้องการ ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวคลื่นสัมพัทธ์ของสายอากาศ โดยค่าความยาวคลื่นสัมพัทธ์ของสายอากาศที่ความถี่ 2.4 GHz สามารถหาได้จาก (1) ซึ่งมีค่า ประมาณ 99 มิลลิเมตร ความยาวรวมทั้งหมดของวงรอบช่องเปิดที่อ้างอิงจากรูปที่ 4 คือ 2(L+L1+L2 +W) จะมีขนาดความยาวทั้งหมดประมาณ λ_g ของความถี่ที่ต้องการ กล่าวคือ ความยาวด้าน L_T หรือ L+L1+L2 เท่ากับ 41.1 มิลลิเมตร และความกว้าง W เท่ากับ 9 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (G) เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม (Scpw) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังจากการออกแบบสายอากาศให้ได้ตามความถี่ที่ต้องการแล้ว แต่เนื่องจากในอนาคตต้องการสายอากาศที่มีแบนด์วิดท์มาก ๆ เพื่อรองรับกับเทคโนโลยีในอนาคต ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบสายอากาศแบบแถบกว้าง โดยใช้เทคนิคการตัดช่องเปิดแบบขั้นบันได และการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลลงในช่องเปิดของสายอากาศ อันดับแรกจะเป็นการออกแบบสายอากาศช่องเปิดแบบขั้นบันได ดังแสดงในรูปที่ 4

3.2 ผลการจำลองของสายอากาศแบบขั้นบันได

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดแบบขั้นบันไดจะเริ่มต้นจากการออกแบบสายอากาศที่ความถี่ที่ต้องการกล่าวคือความถี่ 2.4 GHz หลังจากนั้นทำการปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อศึกษาผลกระทบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดแบบขั้นบันได จากผลการศึกษาพบว่า การปรับค่าพารามิเตอร์ L1 L2 W1 และ W2 ช่วยในการทำแมทชิ่งและขยายแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้น และ



รูปที่ 5 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได

ผลการจำลองที่ดีที่สุดของสายอากาศรูปแบบนี้มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ L เท่ากับ 41.1 มิลลิเมตร L1 เท่ากับ 9.9 มิลลิเมตร L2 เท่ากับ 5 มิลลิเมตร W1 เท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร G และ W2 เท่ากับ 0.90 มิลลิเมตร ตามลำดับ

การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ที่ได้จากการจำลองแสดงดังรูปที่ 5 และ คุณลักษณะของสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได

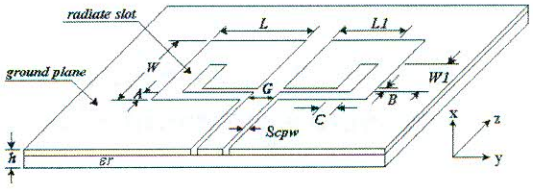
คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่ที่ 2.40 GHz	ความถี่ที่ 3.72 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-46.94 dB	-46.84 dB
VSWR	1.005	1.006
Zin (Zin real)	50.40 โอห์ม	50.36 โอห์ม
Zin (Zin Imag)	0.20 โอห์ม	0.28 โอห์ม
อัตราขยาย	3.13 dBi	4.91 dBi
แบนด์วิดท์	2.19 GHz (2.01-4.20 GHz)	

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของสายอากาศ ช่องเปิดขั้นบันไดที่ได้จากการจำลอง โดยมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เท่ากับ -46.94 dB ที่ความถี่ 2.40 GHz และ -46.84 dB ที่ความถี่ 3.72 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 2.01-4.20 GHz อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง เท่ากับ 1.005 ที่ความถี่ 2.40 GHz และ 1.006 ที่ความถี่ 3.72 GHz อินพุตอิมพีแดนซ์ ที่ความถี่ 2.40 GHz และ 3.72 GHz มีค่าประมาณ 50 โอห์ม และมีอัตราขยายที่ความถี่ 2.4 GHz เท่ากับ 3.13 dBi และที่ความถี่ 3.72 GHz เท่ากับ 4.91 dBi และ จากผลการจำลองสายอากาศรูปแบบนี้ได้ รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกล เป็นแบบสองทิศทาง

จากผลการจำลองทำให้ทราบว่า การออกแบบสายอากาศช่องเปิดขั้นบันได เป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยในการขยายแบนด์วิดท์ให้เพิ่มขึ้น แต่จะนำไปใช้งานได้ในแถบความถี่ที่ไม่กว้างมากนัก ดังนั้นจึงหาวิธีที่สามารถขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นอีก ลำดับถัดไปจะเป็นการนำเสนอสายอากาศช่องเปิดโดยใช้เทคนิคการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลลงไปในช่องเปิด

3.3 โครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล เพื่อช่วยในการขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้น โดยโครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล

จากรูปที่ 6 แสดงโครงสร้างของสายอากศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ มีดังนี้ L คือ ความยาวของช่องเปิด L1 คือ ความยาวของแผ่นสตริปตามแนวนอน W คือ ความกว้างของช่องเปิด W1 คือ ความยาวของแผ่นสตริปตามแนวตั้ง A คือ ระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศ B คือ ขนาดของแผ่นสตริปแนวนอน C คือ ขนาดของแผ่นสตริปแนวตั้ง G คือ ระยะห่างระหว่างสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม Scpw คือ ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง และ h คือ ค่าความหนาของวัสดุฐานรอง ตามลำดับ

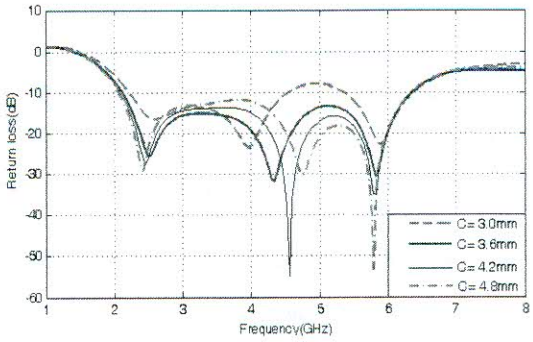
3.4 ผลการจำลองของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล

การศึกษาออกแบบสายอากาศช่องเปิดกรณีช่องสตับรูปตัวแอลมีขนาดไม่เท่ากันโดยทำการวิเคราะห์สายอากาศรูปแบบนี้โดยจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ W เท่ากับ 23 มิลลิเมตร

L เท่ากับ 27 มิลลิเมตร L1 เท่ากับ 22.5 มิลลิเมตร W1 เท่ากับ 18 มิลลิเมตร Scpw เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และ G เท่ากับ 3 มิลลิเมตร คงที่ แล้วทำการปรับค่าพารามิเตอร์ A B และ C เพื่อดูผลกระทบ โดยเริ่มต้นออกแบบให้ A เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร B เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร และ C เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3.4.1 กรณีปรับขนาดความกว้างของ C

การศึกษาการปรับพารามิเตอร์ของสายอากาศเพื่อศึกษาผลกระทบกรณีแรก คือ การปรับความกว้างแผ่นสตริปรูปตัวแอลแนวตั้ง (C) โดยในการศึกษาได้กำหนดให้ความกว้างของ A และ B เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร และปรับขนาดของแผ่นสตริปแนวตั้ง เท่ากับ 3.0 3.6 4.2 และ 4.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ



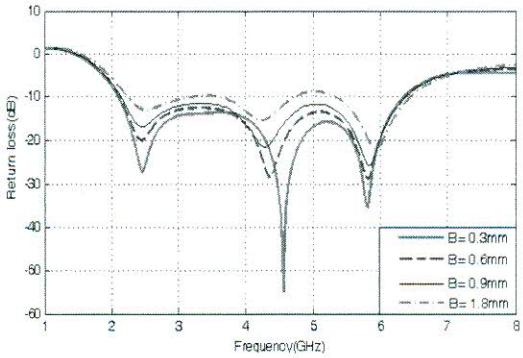
รูปที่ 7 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับค่า C

จากรูปที่ 7 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับความกว้างของแผ่นสตริปแนวตั้ง จากผลการจำลองเมื่อปรับความกว้างของแผ่นสตริปให้มากขึ้นจะช่วยให้แมทช์ชิ่งดีขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ยังเท่าเดิม และผลที่ดีสุดเมื่อปรับค่า C คือที่ C เท่ากับ 4.2 มิลลิเมตร ได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) จะต่ำกว่า -10 dB ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 2.09-6.33 GHz ซึ่งจะได้แบนด์วิดท์เท่ากับ 4.24 GHz จากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่า การปรับค่าความกว้างของช่องสตับแนวตั้งช่วยในการปรับแมทชิ่ง นำค่าความกว้างของช่องสตับแนวตั้งที่ได้ผลดีที่สุดไปใช้ในการวิเคราะห์ในหัวข้อต่อไป

3.4.2 กรณีปรับขนาดความกว้างของ B

กรณีนี้เป็นการปรับความกว้างของแผ่นสตริป

ตามแนวนอน (B) โดยกำหนดให้ความกว้างของแผ่นสตริปแนวตั้ง (C) คงที่ เท่ากับ 4.2 มิลลิเมตร และกำหนดให้ทำการปรับความกว้างของ B เท่ากับ 0.3 0. 6 0.9 และ 1.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการจำลองแสดงในรูปที่ 8



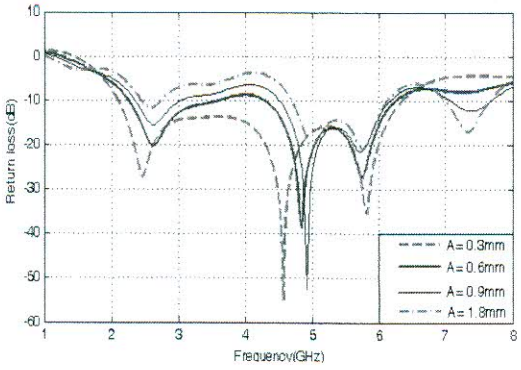
รูปที่ 8 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับค่า B

จากรูปที่ 8 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับค่า B เมื่อปรับของความกว้าง B มากขึ้น จะทำให้แมทช์ชิ่งลดลง จากผลการจำลอง กรณีปรับค่า B เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร จะได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ต่ำกว่า -10 dB ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.09-6.33 GHz และได้แบนด์วิดท์ เท่ากับ 4.24 GHz ดังนั้นจึงนำค่าของพารามิเตอร์ C และ B เท่ากับ 4.2 และ 0.3 มิลลิเมตร ไปใช้วิเคราะห์ในหัวข้อต่อไป

3.4.3 กรณีปรับขนาดความกว้างของ A

การศึกษาการปรับแมตช์อิมพิแดนซ์ของสายอากาศในกรณีแรกคือ การปรับความกว้าง

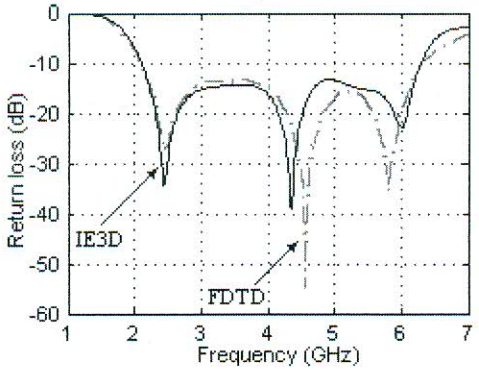
ของช่องสดับรูปตัวแอลแนวนอน โดยในการศึกษาได้กำหนดให้ความกว้างของแผ่นสริปแนวตั้ง (C) และแนวนอน (B) คงที่ เท่ากับ 4.2 และ 0.3 มิลลิเมตร จากนั้นทำการปรับค่าพารามิเตอร์ A เท่ากับ 0.3 0.6 0.9 และ 1.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการจำลองแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับค่า B

จากรูปที่ 9 แสดงค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) กรณีปรับระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศ (A) การปรับขนาด A ตั้งแต่ 0.3 ถึง 0.9 มิลลิเมตร ทำให้ทราบว่าการปรับระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศจะมีผลต่อแมทช์ชิ่งและความถี่เรโซแนนซ์ เมื่อปรับระยะให้มากขึ้น จะทำให้แมทชิ่งและแบนด์วิดท์ลดลง จากผลการจำลองเนื่องจาก การปรับระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศได้ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) จะต่ำกว่า -10 dB ที่ดีสุด ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 2.09-6.33 GHz และจะได้แบนด์วิดท์ เท่ากับ 4.24 GHz โดยที่ระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศ (A) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร

จากการวิเคราะห์ผลกระทบจากการปรับค่า พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศทำให้ทราบถึงผล กระทบต่าง ๆ ดังนั้น ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ผลดีที่สุด และนำผลที่ได้มาเทียบกับระเบียบวิธีแบบ MoM ด้วยโปรแกรม IE3D [12] โดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด จากผลการจำลองสายอากาศรูปแบบนี้ คือ L เท่ากับ 27 มิลลิเมตร L1 เท่ากับ 22.5 มิลลิเมตร W เท่ากับ 23.1 มิลลิเมตร W1 เท่ากับ 18 มิลลิเมตร G และ W2 เท่ากับ 0.90 มิลลิเมตร C เท่ากับ 4.2 มิลลิเมตร และ A B และ Scpw เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 10 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล

และการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ที่ได้จากจำลองด้วยวิธี FDTD และ MoM ของ IE3D แสดงดังรูปที่ 10 และ คุณลักษณะของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล (FDTD)

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่ 2.45 GHz	ความถี่ 4.55 GHz	ความถี่ 5.82 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-27.31 dB	-54.83 dB	-35.24 dB
VSWR	1.09	1.00	1.03
Zin (Zin real)	48.19 โอห์ม	49.83 โอห์ม	51.73 โอห์ม
Zin (Zin Imag)	3.83 โอห์ม	0.07 โอห์ม	0.31 โอห์ม
อัตราขยาย	2.80 dBi	4.55 dBi	3.47 dBi
แบนด์วิดท์	4.24 GHz (2.09- 6.33 GHz)		

จากตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองมีสามความถี่เรโซแนนซ์ คือ 2.45 GHz 4.52 GHz และ 5.78 GHz โดยค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -23.41 dB -46.89 dB และ -30.55 dB ตามลำดับ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ใกล้เคียง 50 โอห์ม อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งใกล้เคียงกับ 1 และ มีแบนด์วิดท์ เท่ากับ 4.24 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ ตั้งแต่ 2.09- 6.33 GHz ตามลำดับ

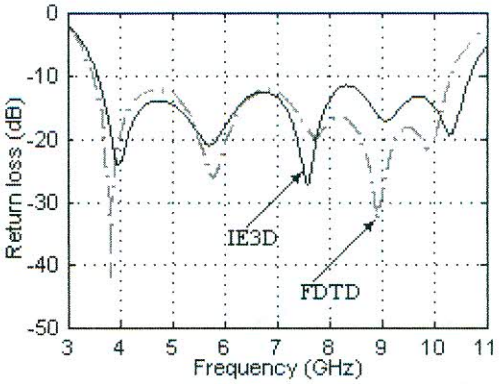
การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลทำให้ทราบว่า การแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็นเทคนิคอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้สามารถเพิ่มแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นได้ เนื่องจากการแทรกแผ่นสตริปลงไปในช่องเปิดจะทำให้มีการแมตซ์อิมพีแดนซ์ที่แถบความถี่อื่น ๆ ด้วย จึงส่งผลให้สามารถขยายแบนด์วิดท์ให้เพิ่มมากขึ้น และเมื่อผลจำลองที่ได้ของวิธี FDTD มาเทียบผลกับวิธี MoM ของ IE3D ผลที่ได้จะใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานย่านการสื่อสารไร้สายตั้งแต่ความถี่ 2-6 GHz นอกจากนั้นสายอากาศรูปแบบนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้ในย่านการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง (UWB) ด้วย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.5 ผลการจำลองของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลสำหรับ UWB

ในหัวข้อนี้แสดงผลการจำลองของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลสำหรับ UWB โดยเริ่มออกแบบที่ความถี่ 3.1 GHz และใช้เทคนิคแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลลงในช่องเปิดของสายอากาศ โดยค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศให้ผลที่สุดแสดงในตารางที่ 3 จากผลการจำลอง ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศแสดงในรูปที่ 11 และ คุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ของสายอากาศแบบช่องเปิด ที่มีช่องสตับรูปตัวแอล

พารามิเตอร์	ขนาดของสายอากาศช่องเปิด
W	14.1 มิลลิเมตร
L	18.0 มิลลิเมตร
L1	15.9 มิลลิเมตร
W1	10.2 มิลลิเมตร
A	0.3 มิลลิเมตร
B	1.65 มิลลิเมตร
C	5.4 มิลลิเมตร

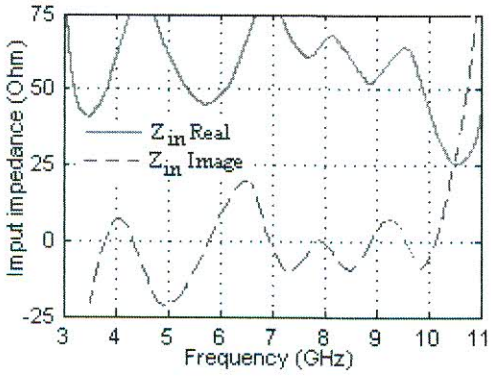


รูปที่ 11 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศ UWB

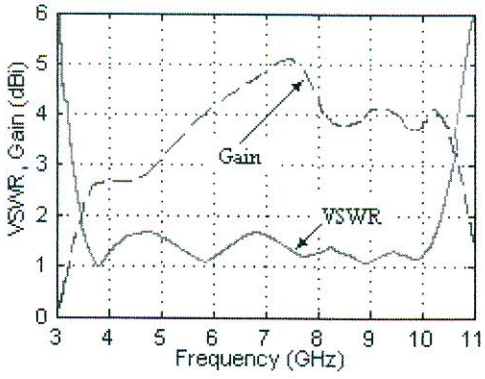
ตารางที่ 4 คุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลสำหรับ UWB

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่ 3.80 GHz	ความถี่ 5.80 GHz	ความถี่ 8.90 GHz	ความถี่ 9.90 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-41.83 dB	-25.91 dB	-32.51 dB	-21.56 dB
VSWR	1.01	1.10	1.04	1.18
Zin (Zin real)	50.20 โอห์ม	45.28 โอห์ม	52.4 โอห์ม	48.78 โอห์ม
Zin (Zin Imag)	-0.78 โอห์ม	1.12 โอห์ม	-0.53 โอห์ม	-8.18 โอห์ม
อัตราขยาย (Gain)	2.59 dBi	3.93 dBi	3.8 dBi	3.7 dBi
แบนด์วิดท์	6.95 GHz (3.4-10.35GHz)			

จากตารางที่ 4 แสดงการออกแบบสายอากาศช่องเปิดด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่มีสตับรูปตัวแอลผลที่ได้จากการจำลองมีสี่ความถี่เรโซแนนซ์ คือ 3.80 GHz 5.80 GHz 8.90 GHz และ 9.90 GHz โดยค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -41.83 dB -25.91 dB -32.51 dB และ -21.56 dB ตามลำดับ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์และอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง จะใกล้เคียงกับ 50 โอห์ม และ ใกล้เคียง 1 ทั้งสี่ความถี่เรโซแนนซ์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 6.95 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.4–10.35 GHz

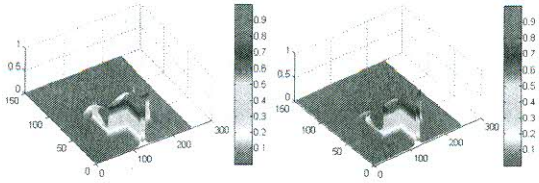


รูปที่ 12 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ UWB



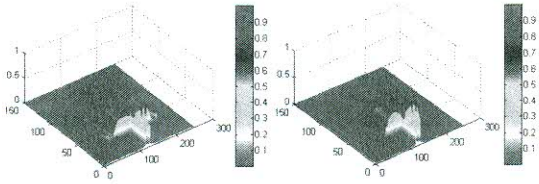
รูปที่ 13 VSWR และอัตราขยายของสายอากาศ UWB

รูปที่ 12 แสดงอินพุตอิมพีแดนซ์สายอากาศ UWB ที่มีทั้งเทอมจริง และเทอมจินตภาพ ตั้งแต่ความถี่ 3-11 GHz และมีอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ คือ VSWR ต่ำกว่า 2 ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 3.4-10.35 GHz และมีอัตราขยายสูงสุด เท่ากับ 5.06 dBi ที่ความถี่ 7.5 GHz แสดงในรูปที่ 13 ตามลำดับ



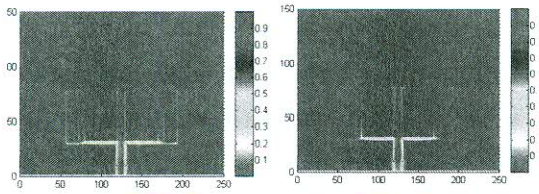
f = 3.50 GHz f = 5.20 GHz

(ก) ความหนาแน่นสนามไฟฟ้า



f = 3.50 GHz f = 5.20 GHz

(ข) ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก

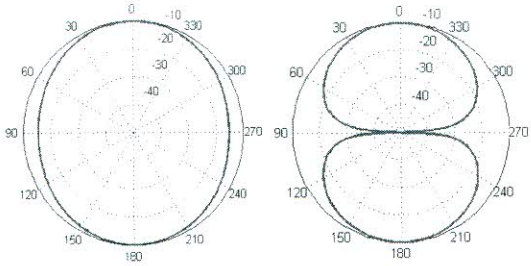


f = 3.50 GHz f = 5.20 GHz

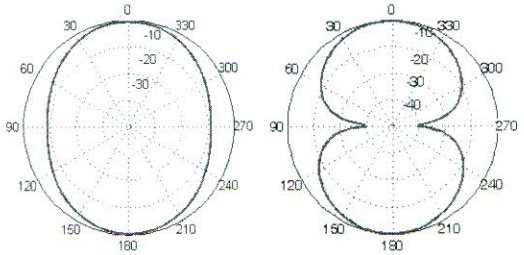
(ค) ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 14 ความหนาแน่นสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้าของสายอากาศ UWB

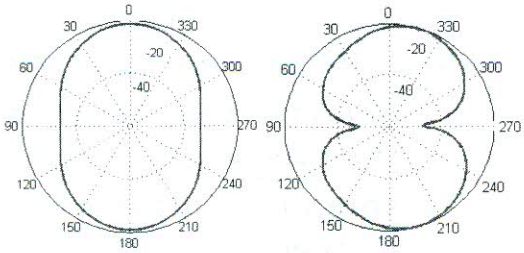
จากรูปที่ 14 แสดงสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ซึ่งความหนาแน่นของสนามไฟฟ้าจะอยู่ที่บริเวณปลายสตับตัวแอลขนาดเท่ากัน และตรงกลางของขอบสายอากาศช่องเปิด และสนามแม่เหล็กจะมีความหนาแน่นที่กลางของสตับรูปตัวแอล และที่มุมของสายอากาศช่องเปิด ดังนั้นกล่าวได้ว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นสนามไฟฟ้าจะมีผลต่อความถี่เรโซแนนซ์ และการทำแมตซ์อิมพีแดนซ์



xy-plane ความถี่ 3.50 GHz xz-plane



xy-plane ความถี่ 5.20 GHz xz-plane



xy-plane ความถี่ 9 GHz xz-plane

รูปที่ 15 รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกล

รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ xy และระนาบ xz แสดงในรูปที่ 15 รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบช่องเปิดที่ความถี่ 3.50 GHz 5.2 GHz และ 9.0 GHz ซึ่งผลของรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ xy จะแสดงสนามแม่เหล็กโดยมีรูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบรอบทิศทาง และระนาบ xz จะแสดงสนามไฟฟ้าโดยมีรูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบสองทิศทาง (Bidirectional)

4. สรุป

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย โดยใช้เทคนิคการตัดช่องเปิดของสายอากาศให้เป็นขั้นบันได และการแทรกแผ่นสตริปลงในช่องเปิดของสายอากาศเพื่อขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้น โดยใช้วิธี FDTD และ IE3D มาทำการวิเคราะห์ ผลที่ได้จากการจำลองได้แบนด์วิดท์ครอบคลุมมาตรฐานของโครงข่ายท้องถิ่นไร้สายคือ IEEE 802.11 a/b/g และโครงข่ายการสื่อสารย่าน WiMAX (2-6 GHz) และยังสามารถพัฒนาสายอากาศเพื่อนำไปใช้งานกับย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่ง (UWB) อีกด้วย และมีแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรม IE3D

เอกสารอ้างอิง

[1] Federal Communications Commission, 2002. “First Report and Order, Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems,” FCC.

[2] C. A. Balanis, 2005. **Antenna theory analysis and design**, third editions, John Wiley & Son, Inc.

[3] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon, 2001. **Microstrip Antenna Handbook**, Boston: Artech House.

[4] I. J. Bahl, and P. Bharita, 1980. **Microstrip Antenna,** Dedham: Arthech House.

[5] K. F. Lee and W. Chen, 1997. **Advances in Microstrip and Printed Antennas,** New York John Wiley & Sons, Inc.

[6] W. Kueathaweekun, N. Anantrasirichai, J. Nakasuwan, and T. Wakabayashi, 2007. "Broadband Slot Antenna Fed by Microstrip Line", **ICEAST** , 21-23 November, Thailand.

[7] Y. Shih-Huang and W. Kin-Lu, 2002. "Dual-band F-Shaped Monopole Antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN Application", **IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium,** vol. 4, Jun.

[8] H. D. Chen, J. S. Chen, and Y. T. Cheng, 2007. "Modified Inverted-L Monopole Antenna for 2.4/5.2 GHz Dual-Band Operations," **Electron. Letter,** Vol.39:1567-1568.

[9] C. Horng-Dean, 2003. "Slot Antenna Coupled by Microstrip Line for Dual Frequency," **IEEE Trans. on Antennas and Propagation,** Vol. 51, No. 8:1982-1986.

[10] P. Jearapraditkul, W. Kueathaweekun, N. Anantrasirichai, O. Sangaroon and T. Wakabayashi, "Bandwidth Enhancement of CPW–Fed Slot Antenna with Inset Tuning Stub", **ISCIT,** 21-23 October, Vientiane, Lao.

[11] W. Kueathaweekun, P. Jearapraditkul, N. Anantrasirichai, O. Sangaroon, and T. Wakabayashi, 2008. "Wide-band CPW-fed Slot Antenna with Tuning Stub and π-Strip for WLAN/WiMAX Application", **ISPACS,** 8-11 December, Bangkok, Thailand.

[12] Zeland Software, Inc., IE3D, New York.

[13] Yongxi Qian, Tatsuo Itoh, 1999. "**FDTD Analysis and Design of Microwave Circuits and antennas Software and Applications**", Tokyo: Realize Inc.

ปัญหาและการแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง
Problems and Solution Guidance of Environment in Construction Site

ปริณ บุบผาโสมานน[1] ถิรดา ธนาฐิติมา[1] และจักรพงศ์ ไชยนุพัทธกุล[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมในการทำงานในสถาน ที่ก่อสร้าง ที่ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในสถานที่ก่อสร้างในช่วงระหว่างระยะการรื้อถอน ไปจนถึงช่วงการถมดิน ว่ามีปัญหาและสาเหตุของปัญหาอย่างไร โดยใช้หลักการทางมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง มาเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์ถึงปัญหา เพื่อศึกษาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มคนในหน่วยงานก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลาง การเก็บรวบรวมข้อมูลทำโดยใช้แบบสอบถามจากผู้เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างในกรุงเทพมหานครฯ และปริมณฑล ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างคือ คนในสถานที่ก่อสร้าง คนงานก่อสร้าง ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ควบคุมงาน หัวหน้างานวิศวกร สถาปนิก และเจ้าของงาน เป็นจำนวน 200 ชุด ผลการวิจัยแบ่งเป็น 4 ด้านด้วยกันดังนี้

(1) ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง

(2) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐาน

(3) ด้านพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

(4) ด้านการนำเอามาตรฐานมาใช้

ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่มีผลกับสถานที่ก่อสร้าง สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้เนื่องจาก การจัดเตรียมพื้นที่สำหรับการก่อสร้างที่ดี ควรมีการจัดเตรียมพื้นที่ดีไว้ตั้งแต่เริ่มต้น จากผลการศึกษาผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการจัดการรื้อถอนและการเตรียมพื้นที่ถมดินมาเป็นอันดับหนึ่ง รวมถึงเรื่องการจัดสรรพื้นที่สำหรับจัดเก็บหรือจัดทิ้ง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีมานานของสถานที่ก่อสร้าง และยังให้ความสำคัญเรื่องมาตรฐานสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยเห็นว่าถ้าหากนำเอามาตรฐานมาใช้ก็จะมีผลดีต่อสถานที่ก่อสร้างอย่างมาก

คำสำคัญ: ปัญหา, สิ่งแวดล้อม, มาตรฐาน

---

[1] นักศึกษา สาขาการจัดการงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[2] อาจารย์ สาขาการจัดการงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Abstract

The objective of this research was aimed to examine performance behavior on the construction site, where the inappropriate environment may result from the demolishment to land fill stage, and to identify what problems and what the underlying causes of the problems are, using the environmental management standard and related requirements as facilitator to analyze the issues, and to investigate the solutions for such problems properly for more effective implementation. In present study, the sample included workers on the construction site small to medium labor camps. The questionnaires were instrumental to gather data from the workers in Bangkok territory and its vicinity. A total of 200 participants included workers in the construction site, contractors, foremen, supervisors, engineers, architect, and project owners. The results were summarized into four areas as follows.

(1) A comprehension of construction setting

(2) Cognitive orientation of standard

(3) Behavior causing the inappropriate environment

(4) An implementation of the environmental standard

The results showed that the environment may have affected the construction site, consistent with the hypothesis stipulated. As the proper land preparation relating to the construction should be executed from the initial phase Most respondents focused on demolishment management and land fill preparation primarily, followed by space allocation for storage or disposal of the waste, which has been problematic facing the construction site, the environmental standard has been more focused; they recognized that the implementation of the environment standard would produce positive effect on the construction site greatly.

Keyword: Problem , Environment , Standard

1.บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่มีการก่อสร้างให้เห็นได้ทั่วไป โดยวัดจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี โดยตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 เป็นต้นมา ได้เพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ.2554 ก็ได้มีการผลิตปูนที่มากกว่า ใน พ.ศ.2553 ในช่วงเวลาเดียวกัน ร้อยละ 4.3 ในขณะเดียวกันเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ.2554 นั้นก็มีบทบาทสำคัญที่ทำให้มีการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ได้มีการผลิตปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น บ่งบอกได้ว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการขยายตัวเรื่อยๆ ทำให้มีสถานที่ก่อสร้างมากขึ้นทั้งทางด้านอาคารสูง บ้าน โรงงานต่างๆ [1] แต่ยังมีองค์ประกอบสำคัญในอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่มีการละเลยกันอยู่มาก คือ สภาพแวดล้อมภายในสถานที่ก่อสร้าง มีโครงการก่อสร้างจำนวนมากที่ยังให้ความสำคัญในส่วนดังกล่าวไม่เพียงพอ ในสถานที่ก่อสร้างต่าง ๆ มักจะพบเห็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย ทำให้เกิดอันตรายและเกิดความล่าช้ากว่าแผนงานที่ได้วางเอาไว้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมาอีกหลายประการ ด้วยสาเหตุดังกล่าวการคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมตั้งแต่เริ่มดำเนินการก่อสร้างจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เช่น การรื้อถอนต้องมีการจัดส่วนที่ทิ้งสถานที่ที่นำของที่ได้ทำการรื้อถอนออกมาแล้วให้เป็นหลักแหล่ง มีการกำจัดอย่างถูกวิธี การจัดทำที่เก็บวัสดุ อุปกรณ์อย่างเหมาะสม การจัดการระบบสาธารณูปโภค สุขาภิบาล ที่ถูกคุณลักษณะและเป็นไปตามกฎหมายสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างต่างๆ

อุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดมลภาวะทั้งทางอากาศและพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งต่อบุคคล สิ่งแวดล้อม และแหล่งชุมชนใกล้เคียง อีกทั้งไม่ค่อยเข้าข่ายมาตรฐาน จากวิทยานิพนธ์ของ นาย มานิต ฉัตรสุวรรณวิไล[2]ว่าด้วย "ปัญหาในการปฏิบัติใช้กฎหมายสิ่งแวดล้อมในการก่อสร้างอาคาร" ได้กล่าวถึงสภาพแวดล้อมในการก่อสร้างได้สร้างผลกระทบระยะยาวและระยะสั้นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบด้าน และภายในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง และปัจจัยที่เป็นอุปสรรคในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมทั้งในและนอกสถานที่ก่อสร้าง โดยผู้ศึกษาจะเน้นไปที่ภายในสถานที่ก่อสร้าง ระยะเวลาตั้งแต่รื้อถอนไปจนถึงการในช่วงถมดิน จัดเตรียมการก่อสร้างแล้วเสร็จ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเริ่มแรกในการก่อสร้าง ซึ่งการจัดการสภาพแวดล้อมควรเริ่มตั้งแต่ในช่วงแรกของการก่อสร้างเพื่อทำให้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ตามที่มาตรฐานควบคุมอาคารเขียวฉบับที่ 1 (Construction Management for Green Buildings 1) ได้กล่าวไว้

ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญในการแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมภายในสถานที่ก่อสร้าง โดยเน้นไปที่ช่วงระยะรื้อถอนจนถึงการถมดิน จัดเตรียมการก่อสร้างแล้วเสร็จ ซึ่งในปัจจุบันยังมีการให้ความสำคัญกับเรื่องนี้อยู่ในระดับน้อย ผู้วิจัยถึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาพฤติกรรมที่ส่งผลให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในสถานที่ก่อสร้างว่าก่อให้เกิดผลกระทบ หรือปัญหาและสาเหตุของปัญหาอย่างไร เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้ถูกจุดหรือเหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

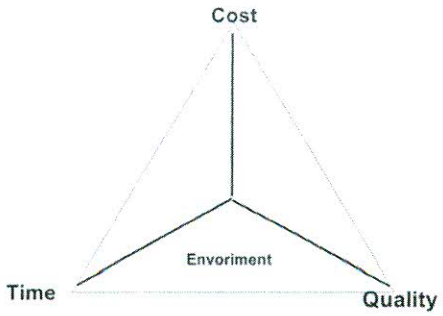
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานก่อสร้างในสถานที่ก่อสร้างต่างมีการจัดการสิ่งแวดล้อมในโครงการการก่อสร้างไม่เหมือนกัน ซึ่งปัญหาที่พบบ่อยในสถานที่ก่อสร้างนั้นคือปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งจัดได้ว่าอุตสาหกรรมก่อสร้าง[3] เป็นอุตสาหกรรมหนึ่ง

ที่มีกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงาน และ ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมากมาย เป็นต้นเหตุของมลภาวะทางอากาศ น้ำเสีย เสียง การสั่นสะเทือน และการกองเก็บวัสดุไม่เป็นระเบียบ รวมไปถึงมลภาวะทางสายตา และยังคงเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน ยังคงต้องมีการป้องกัน ควบคุม นำกฎระเบียบเข้ามามีส่วนร่วม โดยการนำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม เข้ามาบริหารจัดการกิจกรรมทุกกิจกรรม และทุกขั้นตอนของงานก่อสร้าง ซึ่งระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย อาจมีการละเลยอยู่มาก แต่ประเทศชั้นนำ เช่น อเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น กำลังพัฒนาระบบนี้เพื่อความเป็นต่อในยุทธศาสตร์ทางการแข่งขันระดับประเทศ ในระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมนี้ในประเทศไทยได้รับเอาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากลที่เรียกว่า ISO 14001 มาใช้ในการบริหารจัดการงานด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้เกิดการพัฒนามากยิ่งขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้รวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ทฤษฎีการจัดการสิ่งแวดล้อมในโครงการก่อสร้าง

เป็นแนวคิดส่วนหนึ่ง ที่แสดงถึงการจัดการขององค์กร การจัดการโครงสร้าง ความรับผิดชอบ กรรมวิธี ขั้นตอน การดำเนินการ กระบวนการ และทรัพยากรต่างๆ สามารถจัดร่วมกับความพยายามในด้านอื่นๆ ได้ในการบริหารงานก่อสร้างในหลายทศวรรษที่ผ่านมา [2] ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปในเชิงธุรกิจโดยการควบคุมปัจจัยหลัก 3 ด้าน คือ เวลา ต้นทุน และ คุณภาพ แต่ในปัจจุบันประชาคมโลกได้ยกระดับปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้นเป็นวาระสำคัญที่ทุกประเทศทั่วโลก ต้องช่วยกันดูแลรักษาสภาวะสิ่งแวดล้อมเอาไว้เพื่อ อนุชนรุ่นหลัง และยังต้องบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นมาอีกด้วย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การบริหารงานก่อร้างแบบ 4 มิติ

การตรวจสอบและติดตามผล โดยแยกบทบาทระหว่างหน่วยงานที่เป็นองค์กรระดับนโยบายและองค์กรระดับปฏิบัติการออกจากกัน เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการทำงานมากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้หน่วยงานท้องถิ่น ซึ่งในอดีตไม่ค่อยมีบทบาทในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเพราะหน่วยงานจากส่วนกลางเข้ามาดำเนินการแทน ให้มีบทบาทในการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองมากขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพและสิ่งแวดล้อม, 2548) ซึ่งการดำเนินระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO 14001 ยังแยกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นโยบายสิ่งแวดล้อม (Environment Policy)

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน (Planning)

ขั้นตอนที่ 3 การนำนโยบายไปปฏิบัติและการดำเนินงาน (Implementation and Operation)

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบและปฏิบัติการแก้ไข (Checking and Corrective Action)

ขั้นตอนที่ 5 การทบทวนโดยฝ่ายบริหาร (Management Review)

2.2 ทฤษฎีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม

นอกจากจะต้องมีการวางแผน การบริหารหน้างานที่ดีแล้ว โครงการยังต้องมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย เนื่องจากระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเปรียบ

เสมือนกล่องเครื่องมือที่บรรจุไว้ด้วยเครื่องมือและแนวทางการปฏิบัติ ซึ่งกระบวนการจัดการรูปแบบใหม่ที่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบรวมทั้งระบบการผลิต การจัดส่ง การจำหน่าย และการจัดการกับซากเศษวัสดุเหลือทิ้ง โดยจะต้องทำการตรวจวัดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Impact Measurement) [4] การเชื่อมโยงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นเทียบเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า "บัญชีต้นทุนสิ่งแวดล้อม" (Environmental Management Account – EMA) การคิดสิ่งแวดล้อมนี้ต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูล คำนวณ และทำรายงานทั้ง 3 ด้าน คือ เศรษฐศาสตร์ (Economical) สังคม (Social) และระบบนิเวศน์ (Ecological)

2.3 มาตรฐานของระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันประเทศไทย ได้รับเอาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากลที่เรียกว่า ISO 14001 มาใช้กับอุตสาหกรรมก่อสร้าง เพื่อให้มีมาตรฐานในการบริหารจัดการงานด้านสิ่งแวดล้อมในงานก่อสร้างอย่างเป็นรูปธรรม [5] ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 เริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1996 และปรับปรุงเพิ่มเติมในปี ค.ศ.2001 ซึ่งประกาศโดยองค์การมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization : ISO) มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่กรุงเจนีวา ระบบ ISO 14001 ไม่ใช่มาตรฐานบังคับตามกฎหมาย แต่เป็นการสมัครใจ ซึ่งจะกล่าวถึงขอบข่ายการนำไปใช้ สำหรับมาตรฐานนี้ครอบคลุมองค์กรทุกองค์กรที่มีความมุ่งมั่นในการรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการควบคุมปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากระบบงาน ผลิตภัณฑ์ หรือบริการขององค์กร และมีระบบเป็นกระบวนการและเครื่องมือในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งหมดในองค์กร ซึ่งเป็นระบบที่มีการวางแผน การปฏิบัติตามแผน การตรวจสอบ และการแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นหลักสำคัญของการจัดการทุกประเภท (Plan – Do – Check – Action หรือ PDCA) ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แผนผัง Plan – Do – Check – Action

2.4 การป้องกันมลพิษ

การป้องกันมลพิษเป็นหลักการที่กำลังได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางและได้รับการสนับสนุนจากองค์กรระหว่างประเทศหลายแห่ง เช่น องค์การสหประชาชาติ ธนาคารโลก ธนาคารพัฒนาเอเชีย และองค์กรความช่วยเหลือระหว่างประเทศ ได้แก่ DANCED จากประเทศเดนมาร์ก, NEDO จากประเทศญี่ปุ่น, GTZ จากประเทศเยอรมัน เป็นต้น ความช่วยเหลือเหล่านี้มุ่งเน้นการเผยแพร่ความรู้ทางด้านเทคนิคที่เคยถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทในประเทศต่าง ๆ จนได้รับความสำเร็จเป็นอย่างดีมาแล้ว และได้นำรูปแบบมาปรับใช้ให้เข้ากับสภาพและลักษณะการประกอบการในประเทศไทย

มลพิษ คือ การปลดปล่อยสารอันตรายให้ปนเปื้อนสู่อากาศ ดิน หรือน้ำ ดังนั้นการป้องกันมลพิษ(Pollution Prevention, PP) หมายถึง กระบวนการหรือการกระทำที่ลดหรือกำจัดการเกิดมลพิษหรือของเสียที่จุดกำเนิด แทนการบำบัดมลพิษที่ปลายทาง หรือปลายปล่อง การลดการใช้และการก่อให้เกิดสารที่เป็นอันตรายและสารที่ไม่เป็นอันตราย ไม่มีการใช้สารที่เป็นพิษในกระบวนการผลิต รวมถึงมีการใช้วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน และทรัพยากรอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพ [6] ซึ่งการป้องกันมลพิษ

ดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะช่วยป้องกันสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ทำให้เศรษฐกิจมีความมั่นคง และเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติการป้องกันมลพิษกับ ISO 14000 เป็นอนุกรมมาตรฐานขององค์กรมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization, ISO) เกี่ยวกับระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management System, EMS) มาตรฐาน ISO 14001 ที่ประกาศใช้แล้วตั้งแต่ปี 2536 โดยกำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดการสิ่งแวดล้อมองค์กร และเป็นมาตรฐานฉบับเดียวในอนุกรม ISO 14000 ที่ผู้ประกอบการสามารถขอการรับรองได้ มาตรฐานอื่นๆได้

2.5 มาตรฐานการควบคุมงานก่อสร้างอาคารเขียว

มาตรฐานอาคารเขียว คือโครงสร้างและขั้นตอนการใช้ที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุอาคาร จากการเลือกที่ดิน การจัดสรรในการออกแบบ ก่อสร้าง การดำเนินงานและการบำรุงรักษาซ่อมแซม และการรื้อถอน อีกนัยหนึ่งการออกแบบอาคารสีเขียวที่เกี่ยวข้องกับการหาสมดุลระหว่าง Homebuilding และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนนี้ ต้องร่วมมือกันระหว่างของทีมงานออกแบบของสถาปนิกวิศวกรและลูกค้าในทุกขั้นตอนของโครงการปฏิบัติการอาคารสีเขียว เพื่อเตรียมพร้อมและเติมเต็มความต้องการ อาคารแบบคลาสสิกตามเศรษฐกิจ สาธารณูปโภค ความทนทานและความสะดวกสบาย

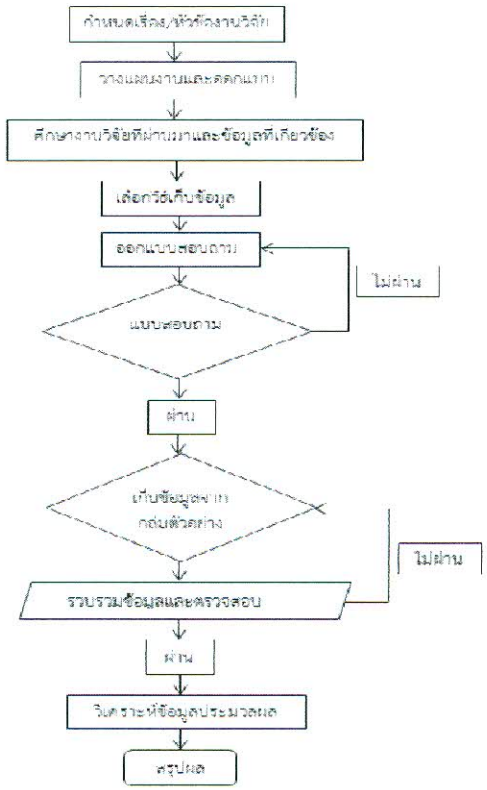
3.วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ตารางการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยสามารถวิเคราะห์สภาพทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ความถี่ และค่าร้อยละ

3.2 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มคนในหน่วยงานก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดกลาง ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากผู้เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างในจังหวัดนครปฐม จำนวน 200 ชุด จากกลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้ คนงานก่อสร้าง ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ควบคุมงาน และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ เสนอในรูปแบบของตารางดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือการจัดทำแบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในสถานที่ก่อสร้าง ในช่วงเวลาการรื้อถอนไปจนถึงการปรับพื้นพื้นเตรียมพร้อมสำหรับการก่อสร้าง เพื่อศึกษาผลที่ได้รับจากการนำกฎข้อบังคับมาใช้ในสถานที่ก่อสร้าง โดยเป็นแบบสอบถาม 1 ชุด โดยมีลักษณะแบบสำรวจรายการ (Checklist) แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเช่น สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง เป็นต้น

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามแบบตัวเลือกเกี่ยวกับมาตรฐานสิ่งแวดล้อม

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างและแนวทางแก้ปัญหา โดยคำถามมีลักษณะแบบปลายเปิด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผล

ดำเนินการเก็บรวบรวมโดยวิธีการเก็บข้อมูลด้วยตนเองซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (1) ขอหนังสือจากมหาวิทยาลัยเพื่อขออนุญาตถึงผู้บริหารในหน่วยงานก่อสร้าง และขอความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูล (2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล (3) รับแบบสอบถามกลับคืน และตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม

3.5 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ค่าร้อยละ (Percentage) ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม $\% = \frac{N}{n} x\ 100$

โดย N คือจำนวนของผู้ตอบแบบสอบถามในข้อนั้น ๆ และ n คือจำนวนของผู้ตอบแบบสอบถาม

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง ได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มหน่วยงานก่อสร้างในจังหวัดกรุงเทพมหานครและนครปฐม โดยมีหลักเกณฑ์ในการเลือกโครงการที่เป็นที่รู้จักในการก่อสร้างบ้านขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลาง จะคัดเลือกสถานประกอบการที่ทำงาน บริษัทในเครือของ Q House และSC Asset ทั้งหมด 4 โครงการ ยกตัวอย่างสถานประกอบการดังต่อไปนี้ หจก. ราชบุรีชนะกิจคอนสตรั๊คชั่น, หจก. ศรีอุไร เจริญกิจ และบริษัทอรวิดา ก่อสร้าง จำกัด. จากกลุ่มตัวอย่างคือคนงานก่อสร้าง ผู้ควบคุมงาน หัวหน้าคนงาน ผู้รับเหมาก่อสร้าง วิศวกร สถาปนิก เจ้าของงาน และเจ้าหน้าที่ในส่วนอื่นๆ ทำการเก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ชุด โดยได้แบบสอบถามกลับคืนเต็มจำนวน

4.1 ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง

เป็นการแสดงจำนวนผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ จำนวน 200 คน มีความเข้าใจถึงสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง ว่าเป็นแหล่งของมลพิษ ฝุ่น และเป็นสถานที่ที่เกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน เนื่องจากเป็นสาเหตุหลักในสถานที่ทำงาน ซึ่งมีความเห็นตรงกันตามในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม			
ความเข้าใจสิ่งแวดล้อม	จำนวน/ (คน)	มีความเข้าใจ (คน)	สถิติ ร้อยละ
สิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ	200	107	53.50
สิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง	200	132	66.00
มลพิษในสถานที่ก่อสร้าง	200	180	90.00
แหล่งกำเนิดมลพิษในสถานที่ก่อสร้าง	200	124	62.00
อุบัติเหตุจากการทำงานก่อสร้าง	200	146	73.00
ผลกระทบของฝุ่นในสถานที่ก่อสร้าง	200	107	53.50
ผลกระทบจากฝุ่นต่อร่างกายของผู้ทำงาน	200	180	90.00
อุบัติเหตุจากการจัดสรรพื้นที่ไม่เป็นระเบียบขณะปฏิบัติงาน	200	129	64.50
กิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม	200	54	27.00
พฤติกรรมที่ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะ	200	92	46.00

4.2 มาตรฐานสิ่งแวดล้อม

เป็นการแสดงผลการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 87 คน เป็นข้อมูล แบบสอบถามจากวิศวกร และตำแหน่งที่มีความรู้ในเรื่องมาตรฐานสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) ซึ่งจากข้อมูลสามารถบอกได้ ว่าวิศวกรส่วนใหญ่มีความรู้และให้ความสำคัญในมาตรฐาน แต่ในส่วนของโครงการยังขาดการพัฒนาในการนำมาตรฐานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จะเห็นได้ว่าในโครงการก่อสร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมยังคงมีอยู่และยังไม่ได้รับการแก้ไขดังปรากฏผลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานสิ่งแวดล้อม			
ความเข้าใจเรื่องมาตรฐานสิ่งแวดล้อม	จำนวน (คน)	เห็นด้วย (คน)	สถิติ ร้อยละ
รู้จักกับมาตรฐาน ISO 14001	87	51	58.62
รู้จักมาตรฐานสิ่งแวดล้อมอื่นๆ	87	47	54.02
มีประโยชน์มากหากใช้มาตรฐานเข้ามาช่วยในการพัฒนาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม	87	60	68.97
มาตรฐานสิ่งแวดล้อมสามารถนำมาลดค่าใช้จ่ายในส่วนอื่นๆได้	87	49	56.32
มาตรฐานสิ่งแวดล้อมสามารถลดค่าเสียหายต่อบริเวณใกล้เคียงได้	87	24	48.98
การกำจัดขยะโดยการนำรถมาบรรทุกเพื่อนำไปยังสถานที่ทิ้งเป็นวิธีที่ดีที่สุด	87	58	66.67

4.3 สภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างและแนวทางการแก้ปัญหา

เป็นส่วนคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้คำตอบมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถแสดงข้อเสนอแนะต่างๆดังนี้

4.3.1 ความคิดเห็นของวิศวกรส่วนใหญ่ พบว่าให้ความสำคัญในการวางแผนโครงการ ตั้งแต่ช่วงเริ่มการรื้อถอน และวางแผนการจัดการเรื่องของวัสดุเป็นสำคัญ พร้อมทั้งควรได้รับการควบคุมงานที่ดีในการวางระบบสาธารณูปโภค พบว่าในปัจจุบันภายในโครงการยังขาดการวางแผน และขาดการควบคุมการทำงานจึงก่อให้เกิดปัญหาในหลายด้านดังนี้ วัสดุกองเก็บไม่เป็นที่ ก่อให้เกิดอันตรายต่อการทำงาน ปัญหาต่อระบบสาธารณูปโภค และขาดการจัดสรรพื้นที่ในการกำจัดวัสดุ ตามข้อมูลดังปรากฏผลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างระหว่างรื้อถอนไปจนถึงการเตรียมถมดิน

ผลการศึกษาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างระหว่างรื้อถอนไปจนถึงการเตรียมถมดิน			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
1	ให้ทำการรื้อถอนและจัดการในเรื่องของวัสดุก่อนการถมดิน	39	44.83
2	ให้มีการควบคุมการรื้อถอนไปจนถึงระบบสาธารณูปโภค	32	36.78
3	ให้มีการจัดสรรพื้นที่ในการทิ้งวัสดุให้เหมาะสม	14	16.09
4	ให้มีการจัดการในเรื่องการลดฝุ่นละออง	2	2.30
รวม		87	100.00

4.3.2 การนำระบบมาตรฐานมาใช้ในระหว่างการดำเนินโครงการมีผลกระทบอย่างไร

พบว่าผลการศึกษาเกี่ยวกับการนำระบบมาตรฐานมาใช้ วิศวกรส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าจะเกิดความล้าช้าในระยะสั้น ในการนำระบบมาตรฐานมาใช้ แต่จะเกิดผลดีในระยะยาว และอีกส่วนหนึ่งมีความคิดเห็นว่าจะเกิดผลกระทบมากในการนำระบบมาใช้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภายในโครงการไม่ได้นำระมาตรฐานใดๆ มาใช้เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ข้อมูลดังปรากฏผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาการนำระบบมาตรฐานมาใช้ในระหว่างการดำเนินโครงการมีผลกระทบอย่างไร

ผลการศึกษาการนำระบบมาตรฐานมาใช้ในระหว่างการดำเนินโครงการมีผลกระทบอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
1	เกิดความล้าช้าในการทำงานในระยะสั้น แต่จะมีผลดีในระยะยาว	36	41.38
2	มีผลกระทบมากต่อการทำงาน	25	28.74
3	ถ้านำมาตรฐานมาใช้จะมีผลดีในระยะยาว	17	19.54
4	หากนำระบบมาใช้จะมีปัญหาที่ตัวบุคคล และ พ.ร.บ. ในการเริ่มต้นมาตรฐานที่ไม่คุ้นเคย	9	10.34
รวม		87	100.00

4.3.3 ระบบของเสียภายในโครงการซึ่งมีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอย่างไร

พบว่าผลการศึกษาเกี่ยวกับของเสียภายในโครงการ มีความคิดเห็นว่า มีความสำคัญมากในการจัดการระบบ เพราะของเสียก่อผลกระทบในโครงการและชุมชนข้างเคียง ร่วมทั้งมีการเสนอให้นำระบบ EIA เข้ามาพัฒนา พร้อมทั้งระบบมาตรฐานสิ่งแวดล้อมเข้ามาช่วยจัดการ จึงสรุปได้ดังนี้คือ ขาดการจัดการเรื่องระบบของเสียจึงยังคงเป็นปัญหาอยู่ ได้วิเคราะห์ข้อมูลดังปรากฏผลตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาระบบเกี่ยวกับของเสียภายในโครงการซึ่งมีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอย่างไร

ผลการศึกษาระบบเกี่ยวกับของเสียภายในโครงการซึ่งมีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
1	มีความสำคัญ เพราะระบบของเสียมีผลกระทบอย่างมากทั้งในโครงการและชุมชน	31	35.63
2	ให้มีการจัดระบบ EIA เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของโครงการ	27	31.03

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาระบบเกี่ยวกับของเสียภายในโครงการซึ่งมีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอย่างไร (ต่อ)

ผลการศึกษาระบบเกี่ยวกับของเสียภายในโครงการซึ่งมีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
3	ระบบของเสียจะควรต้องมีมาตรฐานที่ดีในการจัดระบบ	20	22.99
4	จัดให้มีการทำความสะอาด เพื่อลดกลิ่น และของเสียที่ซึมลงพื้นดินในโครงการ	9	10.34
รวม		87	100.00

4.3.4 ศึกษาระบบกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโครงการ

พบว่าผลการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม มีความคิดเห็นว่า ถ้านำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้ามาใช้ก็จะสามารถทำให้ชุมชนรอบข้างดีขึ้น และหากมีการบังคับใช้ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังก็จะเกิดผลดี ส่วนน้อยมีความคิดเห็นว่าไม่ควรนำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้ามาใช้ เพราะยังขาดการดูแล จึงสรุปผลได้ดังนี้ ภายในสถานที่ก่อสร้างยังคงเป็นปัญหาเนื่องจากไม่มีการนำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้ามาใช้ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังปรากฏผลตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาระบบกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโครงการและมีความเหมาะสมอย่างไร

ผลการศึกษาระบบกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโครงการและมีความเหมาะสมอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
1	เหมาะสม เพราะจะทำให้สภาพแวดล้อมในโครงการและรอบข้างดีขึ้น	57	65.52
2	มีความเหมาะสม หากมีการบังคับใช้อย่างจริงจัง	22	25.29

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาระบบกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโครงการและมีความเหมาะสมอย่างไร (ต่อ)

ผลการศึกษาระบบกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโครงการและมีความเหมาะสมอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
3	ไม่เหมาะสม เพราะยังขาดความเอาใจใส่และการดูแล	8	9.20
รวม		87	100.00

4.3.5 การปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมในโครงการ

พบว่าผลการศึกษาเกี่ยวกับการแก้ไขสภาพแวดล้อม มีความคิดเห็นว่า ควรเพิ่มมาตรการในการจัดเก็บวัสดุ และการจัดทิ้งขยะ ร่วมถึงการจัดอบรมให้ความรู้กับบุคลากร พร้อมทั้งควรมีการวางแผนในการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อม จึงสรุปผลได้ดังนี้ บุคลากรส่วนใหญ่ในสถานที่ก่อสร้างขาดความรู้ในเรื่องการแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังปรากฏผลตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาแนวทางที่จะปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมในโครงการอย่างไร

ผลการศึกษาแนวทางที่จะปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมในโครงการอย่างไร			
ลำดับ	ข้อเสนอแนะ	จำนวน (คน)	สถิติ ร้อยละ
1	ควรมีการเพิ่มมาตรการในการจัดเก็บวัสดุ และการจัดทิ้งขยะ	38	43.68
2	ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้ความเข้าใจกับบุคลากร ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ	24	27.59
3	ควรมีการวางแผนและการปฏิบัติในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม	14	16.09
4	ควรจัดการขนย้ายขยะออกนอกพื้นที่โครงการ เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดี	11	12.64
รวม		87	100.00

5. สรุป

การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างจากคนงาน หัวหน้างาน ผู้ควบคุมงาน และผู้ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ระยะเวลารื้อถอนไปจนถึงช่วงการก่อสร้างฐานราก ในโครงการหมู่บ้านจัดสรร 4 โครงการ จากการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยในบทที่ 4 มีการสรุปผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้าง

ผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างว่า เป็นสถานที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ของโครงการ มีทั้งเครื่องจักรในการทำงานกลิ่นควันของเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ทำงาน รวมถึงเรื่องของมลพิษที่เป็นของเสีย วัตถุอันตราย มวลสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานโดยการสูดดม

5.2 ด้านสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการทำงาน

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นว่ามีผลกระทบที่เกิดจากสภาวะสิ่งแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างทางด้านมลพิษทางอากาศ ฝุ่น ควัน กลิ่น ซึ่งเป็นปัญหาที่ทำให้คุณภาพของอากาศตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลง และก่อให้เกิดอันตรายต่อการร่างกายของผู้ที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้าง สิ่งที่พบบ่อยก็คือ ฝุ่นละออง ก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่าง เช่น ลดความสามารถในการมองเห็น

5.3 สภาวะแวดล้อมที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในสถานที่ก่อสร้าง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นว่าเกิดอุบัติเหตุในการทำงานในส่วนของอุบัติเหตุจากการจัดสรรพื้นที่ที่ไม่เป็นระเบียบ

การกองเก็บวัสดุไม่เป็นที่ การกองไม้ที่มีตะปูอยู่ไม่เป็นที่ในบางครั้งทำให้เกิดอุบัติเหตุกับเท้า ขาดความระมัดระวังในการทำงาน และการทำงานมีเสียงดังรบกวน ทำให้ในบางครั้งไม่มีสมาธิในการทำงาน ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

5.4 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้จักมาตรฐาน ISO 14001 และรู้เกี่ยวกับมาตรฐานสิ่งแวดล้อมอื่นๆเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีมาตรฐานอื่นๆที่รู้จักเป็นส่วนใหญ่ได้แก่ EIA (Environment Impact Assessment) และมาตรฐานสิ่งแวดล้อม ISO อื่นๆ (มาตรฐานสีเขียว) เห็นว่ามีประโยชน์มากถ้าได้นำมาตรฐานมาใช้กับโครงการ ทั้งยังสามารลดค่าใช้จ่ายบางส่วนในโครงการ และบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย

5.5 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่มีผลกับสถานที่ก่อสร้าง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความเห็น ควรมีการจัดการพื้นที่ก่อนถมดินอย่างมีประสิทธิภาพ กำจัดเศษวัสดุที่เกิดจากการรื้อถอน ที่อาจมีผลกระทบต่อการดำเนินการก่อสร้าง การจัดสรรพื้นที่และสาธารณูปโภคให้พร้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่รองลงมา การจัดสรรพื้นที่ที่ดีเป็นตัวช่วยที่สำคัญยิ่งในการดำเนินงานให้รุดหน้าต่อไปได้ ง่ายต่อการจัดการและแก้ปัญหาที่อาจเกิดตามมา ทั้งยังเล็งเห็นว่า ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ปัญหาเรื่องฝุ่นละออง โดยต้องมีการลดจำนวนฝุ่นละอองในอากาศ ที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและทัศนวิสัยในการทำงาน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในด้านการจัดสรรพื้นที่ ตั้งแต่รื้อถอนไปจนถึงการวางระบบสาธารณูปโภคที่ดีเพื่อลดปัญหาสภาพแวดล้อมในสถานที่ก่อสร้างและสถานที่ข้างเคียง จึงให้ความคิดเห็นตรงกันว่าหากนำระบบมาตรฐานเข้ามามีส่วนร่วมในส่วนขอระบบ ISO 14001 ร่วมถึงระบบ Environmental Impact Assessment (EIA) และโครงการการปฏิบัติการอาคารสีเขียว มาปรับใช้ในส่วนที่สามารถปรับใช้ได้ในสถานที่ก่อสร้าง รวมถึงให้มีการจัดอบรมให้ความรู้ความเข้าใจต่อบุคลากรทุกภาคส่วน ให้เห็นความสำคัญในการรักษาสภาพแวดล้อม พร้อมทั้งมีมาตรการการบังคับใช้อย่างจริงจังก็จะสามารถลดปัญหาสภาพแวดล้อมลงได้อย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากการนำมาตรฐานมาใช้ก็ยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมภายในสถานที่ก่อสร้างอย่างยังยืน และสามารถลดค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ข้างเคียงร่วมถึงลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ในสาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาค้นคว้าตลอดจนคณาจารย์ท่านอื่น ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกหน่วยงานก่อสร้างที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กุลวดี ตรีครุฑพันธ์,2547. **การจัดทำระบบมาตรฐานคุณภาพ ISO 9000 ในงานรับเหมาก่อสร้าง:กรณีศึกษาบริษัท สยาม ซินแท็ค คอนสตรัคชั่น จำกัด(มหาชน).** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ.

[2] มานิต ฉัตรสุวรรณวิไล,2553.**ปัญหาในการปฏิบัติใช้กฎหมายสิ่งแวดล้อมในงานก่อสร้าง.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[3] วสวัตติ์ เอกพานิช,2555. **ปัญหากฎหมายการจัดการฝุ่นละอองจากการก่อสร้างอาคาร.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ สาขากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[4] มาโนช วงศ์ธนกุญชร,2550. **การจัดการขยะจากงานก่อสร้างโดยใช้กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษากรณีศึกษาโครงการการก่อสร้างโรงงานมินีแบอิเลคโทรนิคส์ลพบุรีของบริษัท ไทคิชา(ประเทศไทย) จำกัด.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[5] สยาม อรุณศรีมรกต,2551. **ISO 14001:2000 ระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล

[6] นพภาพร พานิชและคณะ,2547. **ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ.** กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วงจรกรองความถี่หลายหน้าที่โหมดแรงดันชนิดสามอินพุทหนึ่งเอาท์พุทโดยใช้วงจรโอทีเออย่างง่าย
Three-Input One-Output Voltage-Mode Universal Filter Using Simple OTAs

พิชัย สุขใสบูลย์[1] บุญยิ่ง นบนอบ[1] และมนตรี คำเงิน[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอวงจรกรองความถี่ในโหมดแรงดันแบบสามอินพุตหนึ่งเอาต์พุตที่ปรับค่าความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วงจรโอทีเออย่างง่ายมาทำเป็นวงจรกรองความความถี่ วงจรที่นำเสนอสามารถสร้างการกรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่าน ความถี่สูงผ่าน แถบความถี่ผ่าน แถบความถี่หยุดและผ่านทุกความถี่ได้ในวงจรเดียว การสร้างฟังก์ชันการกรองทั้งหมดไม่ต้องการความสมพงษ์กันของค่าอุปกรณ์และไม่ต้องการอินพุทแบบกลับขั้วสัญญาณ ค่าความถี่และตัวประกอบคุณภาพสามารถควบคุมได้อย่างอิสระจากกันด้วยแหล่งจ่ายกระแส วงจรกรองความถี่ที่เสนอถูกจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมPSPICE เพื่อยืนทฤษฎีที่เสนอ

คำสำคัญ: วงจรกรองความถี่ไบควอดราติก วงจรโหมดแรงดัน วงจรโอทีเอ วงจรประมวลผลสัญญาณอนาล็อก

Abstract

This paper presents a three-input one-output voltage-mode electronically tunable universal filter using only simple CMOS operational transconductance amplifiers. The proposed filter provides lowpass, highpass, bandpass, bandstop and allpass filters into one single topology. For realize all the filtering functions, no component-matching conditions and no inverting-type input signals are required. The natural frequency and the quality factor can be controlled orthogonally and electronically by adjusting the bias currents. The proposed filter is simulated using PSPICE simulators to confirm the presented theory.

Keyword: biquadratic filter, voltage-mode circuit, operational transconductance amplifier, analog signal processing

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. บทนำ

วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟมีความสำคัญสำหรับการใช้งานทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วงจรกรองความถี่สามารถนำไปใช้งาน เช่น ในคลอสโอเวอร์เน็ตเวิกคุณภาพสูง วงจรตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจ การถอดรหัสสัญญาณเสียงของโทรศัพท์ และ การกำจัดสัญญาณคลื่นพาห์ในเครื่องรับ [1]-[3] ดังนั้นจึงมีวงจรกรองความถี่นำเสนอมากมายในวารสารต่าง ๆ [4]-[15] ใน [4]-[8] นำเสนอวงจรกรองความถี่โดยใช้วงจรวงจรสายพานกระแส แต่วงจรกรองความถี่ที่ใช้วงจรสายพานกระแสเหล่านี้ไม่สามารถปรับค่าความถี่ได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับวงจรรวม วงจรกรองความถี่ที่สามารถปรับได้ในทางอิเล็กทรอนิกส์มีข้อได้เปรียบเพราะสามารถปรับความถี่และตัวคุณภาพโดยใช้แรงดันหรือกระแส อย่างไรก็ตามมีวงจรกรองความถี่หลายวงจรที่สามารถปรับค่าความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์เสนอใน [9]-[24] วงจรกรองความถี่โดยใช้วงจรสายพานกระแสที่ควบคุมด้วยกระแสนำเสนอใน [9]-[10] วงจรกรองความถี่ใช้วงจรสายพานกระแสชนิดผลต่างนำเสนอใน [11]-[12] และวงจรกรองความถี่ที่ใช้วงจรสะท้อนกระแสนำเสนอใน [13] เป็นที่ทราบดีว่าวงจรโอทีเอเป็นวงจรมีความสามารถในการปรับค่าความนำในตัวมันได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ผ่านแรงดันไฟฟ้าหรือกระแส อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถสร้างได้ทั้งเทคโนโลยีไบโพล่าและซีมอส ยิ่งไปกว่านั้นวงจรที่ใช้วงจรโอทีเอเป็นวงจรพื้นฐานจะไม่ต้องการตัวต้านทานซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาสร้างเป็นวงจรรวม ดังนั้นที่ผ่านมาจึงมีวงจรกรองความถี่ที่ใช้วงจรโอทีเอเป็นวงจรพื้นฐานนำเสนอไว้มากมายใน [14]-[24] เมื่อพิจารณาขั้วอินพุทและขั้วเอาท์พุท วงจรกรองความถี่เหล่านั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือวงจรกรองความถี่แบบหนึ่งอินพุทหลายเอาท์พุท [14]-[18] และแบบที่สองคือวงจรกรองความถี่แบบหลายอินพุทและหนึ่งเอาท์พุท [14]-[25] โดยทั่วไปวงจรกรองความถี่แบบหนึ่งอินพุทหลายเอาท์พุทเป็นวงจรที่สามารถสร้างการกรองความถี่ได้หลายแบบที่เอาท์พุท เช่น การกรองความถี่ต่ำ (lowpass filter: LP) การกรองแถบความถี่ผ่าน (bandpass filter: BP) การกรองความถี่สูง (highpass filter: HP) การกรองแถบความถี่หยุด (bandstop filter: BS) และ การกรองผ่านทุกความถี่ (allpass filter: AP) เมื่อป้อนสัญญาณเข้าที่อินพุท สำหรับการกรองแบบหลายอินพุทและเอาท์พุทเดียวคือวงจรที่สร้างการกรองได้ด้วยการป้อนอินพุทอย่างเหมาะสมตามเงื่อนไข เปรียบเทียบวงจรกรองความถี่แบบอินพุทเดียวและหลายเอาท์พุท วงจรกรองความถี่แบบหลายอินพุทและหนึ่งเอาท์พุทจะใช้จำนวนอุปกรณ์แอ็กทีฟน้อยกว่า ซึ่งเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อเป็นวงจรกรองความถี่อันดับสูง (high-order filter) มากกว่าวงจรกรองแบบอินพุทเดียวหลายเอาท์พุท เพราะในการต่อใช้งานเป็นวงจรกรองความถี่อันดับสูงเราอาจจะต้องการการกรองเพียงฟังก์ชันเดียว เช่น ต้องการการกรองแบบผ่านทุกความถี่อันดับสูงเพียงฟังก์ชันเดียว ซึ่งได้จากการต่อคาดเคดของวงจรกรองความถี่อันดับที่สอง ดังนั้นวงจรกรองแบบอินพุทเดียวหลายเอาท์พุทที่ได้ฟังก์ชันการกรองได้ครบแต่อาจจะไม่ถูกนำมาใช้งาน

บทความนี้เสนอวงจรกรองความถี่โหมดแรงดันที่ปรับค่าพารามิเตอร์ของวงจรด้วยวิถีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์แบบสามอินพุทและหนึ่งเอาท์พุทโดยใช้โอทีเอห้าวงจร ตัวเก็บประจุสองตัวและตัวต้านทานหนึ่งตัว วงจรที่นำเสนอมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาสร้างเป็นวงจรรวมเมื่อใช้อุปกรณ์พาสซีฟแบบต่อลงกราวด์ วงจรที่นำเสนอสามารถให้ผลตอบสนองของการ

กรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่าน ความถี่สูงผ่าน แถบความถี่ผ่าน แถบความถี่ผ่าน แถบความถี่หยุด และ ผ่านทุกความถี่โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างของวงจรและไม่ต้องการความสมพงษ์กันของอุปกรณ์ ค่าความถี่และค่าตัวประกอบคุณภาพสามารถควบคุมได้อย่างอิสระจากกันด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม PSPICE สามารถยืนยันการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

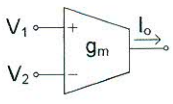
2. ทฤษฎี

สัญลักษณ์วงจรโอทีเอแสดงดังรูปที่ 1 คุณสมบัติในทางอุดมคติสามารถแสดงได้คือ

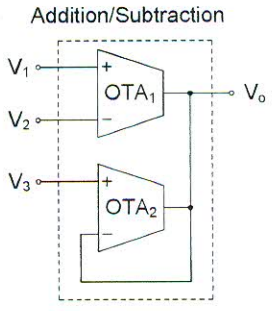
$$I_o = g_m (V_1 - V_2) \qquad (1)$$

โดยที่ I_0 คือกระแสเอาต์พุต g_m คือค่าความนำ V_1 คือขั้วอินพุตแบบไม่กลับเฟส และ V_2 คือขั้วอินพุตกลับเฟส รูปที่ 2 แสดงวงจรบวกและลบแรงดันที่ใช้วงจรโอทีเอ สมมุติว่า OTA_1 และ OTA_2 คุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ แรงดัน V_o สามารถแสดงได้คือ [25]

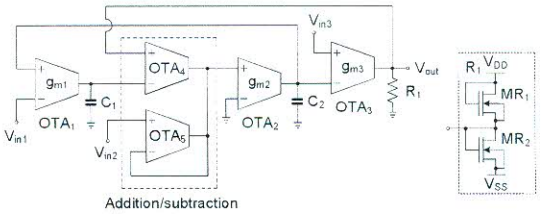
$$V_o = V_1 - V_2 + V_3 \qquad (2)$$



รูปที่ 1 สัญลักษณ์ของวงจรโอทีเอ



รูปที่ 2 วงจรบวกและลบแรงดันโดยใช้วงจรโอทีเอ



(ก) (ข)

รูปที่ 3 (ก) วงจรกรองความถี่ที่นำเสนอ
(ข) ตัวต้านทานแบบมอส

วงจรกรองความถี่ที่นำเสนอสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 วงจรประกอบด้วยวงจรโอทีเอห้าวงจร ตัวเก็บประจุแบบต่อลงกราวด์สองตัวและตัวต้านทานหนึ่งตัว การใช้ตัวเก็บประจุแบบต่อลงกราวด์ทำให้วงจรที่นำเสนอเหมาะสำหรับนำไปสร้างเป็นวงจรรวม [26] ถ้า V_{in1} V_{in2} และ V_{in3} เป็นขั้วแรงดันของวงจร แรงดันเอาต์พุตของรูปที่ 3 สามารถเขียนได้คือ

$$V_{out} = \left\{ \left(s^2 C_1 C_2 + R_1 g_{m1} g_{m2} \right) V_{in3} - \left(s C_2 R_1 g_{m3} \right) V_{in2} - \left(R_1 g_{m1} g_{m2} \right) V_{in1} \right\} / D(s) \qquad (3)$$

โดยที่ $D(s) = s^2 C_1 C_2 + s C_1 R_1 g_{m2} g_{m3} + g_{m1} g_{m2}$

จากสมการที่ (3) การกรองความถี่ทั้งห้าแบบสามารถกำหนดได้คือ

(1) การกรองความถี่ต่ำ $V_{in3} = V_{in}$ $V_{in1} = V_{in2} = 0$
(2) การกรองแถบความถี่ผ่าน $V_{in2} = V_{in}$ $V_{in1} = V_{in3} = 0$
(3) การกรองความถี่สูงผ่าน $V_{in1} = V_{in}$ $V_{in2} = V_{in3} = 0$
(4) การกรองแถบความถี่ $V_{in1} = V_{in3} = V_{in}$ $V_{in2} = 0$
(5) การกรองผ่านทุกความถี่ $V_{in1} = V_{in2} = V_{in}$ $V_{in3} = 0$

ดังนั้นวงจรที่นำเสนอสามารถสร้างการกรองความถี่ได้ห้าแบบในวงจรเดียวโดยไม่ต้องการคุณสมบัติความสมพงษ์กันของอุปกรณ์และสัญญาณอินพุตแบบกลับขั้ว ค่าพารามิเตอร์ ω_0 และ Q สามารถแสดงได้คือ

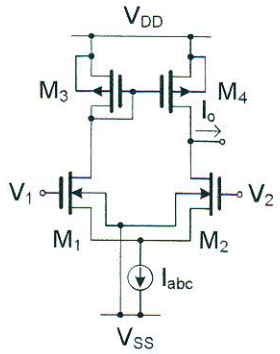
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g_{m1} g_{m2}}{C_1 C_2}} \qquad (4)$$

$$Q = \frac{1}{R_1 g_{m3}} \sqrt{\frac{C_1 g_{m1}}{C_2 g_{m2}}} \qquad (5)$$

สมการที่ 4 และ 5 ถ้ากำหนดให้ $g_m = g_{m1} = g_{m2}$ ค่าพารามิเตอร์ ω_o สามารถควบคุมได้ด้วยการปรับ g_m ด้วยกระแสไบอัส ส่วนค่า Q สามารถควบคุมได้โดยปรับ g_{m3} โดยกำหนดให้ $C_1 = C_2$ $g_{m1} = g_{m2}$ และ R_1 คงที่ ซึ่งหมายความว่าค่าพารามิเตอร์ ω_o และ Q สามารถควบคุมได้อย่างอิสระจากกัน ค่าความไวของพาสซีฟและแอ็กทีฟต่อค่าพารามิเตอร์ ω_0 และ Q แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความไวของพาสซีฟและแอ็กทีฟต่อค่าพารามิเตอร์ ω_0 และ Q มีค่าไม่เกินหนึ่งเท่า ดังนั้นไวของพาสซีฟและแอ็กทีฟต่อค่าพารามิเตอร์อยู่ในระดับที่ต่ำ

ตารางที่ 1 ค่าความไวของอุปกรณ์ค่าพารามิเตอร์ ω_0 และ Q

X	$S^{\omega_0}_{g_{m1}}$	$S^{Q}_{g_{m1}}$
C_1	-0.5	-0.5
C_2	-0.5	0.5
R_1	0.0	-1.0
g_{m1}	0.5	-0.5
g_{m2}	0.5	0.5
g_{m3}	0.0	-0.1



รูปที่ 4 วงจรโอทีเอที่ใช้ในบทความนี้

วงจรโอทีเอที่สร้างด้วยเทคโนโลยีซีมอสแสดงได้ดังรูปที่ 4 ถ้าสมมุติว่าทรานส์ซิสเตอร์ M_1 และ M_2 มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการและทำงานในย่านอิ่มตัว ส่วนทรานซิสเตอร์ M_3 และ M_4 มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ค่าความนำ (g_m) สามารถเขียนได้คือ

$$g_m = \sqrt{\mu_n C_{ox} (W/L) I_{abc}} \qquad (6)$$

โดยที่ I_{abc} คือกระแสไบอัส μ_n คือค่าความคล่องตัวของพาหะ C_{ox} คือค่าประจุไฟฟ้าของอ๊อกไซด์ต่อหน่วยพื้นที่ W และ L เป็นช่องความกว้างและความยาวของแชนแนล ตามลำดับ

จากรูปที่ 3 ตัวต้านทาน R_1 สามารถแทนด้วยตัวต้านทานแบบมอสดังรูปที่ 3(ข) [27] ถ้าสมมุติว่า M_{R1} และ M_{R2} มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการและทำงานในช่วงอิ่มตัว ค่าความต้านทานสามารถกำหนดได้คือ

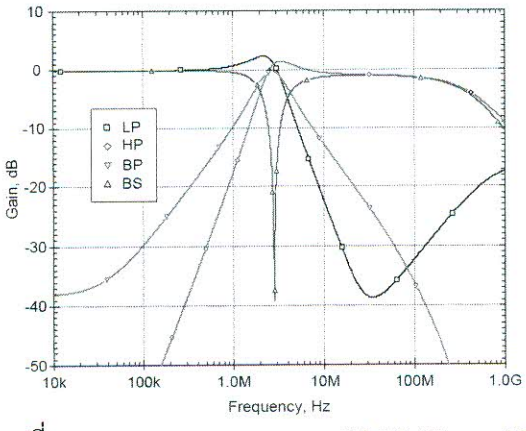
$$R \cong \frac{1}{2K(V_{DD} - V_{TH})} \qquad (7)$$

โดยที่ $K = \mu_n C_{ox} (W/L)$ V_{TH} คือค่าแรงดันแทรชโฮล และ $V_{DD} = |V_{SS}|$ คือแหล่งจ่ายแรงดัน

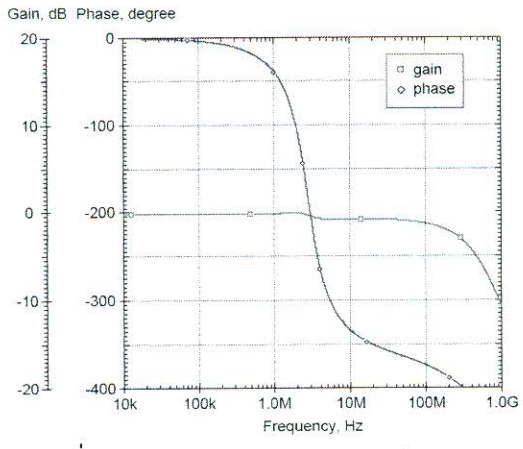
3. ผลการจำลอง

วงจรกรองความถี่ที่เสนอในรูปที่ 3 ได้ถูกจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE ด้วยเทคโนโลยีซีมอส 0.35 μm จากTSMC วงจรโอทีเอในรูปที่ 4 ถูกออกแบบโดยใช้อัตราส่วน W/L = 10μm/1μm สำหรับ PMOS ทุกตัว อัตราส่วน W/L = 5μm/1μm สำหรับ NMOS ทุกตัว [24] และ อัตราส่วน W/L = 1μm/1μm สำหรับ M_{R1} และ M_{R2} ($R_1 \approx 6.7k\Omega$) กำหนดแหล่งจ่ายแรงดัน $V_{DD} = -V_{SS} = 1.65$ V และ แหล่งจ่ายกระแสสำหรับ OTA_5 และ OTA_6 เท่ากับ 20 μA สำหรับตัวอย่างการออกแบบกำหนดตัวเก็บประจุ

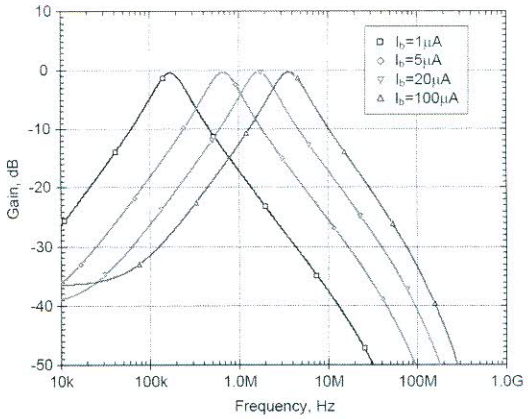
$C_1 = C_2 = 10$ μF กระแสไบอัส $I_{abc1} = I_{abc2} = 50$ μA ($g_m \approx 181.97$μS) $I_{abc3} = 37$ μA จากการออกแบบจะทำให้ได้ค่า f_o = 2.89 MHz และ Q ≅ 1 รูปที่ 5 แสดงผลตอบสนองความถี่ของการกรองความถี่ต่ำผ่าน ความถี่สูงผ่าน แถบความถี่ผ่าน และ แถบความถี่หยุด จากรูปความถี่ f_o วัดได้มีค่าเท่ากับ 2.71 MHz รูปที่ 6 แสดงผลตอบสนองของขนาดและเฟสของวงจรกรองผ่านทุกความถี่ จะเห็นได้จากรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ว่าวงจรที่นำเสนอสามารถสร้างการกรองได้ครบทั้งห้าแบบในวงจรเดียว รูปที่ 7 แสดงผลตอบสนองแถบความถี่ผ่านเมื่อปรับค่ากระแส I_b (เมื่อ $I_b = I_{abc1} = I_{abc2}$) มีค่าเป็น 1 5 20 และ 100 μA ตามลำดับ และ กำหนดให้ค่าตัวเก็บประจุ $C_1 = C_2 = 10$ μF ผลการจำลองนี้เพื่อยืนยันสมการที่ (4)



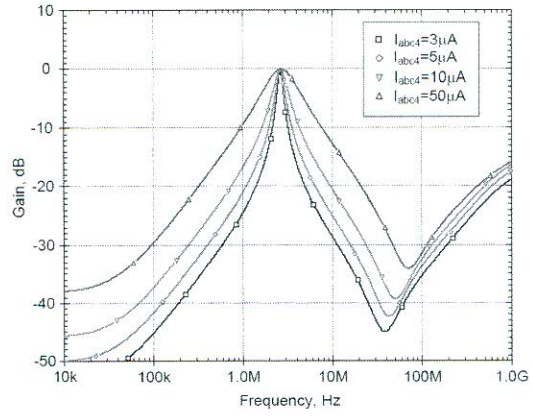
รูปที่ 5 ผลตอบสนองทางขนาดของ LP HP BP และ BS



รูปที่ 6 ผลตอบสนองทางขนาดและเฟสของ AP



รูปที่ 7 ผลตอบสนองทางขนาดของ BP เมื่อปรับค่า I_b



รูปที่ 8 แสดงผลตอบสนองความถี่แบบแถบความถี่ผ่านเมื่อปรับค่ากระแส I_{abc4} มีค่าเป็น 3 5 20 และ 50 μA ตามลำดับ ผลการจำลองนี้เพื่อยืนยันสมการที่ (5)

4.สรุป

บทความนี้นำเสนอวงจรกรองความถี่ที่ทำงานในโหมดแรงดันแบบสามอินพุตหนึ่งเอาต์พุตโดยใช้วงจรโอทีเอแบบเอาต์พุตเดียว วงจรที่นำเสนอใช้ตัวเก็บประจุแบบต่อลงกราวด์สองตัวซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาสร้างเป็นวงจรรวม วงจรที่นำเสนอสามารถมารถสร้างการกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน ความถี่สูงผ่าน แถบความถี่ผ่าน แถบความถี่หยุดและผ่านทุกความถี่ได้ในวงจรเดียวโดยขั้วอินพุตที่มีอิมพิแดนซ์สูง ไม่ต้องอาศัยความสมพงษ์กันของค่าอุปกรณ์และไม่จำเป็นต้องการอินพุทสัญญาณแบบกลับขั้วสัญญาณ ค่าพารามิเตอร์ ω_o และ Q สามารถ

ปรับค่าได้อย่างอิสระจากกันและด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ วงจรที่นำเสนอจะถูกจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE

5. เอกสารอ้างอิง

[1] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, S. M. Durbin, Engineering Circuit Analysis, New York, McGraw-Hill, 2002.

[2] C. K. Alexander, M. N. O. Sadiku, Fundamental of Electric Circuits, New York, McGraw-Hill, 2004.

[3] S.-Y. Lee, C.-J. Cheng, "Systematic design and modeling of a OTA-C filter for portable ECG detection," IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, vol. 3, pp. 53-64. 2009.

[4] S. Yichuang, J. K. Fidler, "Some desing methods of OTA-C and CCII-RC filters," in Proceedings of IEE Colloquium on Digital and Analogue Filters and Filtering Systems, England 1993, pp. 7/1-7/8.

[5] J.-W. Horng, C.-C. Tsai, M.-H. Lee, "Novel universal voltage-mode universal biquad filter with three inputs and one output using only two current conveyors," International Journal of Electronics, vol. 80, pp. 543-546, 1996.

[6] J.-W. Horng, "High-input impedance voltage-mode universal biquadratic filter using three plus-type CCIIs," IEEE Transactions on Circuits and System-I, vol. 48 pp. 996-997, 2001.

[7] C.-M. Chang, "Universal voltage-mode filter with four inputs and one output using two CCII+s," International Journal of Electronics, vol. 86, pp. 305-309, 1999.

[8] J.-W. Horng, C.-H. Hsu, C.-Y. Tseng, "High input impedance voltage-mode universal biquadratic filters with three inputs using three CCs and grounding capacitors," Radioengineering, vol. 21, pp. 290-296, 2012.

[9] M. T. Abuelma'atti, N. A. Tasadduq, "Universal current-controlled current-mode filter using the multiple-output translinear current conveyor," Frequenz, vol. 52, pp. 252-254, 1998.

[10] M. Kumngern, W. Jongchanavawat, K. Dejhan, "New electronically tunable current-mode universal biquad filter using translinear current conveyors," International Journal of Electronics, vol. 97, pp. 511-523, 2010.

[11] D. Biolek, V. Biolkova, "CDTA-C current-mode universal 2nd order filter," in Proceeding of the 5th WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications, Malta, 2005, pp. 411-414

[12] D. Biolek, V. Biolkava, Z. Kolka, "Current-mode biquad employing

single CDTA," Indian Journal of Pure & Applied Physics, vol. 47, pp. 535-537, 2009.

[13] C. Laoudias, C. Psychalinos, "Universal biquad filter topology using low-voltage current mirrors," International Journal of Circuit Theory and Applications, vol. 40, pp. 65-75, 2012.

[14] P. V. A. Mohan, "Generation of OTA-C filter structures from active RC filter structures," IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 37, pp. 656-660, 1990.

[15] C. M. Chang, "New multifunction OTA-C biquads," IEEE Transactions on Circuits and Systems-II, vol. 46, pp. 820-824, 1999.

[16] T. Tsukutani, M. Higashimura, N. Takahashi, Y. Sumi, Y. Fukui, "Novel voltage-mode biquad without external passive element," International Journal of Electronics, vol. 88, pp. 13-22, 2001.

[17] J.-W. Horng, "Voltage-mode universal biquadratic filter with one input and five outputs using OTAs," International Journal of Electronics, vol. 89, pp. 729-737, 2002

[18] M. Kumngern, P. Suwanjan, K. Dejhan, "Electronically tunable voltage-mode universal filter with single-input five-output using simple OTAs," International Journal of Electronics, vol. 100, pp. 1118-1133, 2013.

[19] T. Tsukutani, M. Higashimura, N. Takahashi, Y. Sumi, Y. Fukui, "Voltage-mode active-only biquad," International Journal of Electronics, vol. 87, pp. 1435-1442, 2000.

[20] T. Tsukutani, M. Higashimura, N. Takahashi, Y. Sumi, Y. Fukui, "Versatile voltage-mode active-only biquad with lossless and lossy integrator loop," International Journal of Electronics, vol. 88, pp. 1093-1101, 2001.

[21] M. T. Abuelma'atti and A. Bentrcia, "A novel mixed-mode OTA-Cuniversal filter," International Journal of Electronics, vol. 92, pp. 375–383, 2005.

[22] H.-P. Chen, S.-S. Shen, J.-P. Wang "Electronically tunable versatile voltage-mode universal filter," International Journal of Electronics and Communications, vol. 62, pp. 316-319, 2008.

[23] M. Kumngern, B. Knobnob, K. Dejhan, "Electronically tunable high-input impedance voltage-mode universal biquadratic filter based on simple CMOS OTAs," International Journal of Electronics, vol. 64, pp. 934-939, 2010.

[24] S.-H. Tu, C.-M. Chang, J. N. Ross, and M. N. S. Swamy, "Analytical synthesis of current-mode high-order single-ended-input OTA and equal-capacitor elliptic filter structures with the minimum number of components" IEEE Transactions on Circuits and Systems-I, vol. 54, pp. 2195-2210, 2007.

[25] R. R. Torrance, T. R. Viswanathan, J. V. Hanson, "CMOS voltage to current transducers," IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. CAS-32, pp. 1097-1104, 1985.

[26] M. Bhusan, R. W. Newcomb, "Grounding of capacitors in integrated circuits," Electronics Letters, vol. 3, pp. 148-149, 1967.

[27] Z. Wang, "2-MOSFET transistor with extremely low distortion for output reaching supply voltage," Electronics Letters, vol. 26, pp. 951-952, 1990.

Co-Pyrolysis technique between Used Lubricant Oil and HDPE by Activated Zeolite Catalyst

N.Phetyim[1]

Abstract

This research studied the optimum temperature for activating zeolite to use as a catalyst in the process of co-pyrolysis of used engine oil and high density polyethylene (HDPE) to offer diesel oil. Pyrolysis temperatures in range of 400-430 °C with catalyst of 0.5 % by weight of reactant and used engine oil per HDPE of the ratio of 100:0 by weight were performed. Zeolite was activated at 200 300 and 400°C. It was found that the optimized activated temperature at 400 °C provided the highest pyrolysis oil of 73.80 wt% while flash point temperature was lower than the standard of Department of Energy Business. Co-pyrolysis in ratio of oil:HDPE of 75:25, 50:50, 40:60, 25:75 and 0:100 by weight were studied. Experimental results showed that only the ratio of 50:50 to oil pyrolysis the qualifying standard diesel, such as flash point of 61.5 °C, specific gravity of 0.820, viscosity of 2.60 cSt, color of 3.0 and distillation of 90% recovered at 250.5 °C. The analysis of component of hydrocarbon by GC-MS of co-pyrolysis oil at the ratio of 50:50 showed the maximum linear paraffin lower than C24 (C<24) and subsequent double bonds contained hydrocarbon compounds.

Keywords: Co-pyrolysis, Lubricant Oil, High Density Polyethylene, Zeolite

[1] Department of chemical and Materials Engineering Faulty of Engineering , Rajamangala University of Technology Thanyaburi

1. Introduction

Plastics wastes have been continuously increasing according to their effective utilizations. The main alternatives methods of waste treatment employed today are incineration and landfill deposition for plastic wastes. However, these are far from optimal treatment options, because they can raise environmental issues, like toxic and greenhouse gas emissions, etc. Besides, their organic content is washed, otherwise, valuable in several applications. One of the benefit ways of the energetic and organic value of these wastes is pyrolysis. Most of plastic wastes from packaging such as bottle, shopping bags, etc., Polyethylene is the highest composition in municipal solid wastes, MSW. Used lubricant oils are one of the principal wastes of automobile sector. Environmental regulations require the collection of this oil, since their uncontrolled disposal may greatly hazard to underground and surface raw water. The alternative recycling processes seems to be economically uncompetitive, and only 20% of the collected oil are re-refined in Thailand. The destination of wastes oil is, depending on the country, incineration and supervised landfill.

Thallada Bhaskar et al. [1] reported thermal and catalytic treatment of waste lubricant oil with silica, silica-alumina, and alumina supported iron oxide catalysts performed at 400 °C at atmospheric pressure, Fe/SiO_2 catalyst decreased the sulphur content from 1640 to 90 ppm and produced low molecular weight hydrocarbons by cracking the high molecular weight hydrocarbons. Su Shiung Lam et al. [2] treated automotive engine oil using microwave-induced pyrolysis process, the results showed both fresh and wastes automotive oil are mostly composed of linear and branched paraffin (>85.8%), making them suitable candidates for pyrolysis, where the long-chained organic compounds are capable of being converted into valuable compounds.

Co-pyrolysis techniques have received much attention in recent years because these might allow the reduction of volume of waste, the recovery of chemicals and the replacement of fossil fuels. The thermal co-processing treatment methods could be environmentally friendly ways for the transformation of used engine oil and plastic waste into valuable products such as chemicals or fuels. [3]. Salepcioglu et al. [4] co-pyrolysed oil shale and LDPE and showed the increase in gas yield as the temperature of pyrolysis was increased which was attributed to gas phase cracking reactions to yield increased hydrocarbons. Additionally, it can be seen that gaseous n-paraffins and 1-olefins constitute the highest portion of the pyrolysis products. As temperature increases, the amounts of gases products increase which results as an increase in aliphatic hydrocarbon recovery.

The aim of this work, the co-pyrolysis technique of used lubricant oil with

HDPE waste was studied for the optimal temperature to activated zeolite catalyst that produces liquid products. The influence of the ratio of oil:HDPE on the product yield and qualities were investigated in order to determine the optimum pyrolytic oil.

2. Materials and Methods

2.1 Materials and samples preparation

The sample of waste lubricant oil was unspecified origin. The sample of high density polyethylene (HDPE) waste were collected from drinking water bottles, its particle size was 5 mm.

2.2 Pyrolysis experiments

- Effect of Temperature activating the catalyst. Pyrolysis experiments were performed in a 1 liter unstirred batch reactor, with atmospheric pressure of nitrogen. The 350 g of wasted oil were placed in the reactor, it was heated from room temperature to a final temperature of 430 °C for 6 hours using 0.5 wt. % of zeolite catalyst. The catalyst was activated in a furnace to temperature of 200 °C left for 30 minutes. The experiments were repeated by changing the catalyst activating temperature 200 °C to 300 °C and 400 °C respectively. The surface characteristic by Scanning Electron Microscopy (SEM), LEO model 1450 VP LEO of each activated catalyst was investigated.

- Proportion of waste lubricant oil and HDPE Co-pyrolysis of oil/HDPE mixtures were studied in proportions 100:0, 75:25, 50:50, 40:60 25:75, and 0:100 by weight. The accumulation of liquid product had stopped and gases products were no longer observed in the system. The reactor was visually inspected to ensure that the reaction was fully completed. The yield of solid product was determined by measurement of the weight change in the reactor, the yield of liquid product was determined by measuring the weight increase in the collected vessels. The yield of gaseous product was determined by mass balance and assumed that whatever mass of added sample not accounted for by the liquid and solid product measurements had left the system in gaseous form.

- Product analysis

The pyrolytic oils were analyzed by gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) by HP-5 column, length 30 m., diameter 0.25 mm. split 10:1, flowrate 0.9 ml/min oven temperature 170 °C until 320 °C (10 °C/min) used to identify their chemical composition. The other properties were analyzed based on ASTM methods as shown in Table 1.

Table 1. Analyzed ASTM methods

Properties	Standard method	Apparatus
Flash point °C	ASTM D93	Pensky Martens, model HFP 380
Viscosity @40°C	ASTM D445	Tomson, model Tv 2500
Color	ASTM D1500-96	Lovibond, model Camparator 3000 series
Specific gravity	ASTM D1298	Glass hydrometer
Distillation	ASTM D86	Tanaka, model AD-6

3. Results and Discussion

3.1 The optimum of activated temperature

After pyrolysis of waste lubricant oil, liquid product yields (oil) are presented in table 2. The results showed oil yield highly depending on activated temperature. At the highest activated temperature examined of 400 °C, the oil yield was high (73.8 wt%). For the sample of non-catalyst and catalyst, the oil yield slightly increased from non-catalyst when catalyst was used. While the oil yield was increased when activated catalyst was used. In other clockwise the solid yield were decreased when activated temperature increased. Comparing crystalline structures of zeolite which were investigated by SEM was shown in Figure 1. After zeolite was activated in the furnace at high temperature, the surface site was identified to be roughness and more surface area.

Table 3 shows the results of oil properties analysis obtained from waste lubricant oil pyrolysis in difference activated temperature. All samples showed low flash point temperature than the standard of diesel oil. Other properties (specific gravity, color, viscosity, and distillation) were on the diesel standard. The relationship between activated temperature and viscosity were investigated, viscosity of oil were decreased at high activated temperature. If distillation (90%recovered) of pyrolysis oil is more than 357 °C (standard of diesel oil) were indicated heavy hydrocarbon composition of product oil. The combustion of diesel engine was produced too much smoke. However, the oils (yields) from waste lubricant oil pyrolysis were low flash point comparing to of Department of Energy Business standard (<52 °C). The oil products of HDPE pyrolysis have high flash point temperature (about 65 °C) [5]. Thus, to understand the chemical reactions which could have taken place during the co-pyrolysis of waste lubricant oil with HDPE, the characterization of the liquid products obtained has been carried out in the next section.

3.2. Effect of different ratio of oil with HDPE

Six different ratio of waste lubricant oil

on HDPE waste mixtures were tested: 100:0; 75:25; 50:50; 40:60; 25:75 and 0:100 by weight. Each of these wastes was subjected to a final temperature of 430 °C during 6 hours. Table 4 shows the comparing properties of oil products, At ratio of 25:75 was the highest oil yield but flash point temperature unsatisfied on diesel standard. Only the ratio of 50:50 by weight of oil product was satisfied on diesel standard (flash point 61.5 °C, viscosity 2.60 cSt, specific gravity 0.82, distillation @90% (recovered) 250 °C and color 3.0).

3.3 Compound of pyrolysis oil

Four ratios of oil and HDPE (types of oil products) were selected for chemical compositions analysis by GC-MS as shown in table 5. For comparison purpose, peaks were categorized into five groups: linear paraffins lower than C_{24}, linear and branched paraffins higher than C_{24}, compounds with double bounds, cyclic compounds (aliphatic hydrocarbons with cyclic structure) and aromatic compounds (eg. Benzene derivatives and PAHs) As shown in Table 5, most of peaks were identified as Linear paraffins lower than C_{24} for oil product at the ratio of 50:50 and subsequent by hydrocarbon compound with double bonds, linear and branched paraffins of higher than C_{24} and cyclic compounds while aromatic compound was not identified

in all oil samples. Increasing in HDPE quantity effected in decreasing of linear paraffins < C_{24} and linear and branched paraffins > C_{24}. The pyrolysis oil of ratio 50:50 by weight provides higher liner paraffin compound compare to the oil of ratio 25:75 by weight. Therefore flash point and viscosity of oil from the ratio 50:50 by weight had higher than the ratio 25:75 by weight.

Table 2. Products yield of different activated temperature

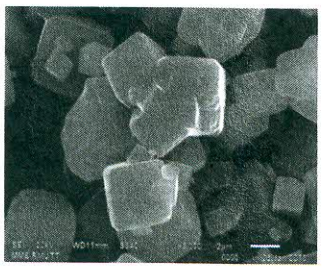
Products	Yield wt%				
	Non-catalyst	Catalyst 0.5 wt%	Activated catalyst 0.5 wt%		
			200°C	300°C	400°C
Oil	64.74	65.48	69.69	69.97	73.80
Solid	17.54	17.84	15.24	16.00	12.45
Gases	17.72	16.68	15.07	14.03	13.75

Table 3. Comparison of properties of oil yield with the diesel standard

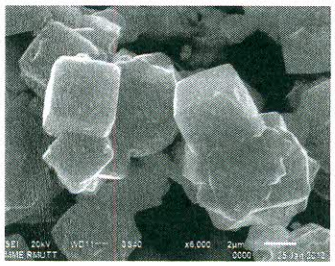
Properties	Activated Temperature			Non-catalyst	Catalyst 0.5 wt%	Diesel Standard
	200°C	300°C	400°C			
Flash point (°C)	36	33	33	31	29	>52.0
Specific gravity	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81-0.87
Color	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	<7.5
Viscosity (cSt) @40°C	3.42	3.40	2.94	3.47	2.72	1.80-4.10
Distillation (°C) @90% (recovered)	264.0	251.7	297.4	374	289	<357°C

Table 4. Properties of co-pyrolysis products.

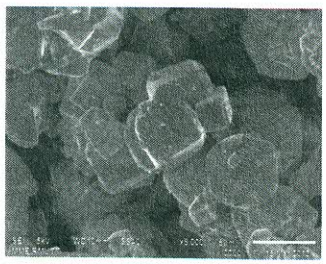
Properties	Ratio of Oil:HDPE						Diesel Standard
	100:0	75:25	50:50	40:60	25:75	0:100	
Flash point (°C)	32.5	33.0	61.5	31.5	31.5	65.5	>52 °C
Viscosity (cSt) @40°C	1.95	2.50	2.60	2.20	2.10	2.40	1.80-4.10
Specific gravity	0.82	0.80	0.82	0.78	0.78	0.79	0.81-0.87
Distillation °C @90% (recovered)	297	268	250	276	288	290	<357
Color	7.0	5.0	3.0	4.0	3.0	1.5	<7.5
Oil yield (%)	73.86	80.44	91.97	82.85	92.05	84.42	-
Gases yield (%)	12.29	15.49	5.14	7.34	5.79	14.28	-
Solid yield (%)	13.75	4.07	2.90	9.82	2.17	1.30	-



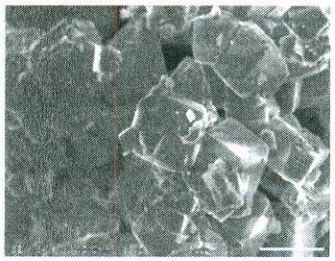
(a) before activated



(b) activated at 200 °C



(c) activated at 300 °C



(d) activated at 400 °C

Figure 1. The crystalline structure of zeolite: (a) before activated, (b) activated at 200 °C (c) activated at 300 °C and (d) activated at 400 °C

Table 5. Compounds of different of co-pyrolysis.

Ratio of Oil : HDPE	Compound (%)				
	Linear paraffins $< C_{24}$	Linear and branched paraffins $> C_{24}$	Double bonds compounds	Cyclic compounds	Aromatic compounds
100:0	72.888	14.174	11.988	0.949	-
50:50	58.691	13.733	26.112	1.463	-
25:75	57.775	6.370	34.711	1.124	-
0:100	55.282	4.649	37.823	2.247	-

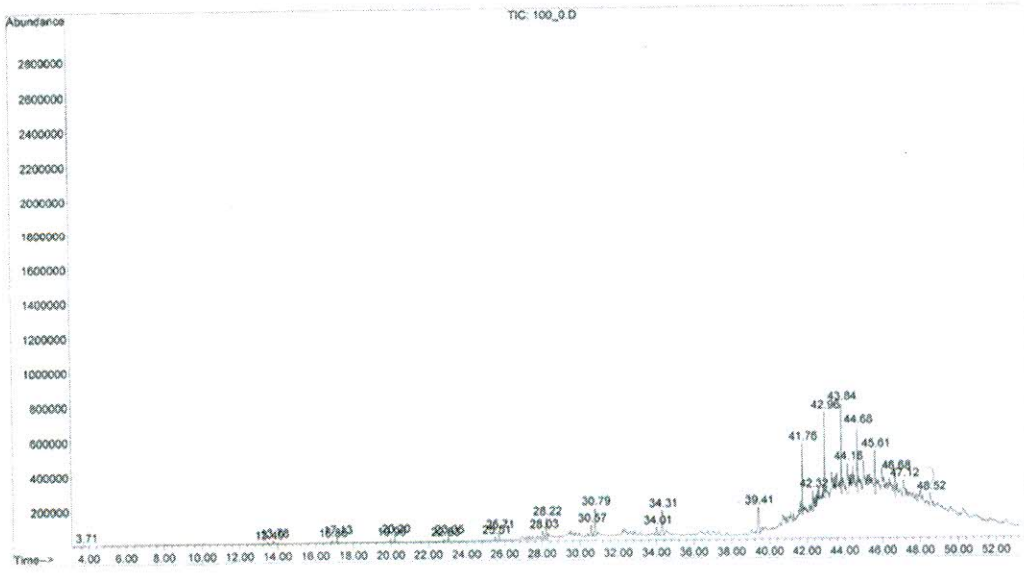


Figure 2. Hydrocarbon analysis of co-pyrolytic oil at oil:HDPE ratio 100:0 by weight

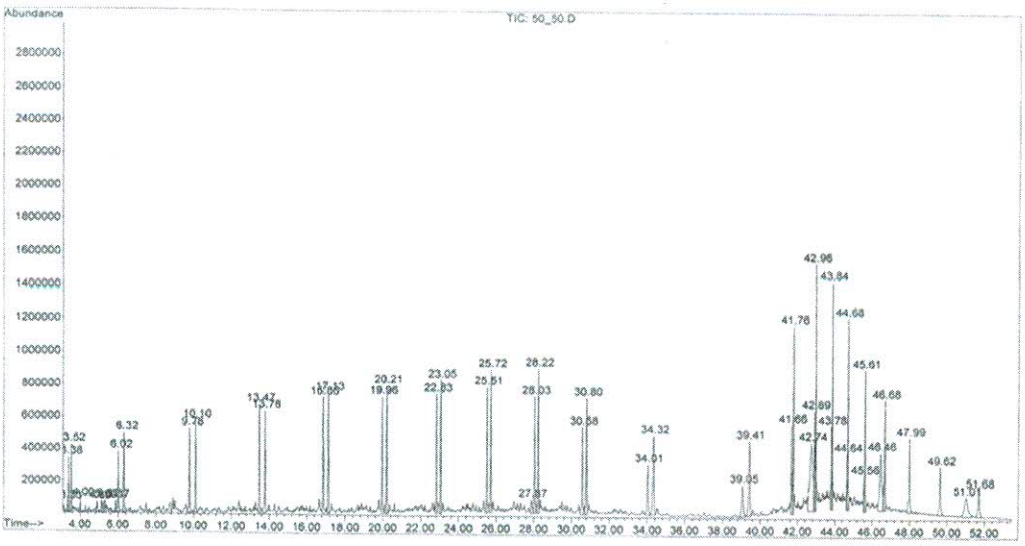


Figure 3. Hydrocarbon analysis of co-pyrolytic oil at oil:HDPE ratio 50:50 by weight

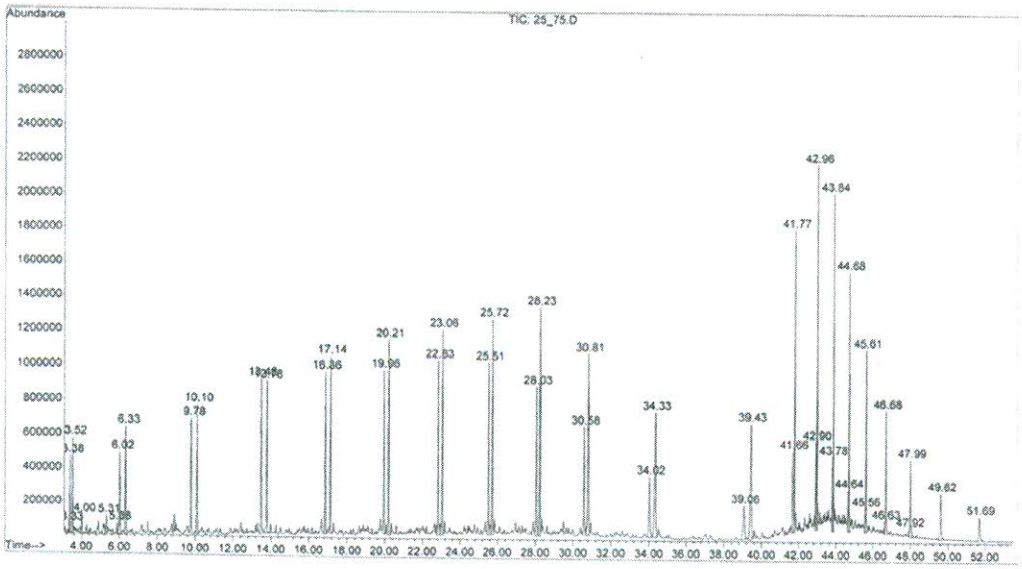


Figure 4. Hydrocarbon analysis of co-pyrolytic oil at oil:HDPE ratio 25:75 by weight

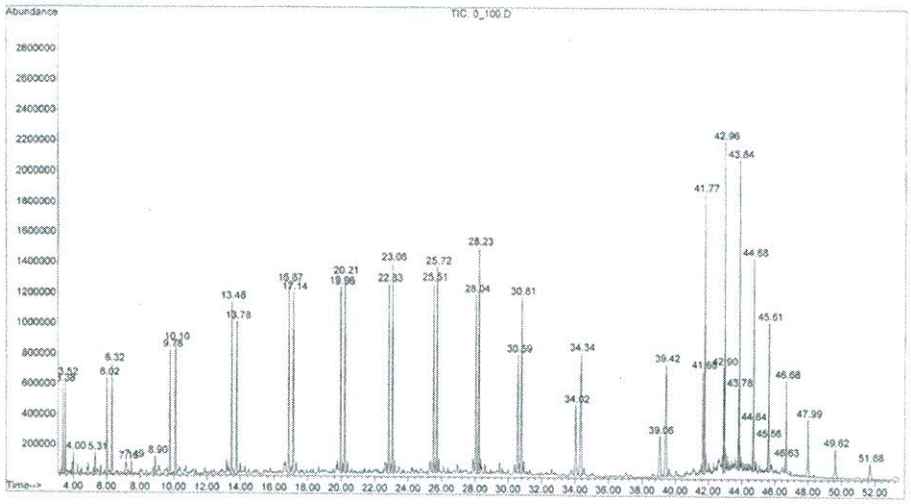


Figure 5. Hydrocarbon analysis of co-pyrolytic oil at oil:HDPE ratio 0:100 by weight

4. Conclusion

In this paper, the co-pyrolysis of waste lubricant oil and HDPE was investigated for the optimum activated temperature and ratio of waste oil:HDPE. Zeolite was optimized at activated temperature of 400 °C and provided the highest pyrolysis oil while flash point temperature was unsatisfied according to the standard. The analytical component of hydrocarbon by GC-MS of co-pyrolysis oil at ratio of 50:50 by weight had the maximum linear paraffin of lower than C_{24} (C<24) and subsequent by hydrocarbon compound with double bonds. Only the ratio of 50:50 by weight of oil product was satisfied on diesel standard (flash point 61.5 °C, viscosity 2.60 cSt, specific gravity 0.82, distillation @90% (recovered) 250 °C and color 3.0).

5. Acknowledgement

This research is supported by Department of Chemical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

6. References

[1] Bhaskar T., Uddin M.A., Muto A. and Sakata Y., 2004. *Recycling of waste lubricant oil into chemical feedstock or fuel oil over supported iron oxide catalysts.* **Fuel**, 84:9-15.

[2] Lam S.S., Russell A.D., and Chase H.A., 2010. *Microwave pyrolysis, a novel process for recycling waste automotive engine oil.* **Energy**, 35:2985-2991.

[3] Aboulkas A., Makayssi T., Harfi K.E., Nadifiyine M., and Benchanaa M., 2012. *Co-pyrolysis of oil shale and High density polyethylene: Structural characterization of the oil*. **Fuel Processing Technology**, 96:203-208.

[4] Salepcioglu, T.Gungoren, M. Sert, S. Erdem, M. SagLam, M.Yuksel, L.Ballice, 2008.Classification of volatile product sevolved at fast co-pyrolysis of goynuk oilshale with low density polyethylene,,Oil Shale, 25: 335-347.

[5] Buddee S., Aimlamay N., and Phetyim N., 2009. Production of fuel oil from plastic wastes by pyrolysis process. Department of Chemical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.