



การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเตาอบไมโครเวฟ
โดยใช้หลักการของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

โดย

นางสาวจุฑารัตน์ ชื้อสัตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2552

Environmental Evaluation of Microwave using Ecodesign Approach

By

Miss. Jutharat Suesat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Thammasat University

2009

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อนำเสนอแนวทางในการประเมินการออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Ecodesign) ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเตาอบโครเวฟโดยใช้หลักการวิธีของการแปลงคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม (Quality Function Deployment for Environmental : QFDE) และความต้องการของลูกค้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (SimaPro Software Version 7.1) ด้วย วิธีการ Eco-indicator 99 ทำการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อให้ทราบว่าชิ้นส่วนใดที่มีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ได้ใช้หลักการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาร่วมในการพิจารณาเปรียบเทียบเตาอบแต่ละรุ่นที่มีความจุและฟังก์ชันการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เป็นแนวทางที่จะทำการปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น และได้ประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DEAP 2.1 ทำการวิเคราะห์หาค่า Eco-efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น เพื่อการจัดการให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันมากขึ้น ควบคู่ไปกับการรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Abstract

This study is the guideline which gives an evaluation of Eco-Product Design by using the life cycle assessment of microwave. Quality Function Deployment for Environmental (QFDE) and customer requirements were considered for the product design. SimaPro Software Version 7.1 was applied to evaluate the environmental impact of the product. The methodology from SimaPro which we used to evaluate the human health impact of each microwave part and the opportunity of environmental improvement is Eco-indicator 99. In addition, this study applies to use Environmental Benchmarking (EBM) for compare the model with similar function and capacity of each product, that for ways to improve environment of the product. Eco-efficiency of 3 microwaves was analyzed by DEAP 2.1 program for potential competition of business management which parallel with responsibility of resource and environment.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยความร่วมมือจากทุกๆส่วนที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์ ดร.วรรณิ์ แพ่งจันทิก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ชาญพล พิงษ์ศรี ซึ่งคอยให้คำแนะนำที่ดีๆ ชี้แนะทางทางในการแก้ปัญหาต่างๆในการทำวิจัย และคอยสนับสนุนให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นุรักษ์ กฤษดาบุรุษ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย วิจิตรเสถียร ที่ได้ให้คำแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณเพื่อนๆพี่ๆที่มงานวิจัยเรื่องการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมทุกคนที่ร่วมมือในการทำวิจัยนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อทองคำ และคุณแม่ปวีณา ชื่อสัตย์ ผู้คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆเรื่องแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จมาจนทุกวันนี้

นางสาวจุฑารัตน์ ชื่อสัตย์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญตาราง.....	(4)
สารบัญภาพประกอบ	(5)
 บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 สมมุติฐาน.....	4
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความต้องการของลูกค้ามาเกี่ยวข้อง ในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิธีการขั้นตอนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	9
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิธีการนำผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบค่า Eco-efficiency	10

สารบัญ (ต่อ)

2.4	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.4.1	การประเมินวัฏจักรชีวิต.....	16
2.4.1.1	แนวทางการดำเนินการของ LCA.....	17
2.4.2	การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....	18
2.4.3	การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ.....	20
2.4.3.1	ความสำคัญของ QFD กับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์.....	21
2.4.4	การเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	22
2.4.4.1	พารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบ.....	22
2.4.5	ความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า.....	22
2.4.6	การประยุกต์ใช้โปรแกรม DEAP 2.1 เพื่อหาค่า Eco-efficiency.....	24
3.	วิธีการวิจัย.....	27
3.1	ประเภทผลิตภัณฑ์ในการทำวิจัย.....	27
3.2	จำนวนของผลิตภัณฑ์ในการวิจัย.....	27
3.3	วิธีการวิจัย.....	28
3.3.1	ขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม.....	28
3.3.2	ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพโดยวิธีการ Eco Indicator 99.....	31
3.3.3	ขั้นตอนการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	33
3.3.4	ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์.....	35
3.4	ข้อมูลจากการสำรวจ.....	42
4.	ผลของการวิจัย.....	44
4.1	ผลจากการสำรวจข้อมูลจากแบบสำรวจ.....	44
4.2	ผลของขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม.....	46
4.3	ผลของการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	49

สารบัญ(ต่อ)

4.4 ผลของการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ.....	50
4.5 ผลของการหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเตาอบไมโครเวฟ ...	51
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	53
5.1 ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเตาอบไมโครเวฟโดยใช้ หลักการ LCA	53
5.2 ได้แนวทางการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟที่ได้ตรงกับความต้องการ ของลูกค้าและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	53
5.3 ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย	54
5.3.1 ข้อเสนอแนะในการประเมินผลกระทบทางด้านและการออกแบบ เชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....	54
5.3.2 ข้อเสนอแนะในขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม	55
5.3.3 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้โปรแกรม DEAP 2.1 เพื่หาคำนวณหาค่า Eco-efficiency.....	55
รายการอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	57
ก. ผลจากการประมวลการหาค่า Eco-efficiency จากโปรแกรม DEAP 2.1	58
ข. ข้อมูลที่ใช้ในการทำงานวิจัย	63
ประวัติการศึกษา.....	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงแนวทางในการปรับปรุงชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2.2	แสดงชิ้นส่วนประกอบของ mini compressor รุ่น A-D.....
2.3	แสดงชิ้นส่วนประกอบของ mini compressor รุ่น A-D และผลเมื่อมีการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อมาทำการ re-design
2.4	การนำอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภทมาทำการแยกประเภทของวัสดุ
2.5	การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาประเมินด้วยวิธีการ Eco Indicator 99 แสดงถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (ต่อหน่วย)
2.6	การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาประเมินด้วยวิธีการ Eco Indicator 99 แสดงถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (ต่อตัน)
2.7	การเปรียบเทียบผลจากการใช้วิธี Eco Indicator 99 และแสดงค่า Eco-efficiency ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภท
2.8	แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Consult Return to Scale (CRS)
2.9	แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Variable Return to Scale (VRS).....
3.1	แสดงข้อมูลของผลิตภัณฑ์เตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น.....
3.2	แสดงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
3.3	แสดงค่าการกำหนดตัวแปรในการทดลอง.....
3.4	วิธีการสำรวจข้อมูลและจำนวนของลูกค้ำที่ได้จากการสำรวจ
3.5	วิธีการสำรวจข้อมูลและแบบสำรวจที่ได้จากการสำรวจข้อมูล.....
4.1	ผลสำรวจเมื่อทำการแปลงเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม
4.2	ผลกระทบต่อสุขภาพของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น
4.3	ค่า Eco-efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น
ข.1	ผลจากการสำรวจของลูกค้ำโดยแบ่งตามเพศ
ข.2	ผลจากการสำรวจของลูกค้ำโดยแบ่งตามอายุ
ข.3	ผลจากการสำรวจของลูกค้ำโดยแบ่งตามการศึกษา.....
ข.4	ผลจากการสำรวจของลูกค้ำโดยแบ่งตามอาชีพ.....

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	หลักการพื้นฐานของการทำ EcoDesign	20
3.1	แบบของวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม.....	29
3.2	การนำค่าความสำคัญของลูกค้ามาพิจารณาในขั้นตอน QFDE	29
3.3	ขั้นตอนการในการทำวิจัยการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม	30
3.4	ตัวอย่างการนำค่าน้ำหนักของวัสดุแต่ละชิ้นมาทำการประเมินผลกระทบ ต่อสุขภาพของมนุษย์โดยใช้โปรแกรม SimaPro วิธีการ Eco Indicator 99.....	31
3.5	ขั้นตอนในการทำวิจัยการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ.....	32
3.6	รูปแบบของการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม (EBM)	33
3.7	ขั้นตอนในการทำวิจัยการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	34
3.8	เลือกเซลล์ทั้งหมดเพื่อเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบตัวเลข	37
3.9	ลบชื่อตัวแปรออกจากตารางและจัดช่องของคอลัมน์	38
3.10	การสร้าง Data File.....	39
3.11	การสร้าง Output ซึ่งอยู่ใน Instruction File	39
3.12	การสร้าง Instruction File	40
4.1	กราฟแสดงความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมโดย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	46
4.2	การกำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้าน สิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	47
4.3	คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อม และพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	47
4.4	ผลรวมค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อม และพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	48
4.5	กราฟผลรวมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้าน สิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	49
4.6	ผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและเตาอบ ไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น.....	50

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและ เตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น.....	50
-----	--	----

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ออกมามากมาย ทั้งนี้เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์แทบทั้งสิ้น แต่ในขณะเดียวกันในอีกด้านหนึ่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ เหล่านี้ก็มีผลกระทบด้านลบที่ไม่อาจมองข้ามไปได้ซึ่งว่าไปแล้วก็เปรียบเสมือนดาบสองคม เพราะถ้าสามารถสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นออกมาได้ดีโดยการสร้างสรรค์นั้นได้ตระหนักถึงปัจจัยและผลกระทบต่างๆ อย่างครอบคลุมแล้วก็จะเกิดประโยชน์มากมาย แต่หากการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นแต่เพียงเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้และผู้ขายแต่เพียงด้านเดียวก็ย่อมจะก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านลบด้านอื่นตามมาอีกมากมายได้เช่นกันไม่ว่าจะเป็นทั้งทางด้าน สิ่งแวดล้อม สังคม และจริยธรรม เช่น ผู้ออกแบบทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถสนองความต้องการในการใช้งานได้ดี แต่ในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นมากับก่อให้เกิดสารพิษและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่หายาก เช่น น้ำมัน แร่ธาตุ และป่าไม้ อย่างมหาศาลจนทำให้สังคมและสิ่งแวดล้อมเกิดผลกระทบตามมาอย่างมากมาย เป็นต้น

จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เองทำให้รัฐบาลประเทศต่างๆ และผู้ประกอบการในทุกประเทศทั่วโลกได้หันกลับมาให้ความสนใจทางด้านการออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และการบริการทุกชนิด ให้เป็นมิตรกับสังคมและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นแทนที่การแก้ปัญหาในรูปแบบเดิมคือการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ โดยอาศัยการแก้ปัญหาด้วยการเน้นการตรวจจับและสั่งการโดยภาครัฐเป็นผู้กำหนดและควบคุมกลไกเป็นหลัก ซึ่งก็ไม่ใช่แนวทางในการแก้ไขปัญหาทางด้านผลกระทบด้าน สังคมและสิ่งแวดล้อมที่นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นได้อย่างถูกต้อง แต่หากมองเพียงแค่ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมเท่านั้น แน่นนอนย่อมไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้กับผู้ประกอบการเท่าที่ควร เนื่องจากการที่ผู้ประกอบการจะต้องทำการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสังคมมากขึ้นนั้น บริษัทต่างๆ เข้าใจคล้ายกันว่าการปรับปรุงดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนสินค้าหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตามเมื่อมองกันอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้วจะพบว่า การออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์มิตรกับสิ่งแวดล้อมและสังคมนี้ในระยะยาวจะส่งผลเชิงบวกให้กับผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก เนื่องจากการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมนี้สามารถส่งผลดีใน

หลายๆด้าน ทั้งทางด้านของหน้าที่การใช้งาน อายุการใช้งาน ต้นทุนวัสดุ ทางด้านการบรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง และทางด้านการตลาดจากการ บังคับด้วยกฎระเบียบการค้าใหม่ๆ โดยเฉพาะประเด็นทางด้านกฎระเบียบการค้านี้ ปัจจุบันถือว่าเป็นประเด็นที่สำคัญมากโดยเฉพาะ กับประเทศที่ต้องทำการค้ากับกลุ่มประเทศยุโรป ประเทศจีน และประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากปัจจุบันมีการประกาศบังคับใช้ กฎระเบียบต่างๆเพิ่มขึ้น เพื่อกลั่นกรองผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าไปจำหน่ายยังกลุ่มประเทศเหล่านั้นมากขึ้นนอกเหนือจากการประกาศใช้มาตรฐานสากล(ISO)ต่างๆ ตัวอย่างเช่น

ระเบียบ EuP (Energy-using Product) ที่ได้กล่าวถึง กรอบข้อกำหนดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลังงานที่ได้ประกาศใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2548 และมีผลบังคับใช้แล้วตั้งแต่วันที่ 26 กรกฎาคม 2548

ระเบียบ WEEE (Waste of Electrical and Electronics Equipments) ซึ่งว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งของอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ โดยให้ผู้ผลิตเป็นผู้รับภาระ (Producer Responsibility) หรือผู้สร้างมลพิษเป็นผู้จ่าย โดยให้ผู้ผลิตต้อง รับผิดชอบในการจัดเก็บซากเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ โดยคัดแยกนำกลับมาคืนสภาพ หรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยผ่าน ระบบการรับคืน (Return) และการจัดเก็บรวบรวม(Collection) ของผู้ผลิต และเพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการกำจัดซาก WEEE ระเบียบนี้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักความรับผิดชอบต่อผู้ผลิต (The principle of producer responsibility) โดยสหภาพยุโรปใช้วิธีกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำในการจัดการเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์และกำหนดเป้าหมายขั้นต่ำในการ Recovery/Re-use/Recycle และพยายามใช้กลไกตลาดเป็นเครื่องมือในการบังคับให้ผู้ผลิตหากลยุทธ์ (Strategy) ในการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ ที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด โดยการกำหนดให้ผู้ผลิตต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดการทั้งหมด ซึ่งระเบียบนี้ครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์ปัจจุบันทั้งหมด 10 กลุ่ม ที่ผลิตขึ้นทั้งก่อนและหลังจากที่ระเบียบนี้จะมีผลบังคับใช้ และใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน 1000 โวลท์ โดยปัจจุบันกำหนดอัตราการนำทรัพยากรกลับคืนอยู่ที่ระดับประมาณ 70% การใช้ซ้ำและนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ ประมาณ 50-60% และมีการยกเว้นให้กับอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ยังคงต้องใช้ความเชื่อมั่นของเครื่องมือและอุปกรณ์สูงไว้แค่เพียง ประเภทเดียว

ระเบียบ EU RoHS (Restriction of Hazardous Substances) ซึ่งกล่าวถึงการกำหนดและควบคุมสารต้องห้ามในผลิตภัณฑ์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยในวันที่ 1 กรกฎาคม 2549 ประเทศสมาชิกจะต้องใช้สารอื่นในอุปกรณ์ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ทดแทนการใช้สาร

ต้องห้าม 6 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม โครเมียม 6 สารพีบีบี (PBB) และสารพีบี ดีอี (PBDE) โดย EU RoHS จะเน้นการใช้หลักการ Market Pull โดยให้ผู้ผลิตเจ้าของตราสินค้าช่วยเป็นหัวเรือใหญ่ในการดึงให้ Supply Chain ของตนเองให้เกิดการปรับตัว แต่อย่างไรก็ตามระเบียบนี้ปัจจุบันค่อนข้างสร้างความเป็นความคับข้องใจกับผู้ประกอบการหลายด้าน เนื่องจากความไม่ชัดเจนของ EU ในวิธีการตรวจสอบรวมถึง Minimum Requirement ทำให้ของเจ้าของตราสินค้าบริษัทใหญ่ๆ เริ่มก่อให้เกิดการตั้ง Requirement ต่างๆกันไป และกลายเป็นภาระต่อ Supply Chain มากขึ้น

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Ecodesign (Economic & Ecological Design) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตสินค้า โดยเป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์การจัดการซากที่หมดอายุการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยควบคู่กับการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ต้นทุน กระบวนการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการตลาด เป็นต้น

หลักการพื้นฐานของการทำ Ecodesign คือ การนำหลัก 4R ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบำรุง (Repair) มาประยุกต์ใช้ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือตั้งแต่การวางแผนผลิตภัณฑ์ การออกแบบ การผลิต การนำไปใช้ และการทำลายหลังการใช้เสร็จ

Ecodesign เป็นแนวทางหนึ่งในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม นอกเหนือจากแนวทางอื่นๆ ที่เป็นที่รู้จักกันดี ไม่ว่าจะเป็น เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology : CT) หรือวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งในประเทศไทยพบว่าปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐ องค์กรอิสระ และสถาบันการศึกษาหลายแห่งที่มีโครงการศึกษาและการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้าน Ecodesign มากขึ้น ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และสนับสนุนให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำ Ecodesign มาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (EcoProduct)

ในการศึกษานี้ได้เลือกการทำ Ecodesign สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่โครเวฟ เนื่องจากไมโครเวฟเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในบ้านเรือน อาคารสำนักงาน และสถานที่ต่างๆ และผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟนั้นได้ถูกกำหนดโดยกฎระเบียบทางการค้าที่สัมพันธ์กับการรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์

ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment : WEEE) ระบุว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (The Restriction of the Use of Certain Hazardous Substance in Electrical and Electronic Equipment : RoHS) ของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับในการศึกษาการทำ Ecodesign สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่โครเวฟ คือ

1. เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน
2. เพื่อสร้างผลกำไรให้กับองค์กรโดยการนำกระแสความต้องการสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้เป็นจุดเด่นในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค
3. สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตจากการลดปริมาณวัตถุดิบ หนีบท่อ การใช้พลังงานในการผลิตสินค้าและบริการ
4. สามารถนำวัสดุหรือชิ้นส่วนกลับมาใช้ได้ใหม่โดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไม่โครเวฟจากการออกแบบ
5. เพื่อป้องกันปัญหาการใช้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นกำแพงทางการค้าที่มีใช้ภาษี (Non-Tariff Barrier : NTB) และรองรับการเปลี่ยนแปลงของกฎระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆที่มีความเข้มงวดจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น WEEE, RoHS, EuP เป็นต้น
6. ส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กรและผลิตภัณฑ์เตาอบไม่โครเวฟ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเตาอบไม่โครเวฟโดยใช้หลักการ LCA
2. เพื่อให้ได้แนวทางและศึกษาปัจจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เตาอบไม่โครเวฟที่ได้ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1.3 สมมุติฐาน

1. การนำความต้องการของลูกค้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการทำ Ecodesign จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบโดย Ecodesign ได้รับความสนใจและมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะนำไปพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเอง

2. การเลือกอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามาทำ Ecodesign เนื่องจากอุตสาหกรรมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่เติบโตอย่างรวดเร็ว และเพื่อรองรับข้อกำหนดและกฎระเบียบทางการค้ากับต่างประเทศ

3. การนำวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม (EQFD) มาใช้กับการทำ Ecodesign จะทำให้เห็นจุดที่ควรปรับปรุงและทำการเปลี่ยนแปลง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. การสำรวจความต้องการของลูกค้าจะใช้แบบสำรวจจำนวน 200 ฉบับมาเป็นส่วนหนึ่งในการทำออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-design) เตาอบไมโครเวฟเพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและตรงกับความต้องการของลูกค้า

2. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมประเมินวัฏจักรชีวิตสำเร็จรูป SimaPro 7.1 โดยใช้วิธีการ Eco Indicator 99

3. การประยุกต์ใช้หลักการของ Data Envelopment Analysis (DEA) เพื่อประเมิน Eco-Efficiency ของผลิตภัณฑ์เตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่นที่มีความจุระหว่าง 18-22 ลิตร

4. การนำไมโครเวฟ 3 รุ่นซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานและความจุใกล้เคียงกันมาทำการเปรียบเทียบเพื่อจะให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ต่างรุ่นกันมีอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างกัน ซึ่งสามารถประเมินได้ว่ารุ่นไหนให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากหรือน้อยกว่ากัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟให้เป็นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและตรงกับความต้องการของผู้ซื้อ
3. เพื่อลดความเสี่ยงทางด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
4. ได้ทราบจุดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วเพื่อที่จะนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงทำให้เพิ่มโอกาสในด้านการธุรกิจ และรองรับกฎระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟได้ทำการศึกษาข้อมูล งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความต้องการของลูกค้ามาเกี่ยวข้องในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการขั้นตอนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการนำความต้องการของลูกค้ามาเกี่ยวข้องในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

Heejeong Yim (2003) ได้ทำการศึกษาการนำข้อมูลเสียงของลูกค้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์แบบ Ecodesign โดยมีวิธีการดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเสียงของลูกค้ามาจัดแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ กำหนดระดับความสำคัญโดยให้คะแนนแต่ละหัวข้อ
2. กำหนดข้อมูลเสียงของลูกค้าในทางด้านสิ่งแวดล้อม
3. กำหนดระดับความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลเสียงของลูกค้าและข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม
4. คำนวณระดับความสัมพัทธ์

โดยงานวิจัยนี้ได้มีตัวอย่างไดร์เป่าผม ซึ่งเป็นตัวอย่างในการทำ Ecodesign ซึ่งงานวิจัยจะได้เห็นความต้องการของลูกค้าว่าต้องการไดร์เป่าผมที่มีลักษณะอย่างไรและนำความต้องการของลูกค้ามาทำวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม (EQFD) แล้วคำนวณระดับความสัมพัทธ์ ผลสรุปของงานวิจัยนี้คือ จะได้เห็นว่าส่วนไหนของไดร์เป่าผมที่ควรได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและแนวทางการปรับปรุงขึ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1
แสดงแนวทางในการปรับปรุงชิ้นส่วนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนประกอบหลัก	แนวทางในการทำ Ecodesign	แนวทางในการทางด้าน การตลาด
โครงหลักของเตาอบไมโครเวฟ	ทำมาจากไม้และ การ ออกแบบรูปแบบให้เหมาะสม สะดวก ปลอดภัย และมี ประสิทธิภาพ	การออกแบบของไม้ต้องมี รูปแบบที่ดี , แข็งแรงทนทาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
สวิตช์ไฟ	ทำมาจากไม้ , การออกแบบ รูปแบบให้เหมาะสม สะดวก ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ และควรมีสวิตช์ที่ปรับได้หลาย ระดับในปุ่มเดียว	การออกแบบของไม้ต้องมี รูปแบบที่ดี, ควรมีสวิตช์ที่ปรับ ได้หลายระดับในปุ่มเดียว และ สามารถปรับสวิตช์ได้ด้วยมือ เดียว
สายไฟ	ไม่มีสายไฟใช้เป็นที่ชาร์จไฟได้	ไดร์เป่าผมที่ไม่มีสายไฟจะ สะดวกมากในการใช้งาน ซึ่ง สามารถใช้ได้ทุกที่และเป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อม (ลดวัสดุลงได้ เป็นอย่างมาก)
มอเตอร์	น้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพ และ เสียงเบา	มีประสิทธิภาพ แต่ เสียงเบา และประหยัดไฟฟ้า

ในการที่จะช่วยให้มีผู้ที่มีความสนใจในสินค้าประเภท Ecodesign มากขึ้นนั้นการนำเสียงจากลูกค้ามาเป็นปัจจัยหนึ่งในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าเรานำวิธีการนี้ไปเป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นที่ต้องการของตลาดและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

E.R. Platcheck (2008) ได้ทำการ re-design compressor สำหรับตู้ปลา โดยได้ทำการศึกษา compressor 4 รุ่นโดยได้แยกส่วนประกอบของ compressor ออกเป็นชิ้นส่วนทั้ง 4 แบบและทำการระบุ function ประเภทของวัสดุ และปริมาณของแต่ละรุ่นออกมาดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2

แสดงชิ้นส่วนประกอบ mini compressor รุ่น A-D

Compressor model	Basic set	Air generation set	Total items
A	13	16	29
B	5	14	19
C	9	10	19
D	6	15	21

โดยได้หาวิธีการที่จะลดการใช้วัตถุดิบ ลงให้มีชิ้นส่วนน้อย โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์ SLS (Selective Laser Sintering) โดยใช้ model แบบ LdSM ในการพัฒนาต้นแบบของการ re-design compressor ผลของงานวิจัยนี้ได้ compressor สำหรับตู้ปลาที่ทำการ redesign แล้วซึ่งมีส่วนประกอบน้อยลง และมีการใช้วัสดุน้อยลงซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

แสดงชิ้นส่วนประกอบ mini compressor รุ่น A-D และ ผลเมื่อมีการใช้ซอฟต์แวร์
มาทำการ re-design

รุ่นของ คอมเพรสเซอร์	ชุดอุปกรณ์ พื้นฐาน	ชุดอุปกรณ์ เป่า พองอากาศ	ชุดอุปกรณ์ ขดลวด ไฟฟ้า	จำนวน ชิ้นส่วน ทั้งหมด	จำนวน ชิ้นส่วนที่ ต่างกัน
A	13	16	1	30	6
B	5	14	1	20	4
C	9	10	1	20	5
D	6	15	1	22	4
ใช้ Model LdSM	3	6	1	10	4

จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าการใช้ซอฟต์แวร์สามารถช่วยลดชิ้นส่วนในการทำ re-design mini compressor ซึ่งในการลดชิ้นส่วนนั้นเป็นการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมได้แนวทางหนึ่ง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวิธีการขั้นตอนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

M.D. Bovea (2004) ได้ชี้ให้เห็นว่าการเลือกใช้วัสดุมีความสำคัญต่อการทำ Ecodesign โดยงานวิจัยนี้ได้ยกตัวอย่างของวัสดุ 3 ประเภท คือ PVC ,PE และ PP ซึ่งได้กำหนดว่า PVC , PE และ PP 1 กิโลกรัม มาจากทรัพยากรหรือแหล่งที่มาคืออะไร จะให้ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในด้านไหน และปริมาณเท่าไรโดยได้แบ่งประเภทของผลกระทบออกเป็น Emission to air , Emission to water และ Solid Emission และได้นำ PVC ,PE และ PP มาประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยที่ใช้ method ที่ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม คือ CML , EP'95 และ EDP (EDIP) และประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยใช้ method EI'99 และ EPS และเมื่อได้ทำการประเมินเสร็จสิ้นแล้วก็จะได้ว่าระหว่าง วัสดุ 3 ประเภทคือ PVC ,PE และ PP ประเภทไหนที่ส่งผลกระทบมากกว่ากัน ซึ่งสรุปแล้วก็คือ การเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนในผลิตภัณฑ์นั้นมีความสำคัญในการทำ Ecodesign

เพราะว่าวัสดุแต่ละประเภทแหล่งที่มา ลักษณะเฉพาะตัว และปริมาณการใช้แตกต่างกันของแต่ละประเภท

Inga Gurauskiene (2006) ได้เสนอวิธีการทำ Ecodesign ในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยได้สังเกตเห็นว่าอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่ใหญ่และเติบโตเร็วมาก ซึ่งงานวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงแรงขับเคลื่อนที่จะใช้ Ecodesign ในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าเมื่อมีการทำ Ecodesign ในอุตสาหกรรมแล้วผู้ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็น บริษัท ลูกค้า หรือว่าผลทางสังคมว่าจะได้ประโยชน์ทางด้านไหนบ้าง เช่น ทางด้านการวัตถุดิบ และด้านภาพลักษณ์ และได้เสนอวิธีการที่จะปรับ Ecodesign มาใช้ในอุตสาหกรรม ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้วิธีการหลายๆ ด้านมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น Eco-design Strategie Questionnaire, LCA, Ecoindicators '99, Environmental Benchmarking โดยสุดท้ายแล้วได้ให้ข้อสรุปว่า กฎหมายและข้อกำหนดทางด้านการค้าจะเป็นตัวผลักดันสำคัญที่จะให้มีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าทำการออกแบบ แบบ Ecodesign

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบค่า Eco-Efficiency

Barba-Gutierrez (2007) ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง Eco-efficiency และ Ecodesign โดยในขั้นตอนแรกได้ทำการนำอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ 9 ประเภท คือ เครื่องซักผ้า, ตู้เย็น, ทีวี, โทรศัพท์มือถือ, คอมพิวเตอร์, เครื่องทำกาแฟ, เครื่องดูดฝุ่น, ไดร์เป่าผม และเตารีดมาทำการแยกของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภสดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4

การนำอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภทมาทำการแยกประเภทของวัสดุ

ส่วนประกอบ	เครื่องล้างจาน (5.95Pt;%)	ตู้เย็น (9.02Pt;%)	ทีวี (3.00Pt;%)	โทรทัศน์มัลติมีเดีย (0.067Pt;%)	คอมพิวเตอร์ (7.26Pt;%)	เครื่องทำ กาแฟ (1.08Pt;%)	เครื่องดูดฝุ่น (2.47Pt;%)	เครื่องเป่าผม (0.27Pt;%)	เตารีด (0.60Pt;%)
ABS	-	-	-	-	9.34	-	3.71	37.53	19.77
Aluminium	15.41	16.63	4.03	2.57	3.37	42.13	24.96	11.36	63.48
Bronze	-	-	-	-	1.96	-	-	-	-
Cardboard	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-
Concrete	5.58	-	-	-	-	-	-	-	-
Copper	-	6.05	26.87	37.74	33.66	15.93	47.15	44.61	11.49
Epoxy resin	-	-	-	11.28	-	-	-	-	-
Glass	-	0.43	29.49	1.75	3.02	2.81	-	-	0.01
Iron	36.81	36.7	7.4	0.88	13.57	-	-	3.83	-
Lead	-	-	-	0.63	0.54	-	-	-	-
Magnesium	-	-	-	2.85	-	-	-	-	-
Nickel	-	-	-	11.84	6.43	-	-	-	-

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

การนำอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภทมาทำการแยกประเภทของวัสดุ

ส่วนประกอบ	เครื่องล้างจาน (5.95Pt;%)	ตู้เย็น (9.02Pt;%)	ทีวี (3.00Pt;%)	โทรทัศน์มัลติมีเดีย (0.067Pt;%)	คอมพิวเตอร์ (7.26Pt;%)	เครื่องทำ กาแฟ (1.08Pt;%)	เครื่องดูดฝุ่น (2.47Pt;%)	เครื่องเป่าผม (0.27Pt;%)	เตารีด (0.60Pt;%)
Oil and CFC	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-
Other วัสดุ	-	-	22.06	-	-	-	-	-	-
Paper	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-
Phosphorus	-	-	0.45	-	-	-	-	-	-
Plastic	22.54	11.87	9.7	-	-	-	-	-	-
Polypropylene	-	-	-	-	12.37	34.8	9.19	0.98	-
Polycarbonates	-	-	-	-	6.14	-	-	-	-
Polystyrene	-	-	-	13.45	-	-	5.37	-	-
Polyurethane	-	23.62	-	-	-	-	-	-	-
PVC	-	-	-	3.02	2.65	2.75	4.07	-	-

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

การนำอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภทมาทำการแยกประเภทของวัสดุ

ส่วนประกอบ	เครื่องล้างจาน (5.95Pt;%)	ตู้เย็น (9.02Pt;%)	ทีวี (3.00Pt;%)	โทรทัศน์มัลติมีเดีย (0.067Pt;%)	คอมพิวเตอร์ (7.26Pt;%)	เครื่องทำ กาแฟ (1.08Pt;%)	เครื่องดูดฝุ่น (2.47Pt;%)	เครื่องเป่าผม (0.27Pt;%)	เตารีด (0.60Pt;%)
Rubber	-	-	-	-	0.13	-	1.32	-	0.53
Silicon	-	-	-	3.76	1.1	-	-	-	-
Steel	19.66	-	-	-	-	1.58	3.44	1.69	4.72
(stainless)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Textile	-	-	-	-	-	-	0.75	-	-
Tin plate	-	-	-	0.29	0.38	-	-	-	-
Water with R11	-	3.11	-	-	-	-	-	-	-
Wood	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	-	-	-	9.94	5.31	-	-	-	-

ขั้นตอนที่ 2 ทำการประเมินโดยใช้วิธีการ Eco Indicator 99 เพื่อประเมิน Environmental Impact ออกมาซึ่งจะมีค่าของ Human Health, Ecosystem Quality และ Resource และ มีการนำราคาของสินค้าทั้ง 9 ประเภทมาเกี่ยวข้องด้วยซึ่งการประเมิน Eco-efficiency นั้นจะใช้ค่าอินพุต คือ ค่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้วิธีการ Eco Indicator 99 ดังแสดงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ต่อหน่วย ในตารางที่ 2.5 และผลกระทบต่อดันในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5

การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาประเมินด้วยวิธีการ Eco Indicator 99 แสดงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ (ต่อหน่วย)

ผลิตภัณฑ์	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์	คุณภาพของระบบ Ecosystem	แหล่งที่มา	รวม
เครื่องล้างจาน	1.74	0.69	3.52	5.95
ตู้เย็น	2.73	0.75	5.54	9.02
ทีวี	0.54	0.41	2.04	3
โทรศัพท์มือถือ	0.016	0.010	0.042	0.067
คอมพิวเตอร์	1.5	0.846	4.91	7.26
เครื่องทำกาแฟ	0.3	0.0657	0.715	1.08
เครื่องดูดฝุ่น	0.535	0.535	0.14	2.47
เครื่องเป่าผม	0.0463	0.0129	0.21	0.27
เตารีด	0.188	0.045	0.369	0.6

ตารางที่ 2.6

การนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาประเมินด้วยวิธีการ Eco Indicator 99 แสดงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
ต่อสุขภาพของมนุษย์ (ต่อตัน)

ผลิตภัณฑ์	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ต่อสุขภาพของมนุษย์	คุณภาพของระบบ Ecosystem	แหล่งที่มา	รวม
เครื่องล้างจาน	28.76	11.40	58.18	98.35
ตู้เย็น	68.25	18.75	138.50	225.5
ทีวี	34.62	26.28	130.77	192.31
โทรศัพท์มือถือ	140.35	87.72	368.42	587.72
คอมพิวเตอร์	65.22	36.78	213.48	315.65
เครื่องทำกาแฟ	100	21.90	238.33	360
เครื่องดูดฝุ่น	118.89	31.11	397.78	548.89
เครื่องเป่าผม	85.74	23.89	388.89	500
เตารีด	163.48	35.22	320.87	521.74

ค่าเอาต์พุตคือ ราคาของสินค้าทั้ง 9 ประเภท และนำวิธี Data Envelopment Analysis (DEA) มาทำการประเมินค่า Eco-efficiency ของอุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ 9 เพื่อเปรียบเทียบสินค้าแต่ละประเภทว่า Eco-efficiency มีค่าเท่าไรและห่างจากการที่ตั้งเป้าหมายไว้มากแค่ไหนดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

การเปรียบเทียบผลจากการใช้วิธี Eco Indicator 99 และแสดงค่า Eco-Efficiency
ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 9 ประเภท

ผลิตภัณฑ์	สุขภาพของมนุษย์		คุณภาพ Ecosystem		แหล่งที่มา		Eco- efficiency
	ลดลง	เป้าหมาย	ลดลง	เป้าหมาย	ลดลง	เป้าหมาย	
เครื่องล้างจาน	1.170	0.570	0.524	0.166	1.616	1.904	3.309
ตู้เย็น	1.745	0.985	0.281	0.470	2.294	3.246	4.319
ทีวี	0.428	0.112	0.376	0.034	1.676	0.364	2.480
โทรศัพท์มือถือ	0.000	0.016	0.000	0.010	0.000	0.042	0.000
คอมพิวเตอร์	0.000	1.500	0.000	0.846	0.000	4.910	0.000
เครื่องทำกาแฟ	0.284	0.016	0.056	0.010	0.673	0.042	1.013
เครื่องดูดฝุ่น	0.000	0.535	0.000	0.140	0.000	1.790	0.000
เครื่องเป่าผม	0.030	0.016	0.003	0.010	0.168	0.042	0.201
เตารีด	0.172	0.016	0.031	0.010	0.327	0.042	0.530

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้นจะช่วยให้ลูกค้าได้ทราบค่า eco-efficiency ของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เข้าใช้อยู่และจุดประสงค์หลักเพื่อเป็นข้อมูลเพื่อให้ภาคการผลิตและการออกแบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เหล่านั้นให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและเพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปพัฒนาพัฒนาภัณฑ์ประเภทอื่นต่อไป

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์

การใช้ใหม่ / แปลรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.4.1.1 แนวทางการดำเนินการของ LCA

แนวทางในการประเมินสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการ LCA แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

1. กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาตามวัตถุประสงค์ (Goal and Scope Definition) เช่น วัตถุประสงค์เพื่อปฏิบัติ ตามข้อบังคับหรือมาตรฐาน หรือเพื่อต้องการลดการใช้พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดการใช้สาร บังคับต้องห้าม เป็นต้น

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis) ด้วยการอธิบายระบบให้เป็นลำดับของกิจกรรมต่าง ๆ ตาม ขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ด้วยการอธิบายแต่ละขั้นตอนว่ามีการนำเข้าวัสดุ, พลังงาน และผลิตผลลัพท์ของกิจกรรม พร้อมกับปล่อยของเสียที่เป็นวัสดุและพลังงานออกมาอย่างไร

3. การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นตัวเลขหรือเชิงปริมาณ เพื่อแสดงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น วิธีการหาผลรวมโดยน้ำหนัก วิธีพื้นฐาน และวิธีการประเมินวงจรชีวิตอย่างสมบูรณ์ เป็นต้น

4. การตีความผลการประเมิน (Life Cycle Interpretation) ขั้นตอนสุดท้ายของ LCA คือ ขั้นตอนของการตีความผลการประเมิน ซึ่งขั้นตอนนี้จะกระทำหลังการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเสร็จสิ้นลงแล้วเราจะนำผลที่ได้จากการ ประเมินมาใช้ในการพิจารณาหาแนวทางแก้ไขแบบของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ทางสิ่งแวดล้อมของบริษัท และเพื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ ซึ่งทางเลือกในการออกแบบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงจะถูกที่มออกแบบนำไปวิเคราะห์และปรับปรุงต่อไป

ซึ่งผลลัพธ์ของวิธีการ LCA นี้จะช่วยให้เราทราบได้ว่าจุดใดของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่ถือว่าสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด ตามประเด็นสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ เช่น การลดลงของโอโซน การเกิดฝนกรด เป็นต้น สุดท้ายเมื่อเราทราบคำตอบว่าเป็นช่วงใดที่สร้างปัญหามากที่สุดแล้ว เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้นั้นไปใช้ในการทำการแก้ไขผลิตภัณฑ์นั้นๆต่อไป ด้วยแนวทางทางด้าน

การออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Product Design for Environment) หรือ การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Ecodesign) ซึ่งแนวทางการออกแบบดังกล่าวนี้ จะที่มุ่งเน้นการตระหนักถึงประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ช่วงต้นของการออกแบบผลิตภัณฑ์สาเหตุสำคัญที่ทำให้สนใจประเด็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ในช่วงการออกแบบมากที่สุดเนื่องจากผลการวิจัยพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมกว่า 80% จะเกิดหลังจากกระบวนการออกแบบสำเร็จไปแล้วเพียง 20% เท่านั้น (Otto and Wood, 2001) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การแก้ปัญหาที่ช่วงการออกแบบเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เพราะสามารถแก้ปัญหาได้ ง่าย ครอบคลุมและเสียค่าใช้จ่ายน้อยมากที่สุด

2.4.2 การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Ecodesign) หมายถึง วิธีการออกแบบอย่างครบวงจรเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและหลีกเลี่ยงผลกระทบที่จะทำลายสิ่งแวดล้อม อาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแบบบูรณาการ ซึ่งมีความหมายรวมถึง การวิเคราะห์สมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ การจัดการซากที่หมดอายุ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ควบคู่กับการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ต้นทุน การควบคุมกระบวนการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการตลาด เป็นต้น

หลักการพื้นฐานของการทำ Ecodesign คือการประยุกต์หลักการของ 4R ในทุกช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ว่านี้ ได้แก่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ (Planning Phase) ช่วงการออกแบบ (Design Phase) ช่วงการผลิต (Manufacturing Phase) ช่วงการนำไปใช้ (Usage Phase) และช่วงการทำลายหลังการใช้เสร็จ (Disposal Phase) สำหรับหลักการของ 4R ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบำรุง (Repair) ซึ่งทั้ง 4R จะมีความสัมพันธ์กับแต่ละช่วงของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2.1

การลด (Reduce) หมายถึงการลดการใช้ทรัพยากรในช่วงต่างของวงจรชีวิต ซึ่งสามารถเกิดได้ในทุกช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยมากจะพบในช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต และการนำไปใช้

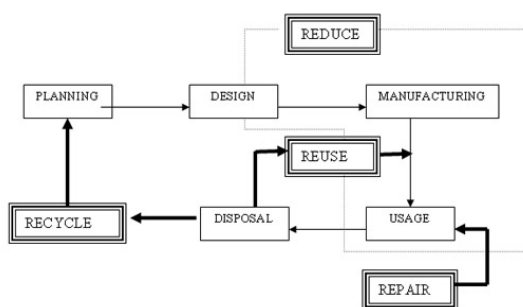
การใช้ซ้ำ (Reuse) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์หรือ ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านช่วงการนำไปใช้เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงของการทำลาย กลับมาใช้ใหม่ ทั้งที่เป็นการใช้ใหม่ในผลิตภัณฑ์เดิม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ตาม ได้แก่ การออกแบบเพื่อการนำกลับมาใช้ซ้ำ (Design for Reuse)

การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ ที่อยู่ในช่วงของการทำลายมาผ่านกระบวนการแล้ว นำกลับในใช้ใหม่ตั้งแต่ช่วงของการวางแผนการออกแบบ หรือแม้แต่วางแผนการผลิต ได้แก่ การออกแบบให้ถอดประกอบได้ง่าย (Design for Disassembly) การออกแบบเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (Design for Recycle)

การซ่อมบำรุง (Repair) หมายถึงการออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ทั้งนี้มีแนวคิดที่ว่า หากผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจะเป็นการยืดอายุช่วงชีวิตของการใช้งาน (Extended Usage Life) ซึ่งทำให้อายุการใช้งานต่อสิ่งแวดล้อมได้ การซ่อมบำรุงนี้เกิดภายในช่วงชีวิตของการใช้งานเท่านั้นแตกต่างจากการใช้ซ้ำ (Reuse) ซึ่งเป็นการนำชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่เสร็จจากช่วงการใช้งานแล้วมาใช้อีกครั้ง การซ่อมบำรุงนี้ได้แก่ การออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Design for Serviceability / Design for Maintainability)

ภาพที่ 2.1

หลักการพื้นฐานของการทำ Ecodesign



การนำ Ecodesign มาประยุกต์ใช้ จะคำนึงถึงกลไก (Ecodesign Strategy) ใน 7 ด้านหลักคือ

1. ลดการใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Reduction of low-impact materials)
2. ลดปริมาณและชนิดของวัสดุที่ใช้ (Reduction of materials used)
3. ปรับปรุงกระบวนการผลิต (Optimization of production techniques)
4. ปรับปรุงระบบการขนส่งผลิตภัณฑ์ (Optimization of distribution system)
5. ปรับปรุงขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์ (Optimization of impact during use)
6. ปรับปรุงอายุผลิตภัณฑ์ (Optimization of initial lifetime)
7. ปรับปรุงขั้นตอนการทิ้งและทำลายผลิตภัณฑ์ (Optimization of end-of-life)

2.4.3 การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD)

การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) เป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญในกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเป็นวิธีการที่ช่วยให้ทีมออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

สามารถเข้าใจความต้องการของ หน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและสามารถแปลงความต้องการเหล่านั้นออกมาใช้ในดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยมุ่งสู่เป้าหมายเดียวกันได้เป็นอย่างดี

เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) วิธีการหนึ่งที่ได้รับคามนิยมมากในการใช้รวบรวมความต้องการของลูกค้า เพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมให้ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยวิธีการนี้สามารถนำไปใช้เชื่อมโยงต่อเนื่องกับคาโนโมเดลที่ได้กล่าวไปแล้วเมื่อครั้งก่อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเมื่อภาคธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้แล้ว ก็เหมือนดังสามารถทบทวนทำความเข้าใจที่กั้นระหว่างบริษัทและ ลูกค้าและระหว่างฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกไปได้ทำให้การถ่ายทอดความต้องการระหว่างลูกค้ากับทีมออกแบบผลิตภัณฑ์และระหว่างทีมออกแบบผลิตภัณฑ์เองเป็นไปได้อย่างสนิทแนบแน่น ส่งผลทำให้การออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถออกแบบได้อย่างรวดเร็วผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า และมีต้นทุนในการดำเนินงาน โดยรวมมีค่าลดต่ำลงอีกด้วย

2.4.3.1 ความสำคัญของ QFD กับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

การที่สามารถเข้าใจและนำเทคนิค QFD นี้ไปดำเนินการจะประสบความสำเร็จหรือไม่มากนักน้อยเพียงใดสิ่งสำคัญขึ้นอยู่กับการทำงานที่ประสานงานที่ดีระหว่างกันและมีจุดมุ่งหมายร่วมกันในการดำเนินงาน หรือที่เรียกการดำเนินการแบบนี้ว่าเป็นการดำเนินการ ด้วยพื้นฐานของปรัชญาวิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์ (Concurrent Engineering) เนื่องจากว่าการประสานงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากเพราะความเข้าใจผิดในการประสานงานเพียงเล็กน้อยก็อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดใหญ่หลวงได้ เช่น ฝ่ายวิศวกรรม ออกแบบด้วยผลิตภัณฑ์ด้วยวัสดุชนิดหนึ่ง ดังนั้นฝ่ายจัดซื้อจะต้องเข้าใจความต้องการของฝ่ายวิศวกรรมอย่างชัดเจนจึงสามารถ จัดหามาให้เหมือนกับที่ออกแบบไว้และมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดได้ ดังนั้นหากฝ่ายจัดซื้อเข้าใจความต้องการของฝ่ายวิศวกรรมไม่ละเอียดดี พออาจทำให้วัสดุที่จัดหาได้ไม่ตรงตามความต้องการของฝ่ายวิศวกรรมซึ่งอาจเกิดผลเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ เป็นต้น ดังนั้นความสามารถในการส่งเสริมการประสานงานที่ดีระหว่างกันจึงถือว่าเป็นหัวใจหลัก หรือผลดีในการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ในการดำเนินการเพราะ QFD จะช่วยให้แต่ละส่วนแต่ละแผนกในทีมออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

สามารถทราบได้ว่างานของตนสำคัญต่อหน่วยงานอื่นอย่างไร และจะสื่อให้หน่วยงานอื่นทราบความต้องการของหน่วยงานตนได้อย่างไร ซึ่งถือว่าเทคนิคนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการสื่อสารข้ามสายงานที่ดี นอกจากนี้เทคนิคนี้ยังช่วยในการรักษาระดับความใกล้ชิดที่มีกับ ลูกค้าให้มีมากขึ้น เนื่องจากทีมพัฒนาผลิตภัณฑ์จะสามารถดำเนินการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นอย่างดีด้วย ความสามารถในการถ่ายทอดความเข้าใจกับความต้องการลูกค้าได้อย่างละเอียดชัดเจน ตั้งแต่ช่วงแรกๆของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งวิธีการลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค QFD

2.4.4 การเปรียบเทียบคู่แข่งด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Benchmarking)

ความสำเร็จของการเปรียบเทียบคู่แข่งด้านสิ่งแวดล้อมนั้นส่วนสำคัญที่สุดคือ การเลือกพารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบ ที่เกี่ยวกับประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากถ้าองค์กรไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่สนใจและความสำคัญของพารามิเตอร์ ในแต่ละตัวทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้เลือกขึ้นมาทำการเปรียบเทียบแล้ว การเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อมนี้ก็จะไม่มี ประโยชน์และเป็นไปไม่ได้เลย ด้วยความสำคัญของการเลือกพารามิเตอร์นี้เองทำให้องค์กรต้องให้ความสนใจเรื่องนี้มาเป็นอันดับต้นๆในการดำเนินโครงการทางด้านนี้ สำหรับวิธีการในการดำเนินการและประเด็นที่ต้องพิจารณาเพื่อให้การเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างถูกต้องมากขึ้นนั้นมีรายละเอียดดังนี้

2.4.4.1 พารามิเตอร์ในการเปรียบเทียบ (Benchmarking Parameters)

การเลือกพารามิเตอร์ขึ้นมาพิจารณานั้นพื้นฐานจริงๆแล้ว จะขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ของแต่ละองค์กรเป็นสำคัญ ซึ่งสาเหตุสำคัญในการดำเนินการส่วนนี้นั้นก็เพื่อต้องการค้นหาจุดอ่อนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ของเรา ที่พิจารณาเมื่อเทียบกับ คู่แข่งขันในตลาด เพื่อให้สามารถมองเห็นประเด็นที่จะต้องเร่งปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

2.4.5 ความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า (Understanding Voice of Customer)

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ทีมงานผู้ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องทำการศึกษาจนเข้าใจอย่างละเอียดนั่นคือ ความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer, VOC) เนื่องจากจะเป็นตัวแปรที่สำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสร้างความมั่นใจให้กับธุรกิจว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำ

การออกแบบและพัฒนาอยู่นั้นตรงกับความต้องการของตลาดและกลุ่มลูกค้าอย่างแน่นอน สาเหตุมาจากการที่ปัจจุบันรูปแบบของธุรกิจ ได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตที่ผู้ผลิตมีน้อยราย ทางเลือกในการแข่งขันมีไม่มาก ดังนั้นลูกค้าจะเป็นผู้บริโภคในสิ่งที่ ภาคอุตสาหกรรมได้คิดและนำเสนอสู่ตลาด โดยลูกค้าจะทำการเลือกซื้อหาสินค้าหรือผลิตภัณฑ์จากสิ่งที่มีวางจำหน่ายและคิดค้น โดยผู้ประกอบการ (Push Market) และพยายามเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการ แต่ปัจจุบันการแข่งขันที่มีมากขึ้นทำให้ทางเลือกในการบริโภคมีมากมาย คู่แข่งในการตลาดก็มีมาก ทำให้ผู้ผลิตต้องพยายามแย่งชิงส่วนแบ่งการตลาดจากการเข้าถึงความต้องการของลูกค้ามากกว่าการนำเสนอผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดแบบเดิม ทำให้ภาคธุรกิจต้องนำกลยุทธ์ในการเข้าถึง ความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุดมาใช้

ในทางปฏิบัติแล้วการที่จะเข้าถึงความต้องการของลูกค้านั้นค่อนข้างที่จะยุ่งยากอยู่มีใช่น้อย สาเหตุมาจากการที่จะทำการวัดว่าผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและพัฒนาอยู่นั้นถูกต้องตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่นั้นผู้ออกแบบแทบไม่สามารถที่จะทราบหรือพยากรณ์ได้ชัดเจนว่าลูกค้าจะรู้สึกอย่างไรกับผลิตภัณฑ์ที่ตนเองพัฒนาอยู่ จนกว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะออกมาเป็นต้นแบบ (Prototype) และมีการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือโครงการทดลอง (Pilot Project) ถึงแม้ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิมมากก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผลิตภัณฑ์นั้นมีการใช้เทคโนโลยีระดับสูงและการลงทุนมาก หรือเป็นผลิตภัณฑ์ลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการที่ผู้ออกแบบสามารถที่จะเข้าใจความต้องการของลูกค้า และนำมาเป็นส่วนนำเข้าในการขับเคลื่อนของกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยส่วนที่นำเข้าในการขับเคลื่อนนั้นสามารถกำหนด ได้อย่างถูกต้องแม่นยำแล้ว ก็ย่อมส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมานั้นตรงกับความต้องการของลูกค้าและตลาดเป็นอย่างมาก แต่ ในทางกลับกัน ถ้าผู้ออกแบบทำการออกแบบมีข้อมูลความต้องการของลูกค้าน้อย ก็ย่อมทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกับความต้องการมาก นอกจากนี้จำนวนทางเลือกในการออกแบบที่จำเป็นในระหว่างกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ประสบความสำเร็จนั้นจะได้มีจำนวนรูปแบบทางเลือกที่ลดลงเพราะแน่นอนว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยจำนวนทางเลือกที่มากก็ไม่แน

เสมอไปว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนั้นประสบความสำเร็จ แต่ที่แน่นอนคือต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการเลือก และทดสอบมากขึ้นการระบุความต้องการของลูกค้า

2.4.6 การประยุกต์ใช้โปรแกรม DEAP 2.1 วิเคราะห์ค่า Eco-Efficiency

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Eco-efficiency มาจากการรวมกันของคำว่า Eco 2 คำ คือ Ecology และ Economy ที่แปลว่าระบบนิเวศ และเศรษฐกิจ กับคำว่า Efficiency ที่แปลว่าประสิทธิภาพดังนั้นคำว่า Eco-Efficiency คือ การจัดการให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันมากขึ้น ควบคู่ไปกับความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แนวคิด Eco-efficiency นี้ ริเริ่มขึ้นโดยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก หรือ World Business Council for Sustainable Development หรือ WBCSD ซึ่งเป็นการรวมตัวของกลุ่มบริษัทชั้นนำระหว่างประเทศ และได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในการประชุมสุดยอดด้านสิ่งแวดล้อม หรือ Earth Summit เมื่อปี 2535 โดย WBCSD ได้กำหนดแนวทางที่จะช่วยให้การดำเนินงานด้านธุรกิจประสบความสำเร็จในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 7 ประการ ดังนี้

1. ลดการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบในการผลิตและการบริการ
2. ลดการใช้พลังงานในการผลิตและการบริการ
3. ลดการระบายสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม
4. เสริมสร้างศักยภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่
5. ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน
6. เพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์ และ
7. เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ

การวัดประสิทธิภาพถือได้ว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่นำมาใช้ในการพิจารณาถึงผลการดำเนินงานของหน่วยผลิตและค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินก็สามารถนำมาใช้ใน

การเปรียบเทียบระหว่างหน่วยผลิตได้ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาถึงระดับความสามารถในการดำเนินงานของหน่วยผลิต โดยทั่วไปแล้ว ประสิทธิภาพของหน่วยผลิตสามารถประเมินได้ ดังนี้

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.1)$$

วิธีการ DEA เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับคานิยมในการนำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงานเนื่องจากวิธีการนี้ไม่ต้องมีการกำหนดรูปแบบของฟังก์ชัน ที่ใช้ในการพิจารณา และวิธีการนี้ก็สามารถวัดประสิทธิภาพของการดำเนินงานได้ในกรณีที่มีปัจจัยการผลิตและผลผลิตหลายชนิด (Multi input and output)

การวัด DEA ภายใต้ข้อสมมติ Constant Returns to Scale (CRS) และ Variable Returns to Scale (VRS) ในกรณีที่พิจารณาทางด้าน input orientated และ output orientated สามารถประเมินได้จากการทำ Linear Programming ในแบบจำลองดังตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.8

แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Constant Returns to Scale (CRS)

Input orientated	Output orientated
$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$	$\text{Max}_{\phi, \lambda} \phi$
Subject to $-y_i + y\lambda \geq 0$ $\theta x_i - x\lambda \geq 0$ $\lambda \geq 0$	Subject to $-\phi y_i + y\lambda \geq 0$ $x_i - x\lambda \geq 0$ $\lambda \geq 0$

ตารางที่ 2.9

แบบจำลองภายใต้ข้อสมมุติ Variable Returns to Scale (VRS)

Input orientated	Output orientated
$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$	$\text{Max}_{\phi, \lambda} \phi$
Subject to $-y_i + y\lambda \geq 0$	Subject to $-\phi y_i + y\lambda \geq 0$
$\theta x_i - x\lambda \geq 0$	$x_i - x\lambda \geq 0$
$N1' \lambda \leq 1$	$N1' \lambda \leq 1$
$\lambda \geq 0$	$\lambda \geq 0$

การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติแบบ VRS นั้น เป็นการวัดประสิทธิภาพในกรณีที่มีการแข่งขันที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้หน่วยธุรกิจหนึ่งไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคภายใต้ข้อสมมุติแบบ CRS ซึ่งจะใช้ได้อย่างเหมาะสมเมื่อหน่วยผลิตทุกหน่วยมีการดำเนินการผลิต ณ ระดับที่เหมาะสม (Optimal scale) ฉะนั้นเมื่อมีการแข่งขันที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หน่วยผลิตไม่ได้ดำเนินการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ ส่วนด้านการกำหนดตัวแปรในแบบจำลองนั้น การวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) เป็นวิธีการ Non-Parametric ซึ่งไม่ต้องมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ วิธีการนี้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในกรณีที่มีปัจจัยการผลิตและผลผลิตหลายชนิดและยังเป็นวิธีการที่เหมาะสมในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดรูปแบบของแบบจำลองได้โดยในวิธีการนี้ต้องการทราบแต่เพียงว่า อะไรเป็นปัจจัยนำเข้า อะไรเป็นผลผลิตที่ได้รับ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการวิจัยและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยซึ่งประกอบด้วยกลุ่มโรงงานตัวอย่าง การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลเบื้องต้นในการทำวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ผลข้อมูล ดังนี้

3.1 ประเภทผลิตภัณฑ์ในการทำวิจัย

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทำวิจัย คือเตาอบไมโครเวฟเนื่องจากเตาอบไมโครเวฟเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกฎระเบียบทางการค้าที่สำคัญ เช่น EuP (Energy-using Product) ระเบียบ WEEE (Waste of Electrical and Electronics Equipments) และระเบียบ EU RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

3.2 จำนวนของผลิตภัณฑ์ในการวิจัย

ในการทำงานวิจัยนี้เลือกเตาอบไมโครเวฟด้วยกัน 3 รุ่นซึ่งทั้งสามรุ่นที่มีความจุระหว่าง 18 ถึง 22 ลิตร น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันและมีฟังก์ชันการใช้งานพื้นฐานที่เหมือนกันดังตารางที่ 1 ดังนั้นจะทำให้ทำการศึกษาเตาอบไมโครเวฟทำให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

ตารางที่ 3.1

แสดงข้อมูลของผลิตภัณฑ์เตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น

เตาอบไมโครเวฟ	น้ำหนัก(กิโลกรัม)	ความจุ(ลิตร)	การใช้ไฟฟ้า (วัตต์)
รุ่น 1	12.00	22	800
รุ่น 2	12.35	21	800
รุ่น 3	13.50	18	700

3.3 วิธีการวิจัย

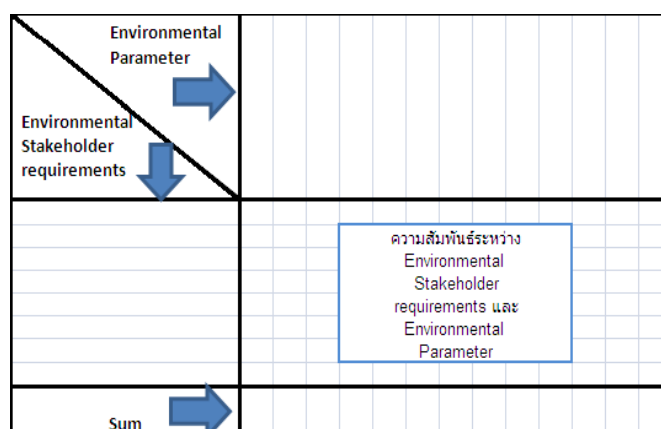
วิทยานิพนธ์เป็นการศึกษาการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เตาอบไมโครเวฟโดยมีวิธีการในการทำวิจัยที่แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

3.3.1 ขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (Quality Function Deployment for Environmental : QFDE)

1. ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อนี้ซึ่งทำการศึกษาการนำความต้องการของลูกค้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และศึกษาขั้นตอนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์จากบทความทั้งในและต่างประเทศ
2. การเลือกผลิตภัณฑ์ที่สนใจที่จะนำมาออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เลือกเตาอบไมโครเวฟมาทำการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ
3. การออกแบบสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเตาอบไมโครเวฟซึ่งจะทำการออกแบบสำรวจให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลและผู้กรอกต้องทำความเข้าใจได้ง่าย
4. การจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล จะทำการจัดเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ลงในฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผล
5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผล
6. การนำข้อมูลที่ประมวลผลได้มาทำการเข้าสู่ขั้นตอนวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (QFDE)
7. ทำการรวบรวมคะแนนความสัมพันธ์ทั้งหมด
8. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (QFDE) ซึ่งจะได้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ด้านที่ลูกค้าให้ความสำคัญและด้านที่เราต้องไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 3.1

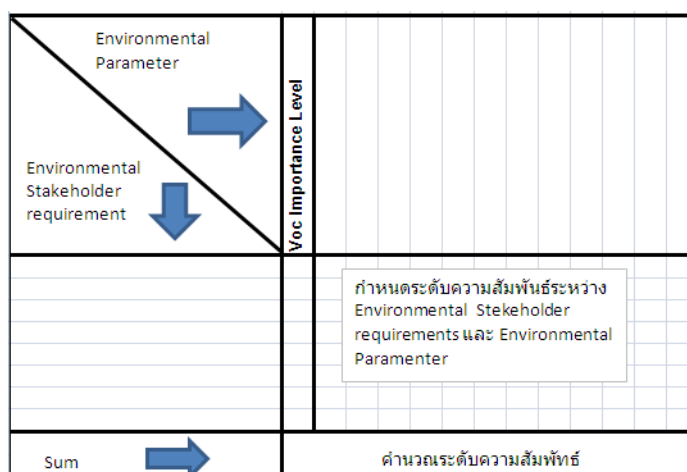
ภาพแบบของวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (QFDE)



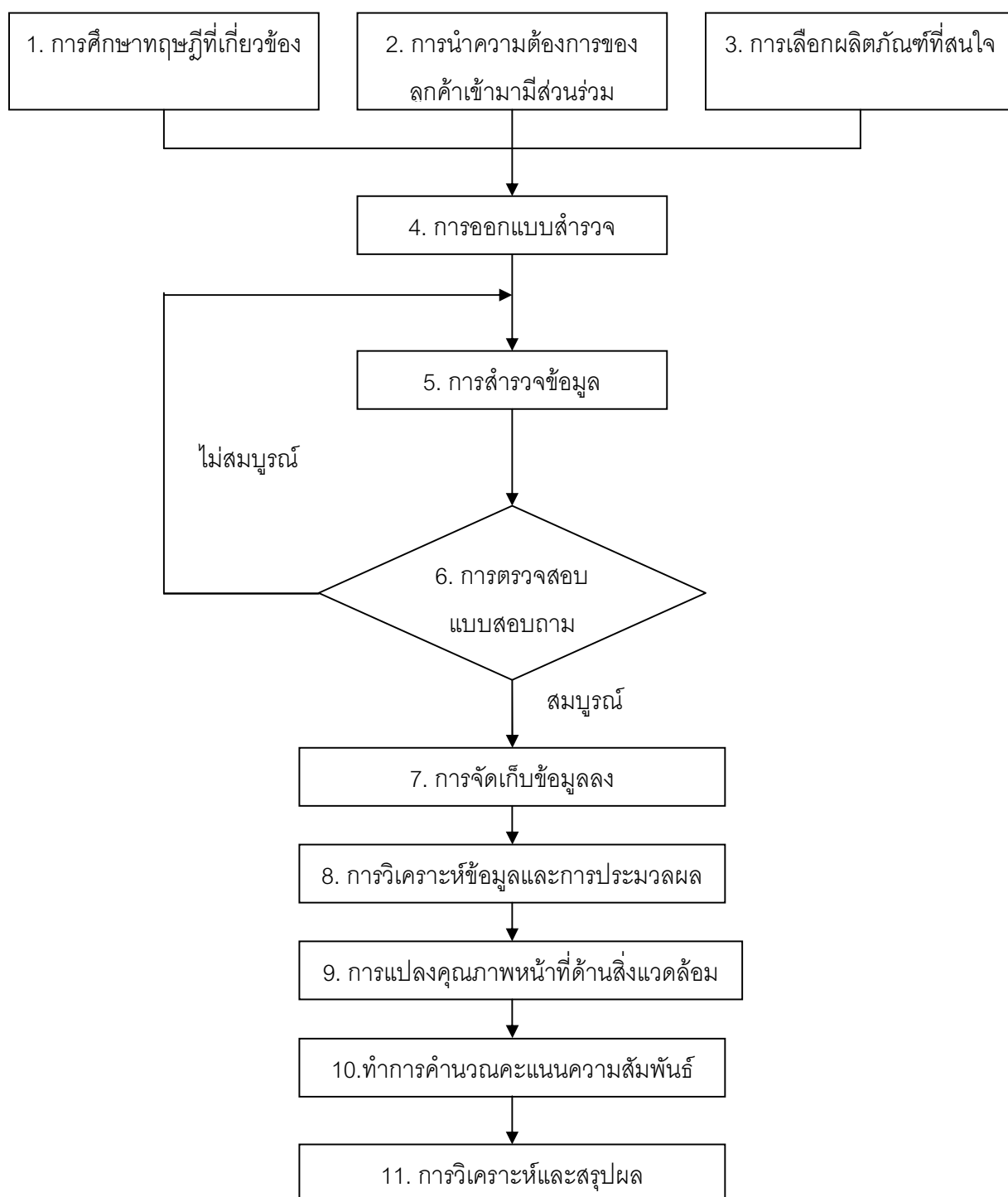
ในงานวิจัยนี้ได้นำความต้องการของลูกค้าเข้ามาเป็นปัจจัยในการทำ Ecodesign ด้วย ดังนั้นเราจะมีการนำค่าความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นค่าพิจารณาในขั้นตอนการทำ QFDE ด้วย แสดงดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2

การนำค่าความสำคัญของลูกค้ามาพิจารณาในขั้นตอน QFDE



ภาพที่ 3.3
ขั้นตอนในการทำวิจัยการแปลงหน้าที่คุณภาพสิ่งแวดล้อม



3.3.2 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพโดยวิธีการ Eco Indicator 99

1. ทำการศึกษารูปแบบการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธีการ Eco-Indicator 99
2. ทำการแยกส่วนประกอบของไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น
3. ทำการชั่งน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วนและแยกประเภทของวัสดุ
4. ทำการจัดเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ลงในฐานข้อมูลเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผล
5. นำข้อมูลที่ได้เป็นค่า Input เพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธีการ Eco-Indicator 99 ตัวอย่างของโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 แสดงดังภาพที่ 3.4
6. ทำการรวมค่าของผลกระทบต่อสุขภาพของไมโครเวฟแต่ละรุ่น และทำการเปรียบเทียบว่ารุ่นไหนให้ผลกระทบต่อสุขภาพมากหรือน้อยต่างกัน

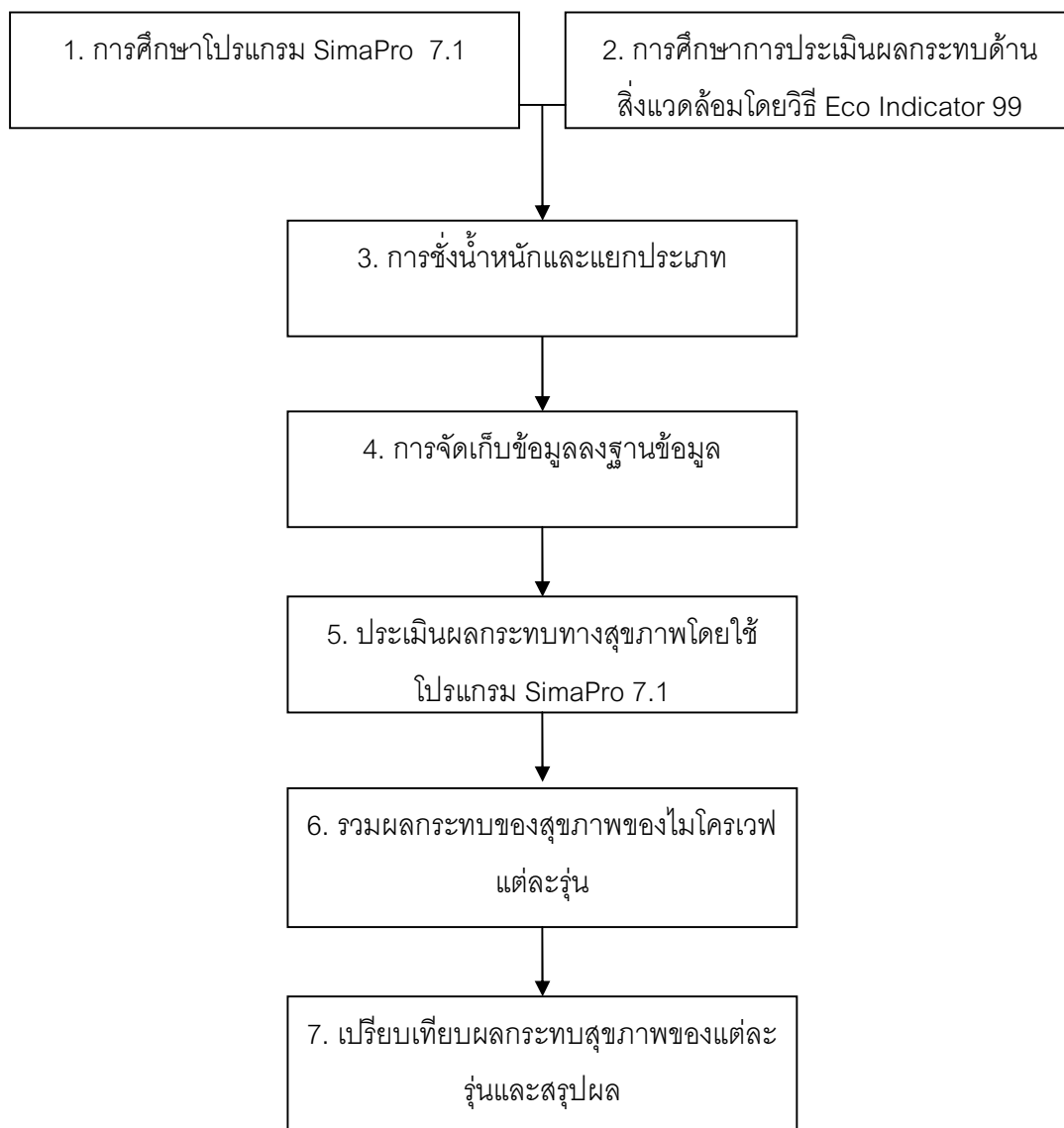
ภาพที่ 3.4

ตัวอย่างการนำค่าน้ำหนักของวัสดุแต่ละชิ้นมาทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธีการ Eco-Indicator 99

Product	Amount	Unit	Project
Cardboard cellulose 5 B250	1.170	kg	BUWAL250

ภาพที่ 3.5

ขั้นตอนในการทำวิจัยการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ

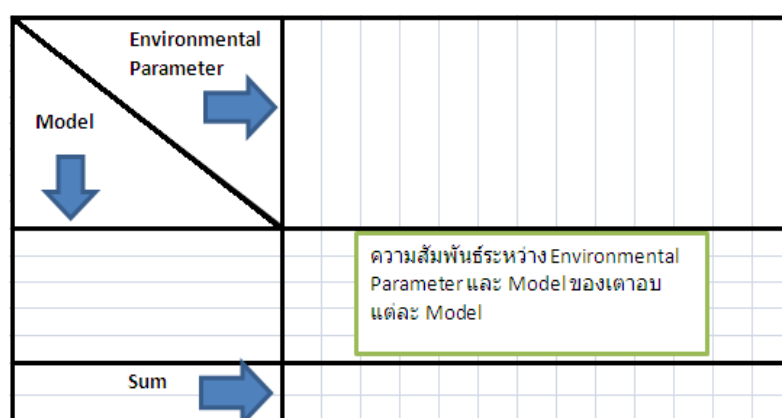


3.3.3 ขั้นตอนการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Benchmarking : EBM)

1. นำโมเดลทั้ง 3 รุ่นมาทำการเปรียบเทียบกันทางด้านสิ่งแวดล้อม
2. ตั้งพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมไว้เพื่อเปรียบเทียบ
3. ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนว่าอยู่ในระหว่างไหน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะตั้งคะแนนอยู่ในช่วงระหว่าง 1-5 เรียงตามลำดับ
4. ทำการระดมสมองของกลุ่มเพื่อจะให้คะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละรุ่น
5. ทำการรวบรวมคะแนนความสัมพันธ์ทั้งหมด

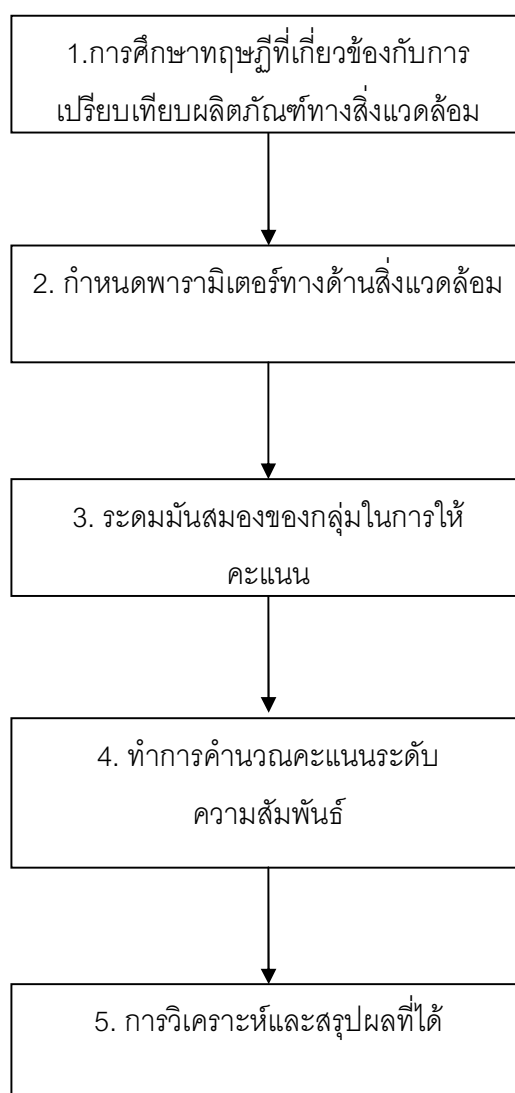
ภาพที่ 3.6

รูปแบบของการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม (EBM)



ภาพที่ 3.7

ขั้นตอนในการทำวิจัยการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม



3.3.4 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ของผลิตภัณฑ์

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อนี้ซึ่งทำการศึกษาคือ Data Envelopment Analysis (DEA) เพื่อประเมิน Eco- Efficiency ของผลิตภัณฑ์จากบทความทั้งในและต่างประเทศ
2. ศึกษาวิธีการและขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม DEAP 2.1 เพื่อประเมินค่า Eco-Efficiency ของผลิตภัณฑ์
3. การกำหนดตัวแปรในแบบจำลองสำหรับแบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้
ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง (อินพุต) ซึ่งปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองนี้มี 4 ปัจจัย คือ
 - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ประเมินได้จากโปรแกรม SimaPro7.1
วิธี Eco Indicator 99
 - น้ำหนักของเตาอบไมโครเวฟ หน่วย คือ กิโลกรัม
 - ความจุของเตาอบไมโครเวฟ หน่วย คือ ลิตร
 - การใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วย คือ วัตต์
- ผลผลิตในแบบจำลองนี้ (Output) คือ ราคาของเตาอบไมโครเวฟ หน่วย คือ บาท

ตารางที่ 3.2

แสดงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

รุ่นของเตาอบ ไมโครเวฟ	ผลกระทบต่อ สุขภาพ	คุณภาพของระบบ Ecosystem	แหล่งที่มา	รวม
1	0.746935	0.10200	0.25627	1.105205
2	1.038000	0.13800	0.48730	1.663300
3	1.093010	0.30743	3.39629	4.405570

ตารางที่ 3.3
แสดงค่าการกำหนดตัวแปรในการทดลอง

เตาอบ ไมโครเวฟ	น้ำหนัก (Kg)	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (Pt)	ความจุ(L)	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า (W)	ราคา
รุ่น 1	12	1.105205	22	800	2240
รุ่น 2	12.35	1.663300	21	800	1795
รุ่น 3	13.5	4.405570	18	700	1850

4. เงื่อนไขและข้อสมมุติในการศึกษา คือ

4.1 การพิจารณาทางด้านปัจจัยการผลิต (input-orientated)

4.2 ใช้ข้อสมมุติทั้ง Constant Return to Scale (CRS) และ Variable Return to Scale (VRS) เนื่องจาก ต้องการทดสอบว่าในกลุ่มผู้ผลิตที่กำลังพิจารณาอยู่นี้มีลักษณะของการแข่งขันที่สมบูรณ์หรือไม่ และมีการดำเนินการผลิต ณ จุดที่เหมาะสมหรือไม่

5. การเก็บรวบรวมและการจัดการข้อมูลสำหรับการใช้กับโปรแกรม Data Envelopment Analysis Program Version 2.1 (DEAP 2.1)

6. เงื่อนไขการจัดการไฟล์ข้อมูลต้องมีเงื่อนไขดังนี้

6.1 คอลัมน์แรกของข้อมูลจะต้องเป็น คอลัมน์ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรผลผลิต (เอาต์พุต)

6.2 คอลัมน์ต่อมาของข้อมูลจะต้องเป็น คอลัมน์ที่แสดงถึงชุดของ ตัวแปรปัจจัย (อินพุต)

7. เมื่อใส่ข้อมูลและจัดการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการต่อดังภาพ 3.8

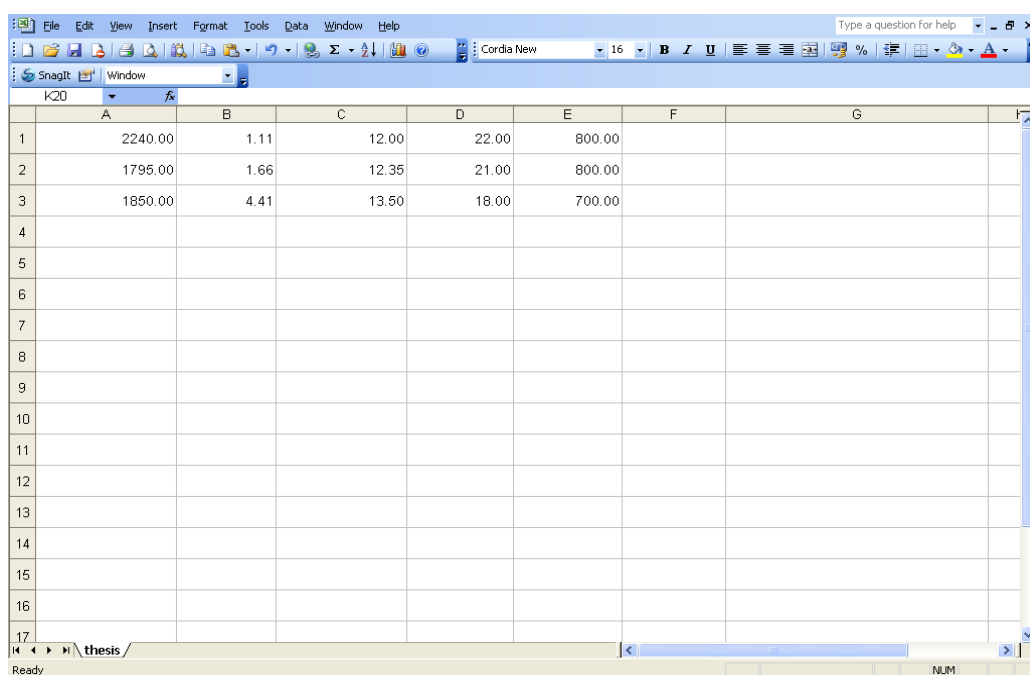
ภาพที่ 3.8

ให้เลือกเซลล์ทั้งหมดดังภาพเพื่อเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบตัวเลข

	A	B	C	D	E	F	G
1	รูป	ราคา	ผลกระทบ	น้ำหนัก	ความจุ	ใส่ไฟฟ้า	ชื่อตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์
2	1	2240	1.105205	12	22	800	ชื่อตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์
3	2	1795	1.663304	12.35	21	800	ส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์
4	2	1850	4.40557	13.5	18	700	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

8. ให้ลบชื่อตัวแปรออกจากตาราง และจัดช่องของคอลัมน์ให้มีขนาดเท่ากัน และให้ครอบคลุมตัวเลขทั้งหมด ในตาราง Excel จะต้องให้เหลือเฉพาะข้อมูลเพียงอย่างเดียว และให้จัดข้อมูลให้ชิดขอบทางด้านขวามือ โดยกดปุ่ม  ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9
ลบชื่อตัวแปรออกจากตารางและจัดช่องของคอลัมน์



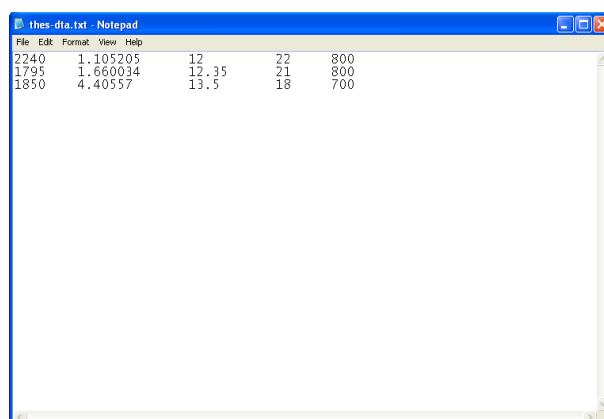
	A	B	C	D	E	F	G
1	2240.00	1.11	12.00	22.00	800.00		
2	1795.00	1.66	12.35	21.00	800.00		
3	1850.00	4.41	13.50	18.00	700.00		
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

9. จากนั้นก็ทำการบันทึกที่รูปแบบของแฟ้มข้อมูลให้เป็น Formatted Text (Space delimited) ซึ่งมีนามสกุล file *.prn โดยเลือก File และไปที่ Save as

10. วิธีการใช้โปรแกรม DEAP 2.1

10.1 สร้าง Data file ในโปรแกรม Notepad ดังภาพที่ 3.10

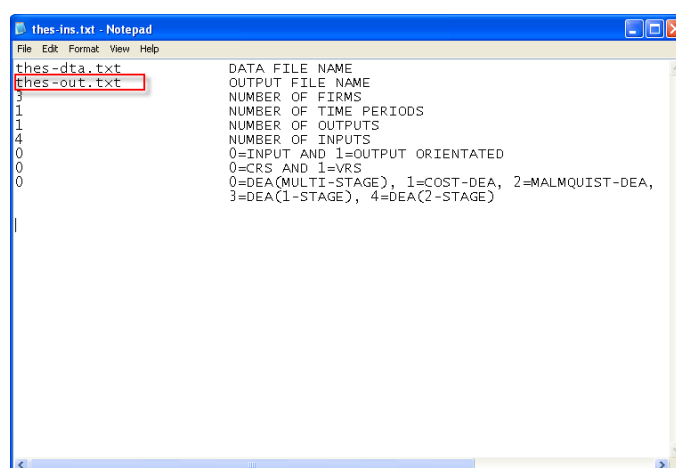
ภาพที่ 3.10
การสร้าง Data File



File	Edit	Format	View	Help
2240	1.105205	12	22	800
1795	1.660034	12.35	21	800
1850	4.40557	13.5	18	700

10.2 สร้าง Output file ซึ่งเป็น file ที่มีความสำคัญมากเพราะเป็น file ที่เก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการ run ข้อมูลเราจะกำหนดไฟล์ Output อยู่ในไฟล์ ins ดังภาพที่ 3.11

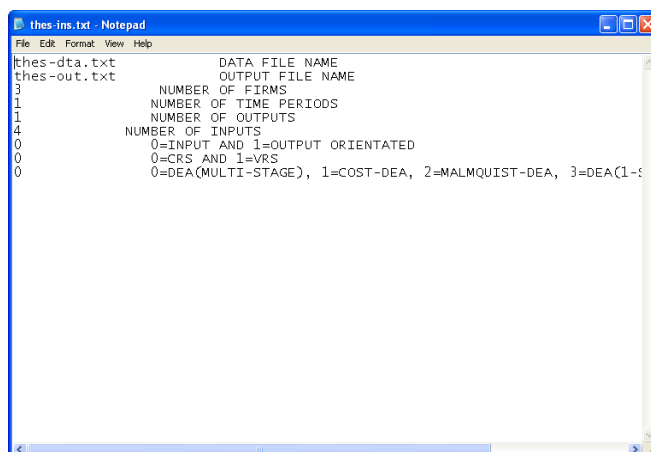
ภาพที่ 3.11
การสร้าง Output ซึ่งอยู่ใน Instruction file



```
thes-dta.txt      DATA FILE NAME
thes-out.txt     OUTPUT FILE NAME
3                NUMBER OF FIRMS
1                NUMBER OF TIME PERIODS
1                NUMBER OF OUTPUTS
4                NUMBER OF INPUTS
0                0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0                0=CRS AND 1=VRS
0                0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA,
                  3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)
|
```

10.3 สร้าง Instruction file ซึ่งเป็น file คำสั่งและกำหนดค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการสั่งให้โปรแกรม DEAP 2.1 ทำงาน file ประเภทนี้จะมีนามสกุล *.ins ดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12
การสร้าง Instruction file



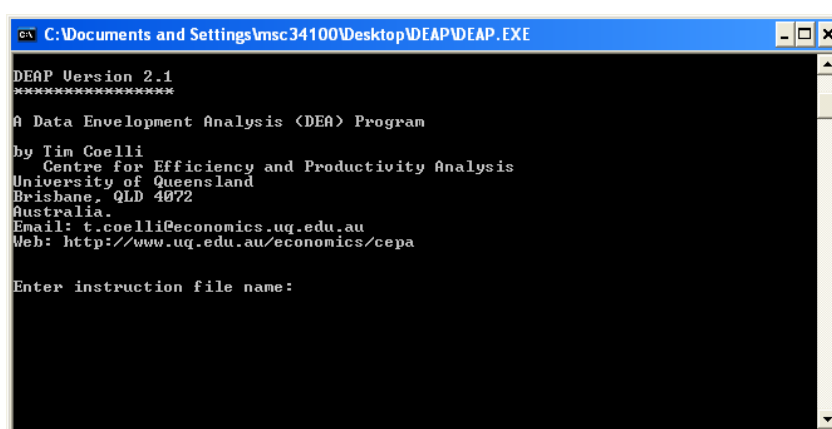
เมื่อ

thes-dta.txt	คือ DATA FILE NAME ชื่อ Data file
thes-out.txt	คือ OUTPUT FILE NAME ชื่อ Output file
NUMBER OF FIRMS	คือ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์
NUMBER OF TIME PERIODS	คือ จำนวนเวลา
NUMBER OF OUTPUTS	คือ จำนวนผลผลิต
NUMBER OF INPUTS	คือ จำนวนปัจจัยการผลิต
0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED	คือ พิจารณาทางด้านไหน
0=CRS AND 1=VRS	คือ ข้อสมมุติที่ใช้
0=DEA (MULTI-STAGE)	คือ วิธีการ DEA ที่ใช้ในการวิเคราะห์
1=COST-DEA	
2=MALMQUIST-DEA	
3=DEA (1-STAGE)	
4=DEA (2-STAGE)	

11. จากกำหนดค่าต่างๆ แล้วให้ทำการ save file ไว้ที่เดียวกับ Data file ในที่สุดแล้วจะมี file ที่ต้องการทั้งหมดครบ 2 file คือ Data file และ Instruction file ต่อมาให้ไปที่ Directory ที่เก็บโปรแกรม DEAP 2.1 แล้วเลือก file deap.exe (ดับเบิลคลิก) จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3.13

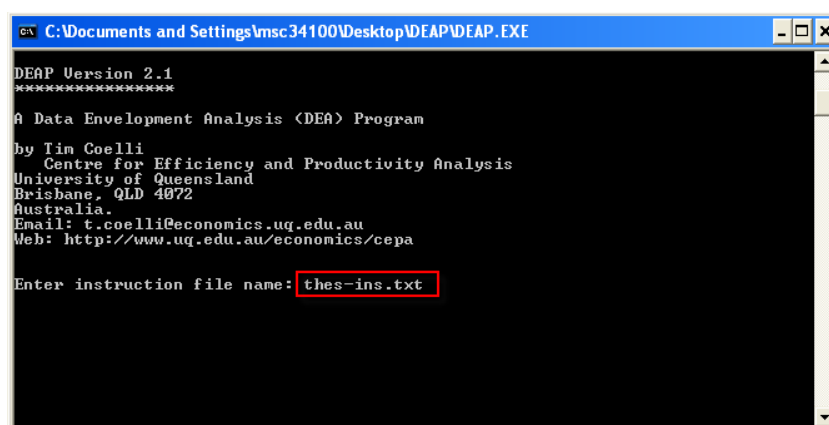
รูปแบบโปรแกรม DEAP 2.1



12. สำหรับ file ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์โดย DEAP 2.1 จะต้องทำการเปิด file นั้นก่อนทุกครั้งที่จะวิเคราะห์

13. ให้พิมพ์ชื่อ Instruction file พร้อมนามสกุลลงไปในโปรแกรม DEAP 2.1 ดังภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14
ให้พิมพ์ชื่อ Instruction file พร้อมนามสกุล



14. แล้วกด enter ซึ่งภายหลังจากโปรแกรมคำนวณเสร็จแล้วจะขึ้นเป็นไฟล์ชื่อเดียวกัน แต่เป็นไฟล์ output ดับเบิลคลิกเปิดดูไฟล์ด้วยโปรแกรม Notepad

3.4 ข้อมูลจากการสำรวจ

จากการสำรวจข้อมูลจากบุคคลทั่วไปจากแบบสอบถาม 200 ฉบับ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า และแบบสอบถามจากโรงงานผลิตเตาอบไมโครเวฟและการระดมความคิดที่จะนำข้อมูลมาทำการกำหนดระดับความสัมพันธ์ในการขั้นตอนการทำ QFDE สามารถสรุปวิธีการและจำนวนโรงงานที่สำรวจข้อมูล แสดงในตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3

วิธีการสำรวจข้อมูลและจำนวนของลูกค้าที่ได้จากการสำรวจข้อมูล

วิธีการ	จำนวน	เปอร์เซ็นต์ (%)
1. สอบถามโดยตรง	160	80
2. สอบถามทางโทรศัพท์	8	4
3. จดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรืออีเมล	32	16
รวม	200	100

ตารางที่ 3.4

วิธีการสำรวจข้อมูลและจำนวนของแบบสำรวจที่ได้จากการสำรวจข้อมูล

วิธีการ	จำนวน	เปอร์เซ็นต์ (%)
1. การระดมความคิด	10	50
2. สอบถามทางโทรศัพท์	3	15
3. ส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์	3	15
4. จดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรืออีเมล	4	20
รวม	20	100

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งผลของการวิจัยออกเป็น 5 หัวข้อคือ ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าจากแบบสำรวจ ผลของขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม ผลของการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ ผลของการเปรียบเทียบกับคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม และผลของการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ของเตาอบไมโครเวฟ

4.1 ผลจากการสำรวจข้อมูลจากแบบสำรวจ

ในงานวิจัยนี้การสำรวจผลของความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเตาอบไมโครเวฟนั้นในการออกแบบสำรวจเราได้ทำการออกแบบสำรวจเป็นข้อมูลทั่วไปว่าลูกค้าต้องการเตาอบไมโครเวฟแบบไหนแล้วแปลงความต้องการจากข้อมูลทั่วไปที่ได้มาไปเป็นข้อมูลที่เป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งหัวข้อความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เราควรคำนึงถึงคือ

1. การใช้วัสดุน้อยขึ้น
2. สะดวกในการขนส่งและการเก็บรักษา
3. สะดวกในการถอดประกอบและแยกประเภทวัสดุ
4. มีการปลดปล่อยสารพิษออกมาน้อยในขั้นตอนการผลิต
5. ลดการใช้สารเคมีอันตรายในผลิตภัณฑ์
6. ใช้วัสดุที่สามารถนำกลับไปที่รีไซเคิลได้
7. มีความทนทานสูง
8. ลดวัสดุในการห่อและบรรจุ
9. ใช้เทคโนโลยีที่สะอาด
10. ปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำ
11. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า
12. สะดวกในการนำกลับมาใช้ใหม่
13. สะดวกในการนำกลับมารีไซเคิล

ซึ่งอย่างเช่นหัวข้อบางหัวข้อนั้นจะถูกกำหนดไว้โดยกฎระเบียบต่างๆที่จะต้องปฏิบัติ เช่น กฎระเบียบ RoHS และ WEEE เพื่อลดผลกระทบที่จะนำไปจำหน่าย แบบสำรวจที่ได้มานั้นเมื่อนำมาแปลงเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้วแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ผลสำรวจเมื่อทำการแปลงเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม

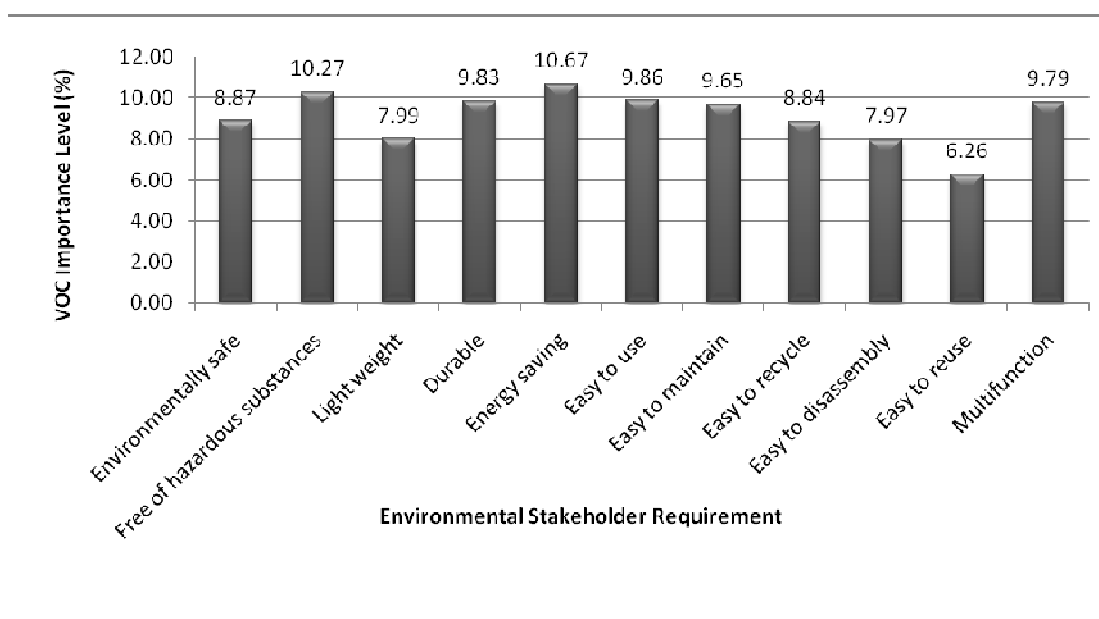
ความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม	ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้า	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (100%)
ประหยัดพลังงานไฟฟ้า	956	10.67
ไม่มีการใช้สารอันตราย	920	10.27
สะดวกในการใช้งาน	883	9.86
แข็งแรงทนทาน	881	9.83
มีหลายฟังก์ชันการทำงานในเครื่องเดียว	877	9.79
สะดวกในการบำรุงรักษา	865	9.65
สะดวกในการบำรุงรักษา	865	9.65
เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	795	8.87
สะดวกในการรีไซเคิล	792	8.84
น้ำหนักเบา	716	7.99
สะดวกในการนำกลับมาใช้ใหม่	714	7.97
รวม	8960	100

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ลูกค้าคำนึงถึงอันดับแรกๆ คือ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าไม่มีการใช้สารอันตรายในเตาอบไมโครเวฟ มีความสะดวกในการใช้งาน และแข็งแรงทนทานสามารถใช้งานได้นานเรียงตามลำดับลงมา ซึ่งค่าความต้องการของลูกค้าแสดงให้เห็นเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับกันดังภาพที่ 4.1 โดยทั่วไปแล้วความต้องการของลูกค้าจะมีความสัมพันธ์ภายในที่เกี่ยวข้องกันระหว่างความต้องการต่างๆ

เหล่านั้น ซึ่งมีความต้องการเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมาก เมื่อได้ค่าของความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้วจะนำค่าไปทำการเป็นส่วนหนึ่งในการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

ภาพที่ 4.1

กราฟแสดงความต้องการของ
ลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์



4.2 ผลของขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (QFDE)

ในการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมนั้น เราได้มีการให้กำหนดระดับความสำคัญระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งในขั้นตอนการกำหนดระดับความเกี่ยวข้องนั้นได้ข้อมูลมาจากการระดมความคิดและจากโรงงานผลิตเตาอบไมโครเวฟ แสดงดังภาพที่ 4.2 โดยในการกำหนดระดับความสำคัญนั้น จะกำหนดคะแนนตัวเลขเป็น 4 ตัวเลข คือ

- 0 คือ ไม่มีความสำคัญเกี่ยวข้อง
- 3 คือ ระดับความสำคัญน้อย
- 6 คือ ระดับความสำคัญปานกลาง
- 9 คือ ระดับความสำคัญมาก

ภาพที่ 4.2

การกำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ
ของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

Environmental Parameter Environmental Stakeholder requirements	Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Supply part env. Performance	Material used	Problematic materials	Production technology	Production waste	Air, Water, Soil emission	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (inuse)	Air, Water, Soil emission (inuse)	Noise and vibrations	Maintenance	Repairability	Fastener and joints	Time of disassembly	Rate of reuseability	Rate of recyclability
Environmentally safe	0	0	0	0	0	0	9	9	6	6	9	6	3	0	3	9	9	3	0	0	0	0	6	6
Free of hazardous substances	3	3	6	3	0	0	9	9	6	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Light weight	9	6	0	3	6	3	9	6	6	0	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
Durable	0	0	9	3	0	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Energy saving	0	6	6	9	3	6	6	0	9	0	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Easy to use	3	3	0	9	0	3	3	3	6	0	0	0	0	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Easy to maintain	3	3	0	3	6	3	9	6	6	0	0	0	0	3	0	6	0	0	9	3	3	0	0	0
Easy to recycle	0	0	0	3	3	0	9	9	3	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	9
Easy to disassembly	0	0	0	0	9	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	6	3	3
Easy to reuse	0	0	3	0	6	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
Multifunction	3	3	0	9	3	3	0	0	9	0	0	0	0	6	3	0	0	0	6	6	3	6	0	0

เมื่อได้ตารางระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม จะนำค่าความต้องการของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมมาใส่ในตารางเพื่อคำนวณระดับความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3

คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ
ของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

Environmental Parameter	VOC Importance Level	Environmental Stakeholder requirements																							
		Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Supply part env. Performance	Material used	Problematic materials	Production technology	Production waste	Air, Water, Soil emission	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (inuse)	Air, Water, Soil emission (inuse)	Noise and vibrations	Maintenance	Repairability	Fastener and joints	Time of disassembly	Rate of reuseability	Rate of recyclability
Environmentally safe	8.87	0	0	0	0	0	79.83	79.83	53.22	53.22	79.83	53.22	26.61	0	26.61	79.83	79.83	26.61	0	0	0	0	53.22	53.22	53.22
Free of hazardous substances	10.27	30.81	30.81	61.62	30.81	0	0	92.43	92.43	61.62	92.43	61.62	30.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.81	30.81	
Light weight	7.99	71.91	47.97	0	23.97	47.94	23.97	71.91	47.94	47.94	0	0	71.91	0	47.94	0	0	0	0	0	0	23.97	23.97	0	0
Durable	9.83	0	0	88.47	29.49	0	0	88.47	0	58.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.49	0	0	0	0	
Energy saving	10.67	0	64.02	64.02	96.03	32.01	64.02	64.02	0	96.03	0	0	0	0	32.01	96.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Easy to use	9.86	29.58	30	0	89	0	29.58	29.58	29.58	59.16	0	0	0	0	88.74	0	0	0	29.58	0	0	0	0	0	0
Easy to maintain	9.65	28.95	28.95	0	28.95	57.90	28.95	86.85	57.90	57.90	0	0	0	0	26.52	0	57.90	0	86.85	28.95	28.95	0	0	0	0
Easy to recycle	8.84	0	0	0	26.52	26.52	0.00	79.56	79.56	26.52	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	26.52	26.52	79.56	
Easy to disassembly	7.97	0	0	0	0	71.73	0.00	23.91	23.91	23.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.73	71.71	47.82	23.91	
Easy to reuse	6.26	0	0	18.78	0	37.56	0	56.34	56.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.34	0
Multifunction	9.79	23.91	23.91	0	88.11	23.91	23.91	0	0	88.11	0	0	0	0	58.74	9.79	0	0	0	58.74	58.74	23.91	58.74	0	0

เมื่อคำนวณระดับความสัมพันธ์เรียบร้อยแล้วก็ทำการรวมค่าของคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมด จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากขั้นตอนการทำ EQFD นั้นมีการให้ความสำคัญเรื่อง วัสดุที่ใช้ในการผลิตเตาอบไมโครเวฟ เทคโนโลยีในการผลิต วัสดุที่ก่อให้เกิดอันตราย และฟังก์ชันการใช้งาน ดังภาพที่ 4.4 และแสดงค่าผลรวมออกมาเป็นกราฟดังภาพที่ 4.5 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถทำให้ผู้ผลิตเตาอบไมโครเวฟผลิตเตาอบไมโครเวฟออกมาได้ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

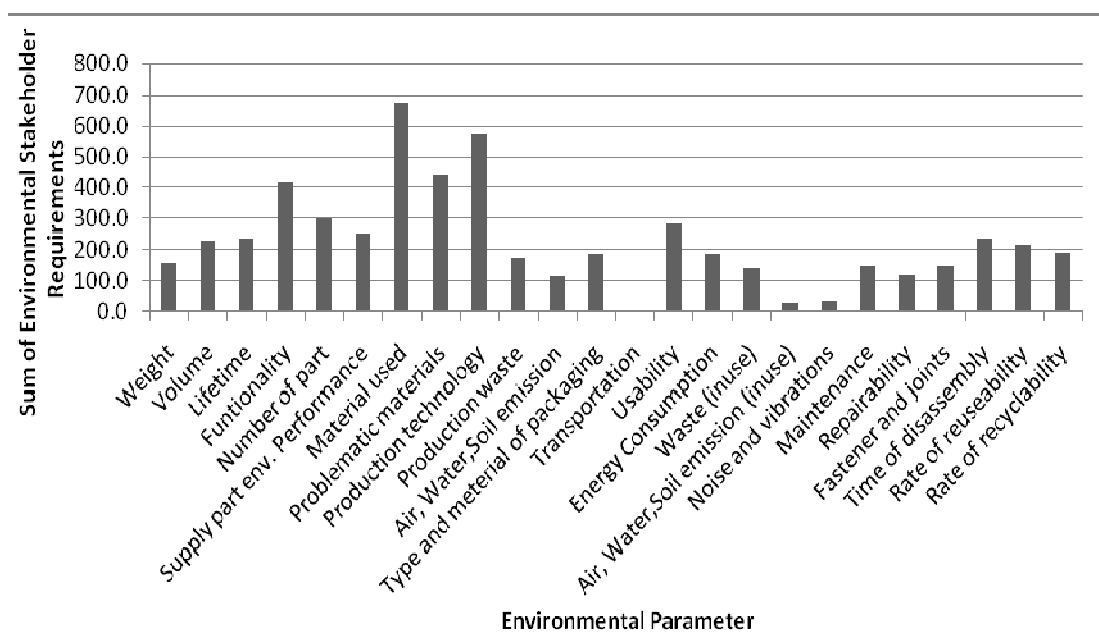
ภาพที่ 4.4

ผลรวมค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ
ของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

Environmental Parameter \ Environmental Stakeholder requirements		VOC Importance Level	Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Supply part env. Performance	Material used	Problematic materials	Production technology	Production waste	Air, Water, Soil emission	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (inuse)	Air, Water, Soil emission (inuse)	Noise and vibrations	Maintenance	Repairability	Fastener and joints	Time of disassembly	Rate of reuseability	Rate of recyclability
Environmentally safe		8.87	0	0	0	0	0	79.83	79.83	53.22	53.22	79.83	53.22	26.61	0	26.61	79.83	79.83	26.61	0	0	0	0	53.22	53.22	53.22
Free of hazardous substances		10.27	0	30.81	61.62	30.81	0	0	92.43	92.43	61.62	92.43	61.62	30.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.81	30.81	
Light weight		7.99	71.91	47.97	0	23.97	47.94	23.97	71.91	47.94	47.94	0	0	71.91	0	47.94	0	0	0	0	0	23.97	23.97	0	0	
Durable		9.83	0	0	88.47	29.49	0	0	88.47	0	58.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.49	0	0	0	0	
Energy saving		10.67	0	64.02	64.02	96.03	32.01	64.02	64.02	0	96.03	0	0	0	0	32.01	96.03	0	0	0	0	0	0	0	0	
Easy to use		9.86	29.58	30	0	89	0	29.58	29.58	29.58	59.16	0	0	0	0	88.74	0	0	0	29.58	0	0	0	0	0	
Easy to maintain		9.65	28.95	28.95	0	28.95	57.90	28.95	86.85	57.90	57.90	0	0	0	0	26.52	0	57.90	0	86.85	28.95	28.95	0	0	0	
Easy to recycle		8.84	0	0	0	26.52	26.52	0.00	79.56	79.56	26.52	0	0	53.04	0	0	0	0	0	0	0	0	26.52	26.52	79.56	
Easy to disassembly		7.97	0	0	0	0	71.73	0.00	23.91	23.91	23.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.73	71.71	47.82	23.91	
Easy to reuse		6.26	0	0	18.78	0	37.56	0	56.34	56.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.34	0	
Multifunction		9.79	23.91	23.91	0	88.11	23.91	23.91	0	0	88.11	0	0	0	0	58.74	9.79	0	0	58.74	58.74	23.91	58.74	0	0	
sum			154.4	225.2	232.9	412.6	297.6	250.3	672.9	440.9	573.4	172.3	114.8	182.4	0.0	280.6	185.7	137.7	26.6	29.6	145.6	117.2	148.6	234.2	214.7	187.5

ภาพที่ 4.5

กราฟผลรวมแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ
ของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม



4.3 ผลของการเปรียบเทียบกับคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม (EBM)

ในงานวิจัยนี้ได้นำเตาอบไมโครเวฟมาทำการเปรียบเทียบกันทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการเปรียบเทียบทางด้านสิ่งแวดล้อมนี้จะเห็นว่าในเตาอบไมโครเวฟแต่ละรุ่นนั้นได้มีข้อดีและข้อเสียทางด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละด้านแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 4.6 ซึ่งตัวเลขในการให้ความสัมพันธ์จะมี 5 ตัวเลข คือ ระดับ 1-5 ซึ่งในระดับ 1 คือสัมพันธ์น้อยที่สุด และระดับ 5 สัมพันธ์มากที่สุดซึ่งแสดงผลออกมาเป็นกราฟ ดังภาพที่ 4.7

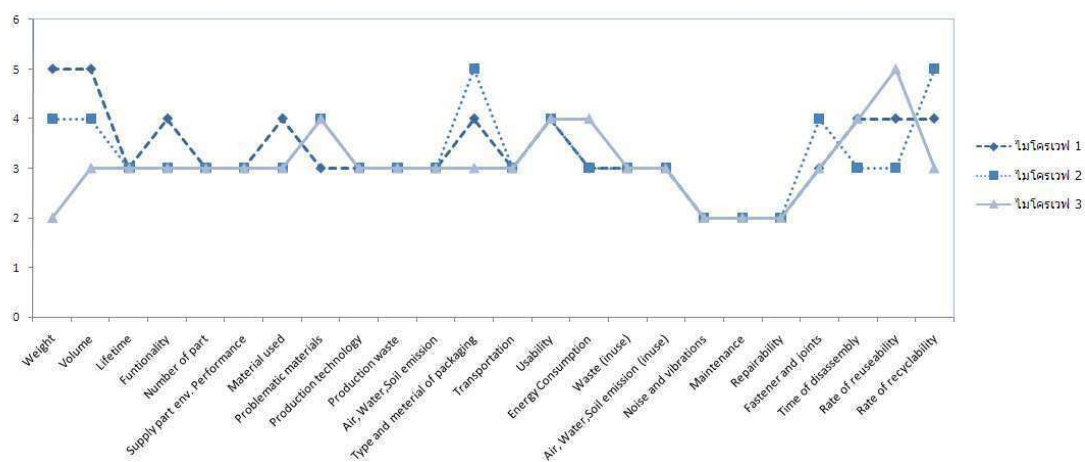
ภาพที่ 4.6

ผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์
ทางด้านสิ่งแวดล้อมและเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น

Model	Environmental Parameter																	
	Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Supply part env.	Performance	Material used	Problematic materials	Production technology	Production waste	Air, Water, Soil emission	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (inuse)	Air, Water, Soil emission (inuse)
1	6	5	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3
2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	5	3	4	3	3	2
3	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	2

ภาพที่ 4.7

กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่าง
พารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น



4.4 ผลของการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ

ในการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพจากเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่นจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 วิธีการ Eco-Indicator 99 นั้นจะเห็นได้ว่าเตาอบไมโครเวฟที่ให้ผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุดเป็นเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 3 และเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 1 ให้ผล

กระทบต่อสุขภาพน้อยที่สุดเนื่องจากวัสดุในเตาไมโครเวฟรุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 3 แตกต่างกันอย่างชัดเจน แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ผลกระทบต่อสุขภาพของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น

รุ่นของเตาอบไมโครเวฟ	ผลกระทบต่อสุขภาพ (Pt)
1	1.105205
2	1.663300
3	4.405570

4.5 ผลของการหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเตาอบไมโครเวฟ

ในการหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ของเตาอบไมโครเวฟนั้นเราต้องกำหนดต้นทุนและเอาต์พุตเพื่อนำไปประมวลผลในโปรแกรม DEAP 2.1 ซึ่งค่า Eco-efficiency ที่ได้ออกมาให้โดยค่าที่ได้ออกมานั้นเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 1 และ 3 มีค่า Eco-efficiency เท่ากันคือเท่ากับ 1 ส่วนเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 2 มีค่า Eco-efficiency เท่ากับ 0.836 และค่าเฉลี่ยของ Eco-efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น คือ 0.946 ซึ่งในการประเมินค่า Eco-efficiency นั้นค่าที่มากกว่าแสดงว่ามีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจดีกว่า เพราะว่าการคิดนั้นได้นำค่าราคาขายมาเป็นอัตราส่วนกับคุณลักษณะเฉพาะของเตาอบไมโครเวฟแต่ละรุ่นนั้น ดังนั้นเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 1 และ 3 มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมากกว่าเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3
ค่า Eco-efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น

รุ่นของเตาอบไมโครเวฟ	ค่า Eco-efficiency
1	1
2	0.838
3	1

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรม DEAP 2.1 จะมีค่าของผลที่แสดง
ออกมาจากโปรแกรมดังนี้

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = thes-ins.txt

บอกชื่อ Instruction file

Data file = thes-dta.txt

บอกชื่อ Data file

Input orientated DEA

บอกว่าพิจารณาทางด้านไหน ในที่นี้พิจารณา
ทางด้านปัจจัยการผลิต (Input Orientated)

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

ค่า Efficiency ของโปรแกรมที่ประมวลผลออกมาได้

firm te

1 1.000

ค่า Efficiency ของเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 1

2 0.838

ค่า Efficiency ของเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 2

3 1.000

ค่า Efficiency ของเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 3

mean 0.946

ค่าเฉลี่ยของ Efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของเตาอบไมโครเวฟโดยใช้หลักการ LCA

ในการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของเตาอบไมโครเวฟโดยใช้หลักการ LCA นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลและตัวเลขจำนวนมากในการคำนวณ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านนี้เข้ามาช่วยในการทำงาน โดยโปรแกรมหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุดคือโปรแกรม SimaPro เพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 โดยใช้ค่าน้ำหนักและประเภทของวัสดุที่ถอดประกอบและคัดแยกประเภทมาจากเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น มาทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นผลกระทบทางด้านสุขภาพ ผลที่ได้ออกมาก็คือ ผลกระทบต่อสุขภาพของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่นนั้นได้ค่าออกมาใกล้เคียงกันมาก เพราะว่าวัสดุที่นำผลิตแต่ละชิ้นส่วนและชิ้นส่วนบางส่วนเป็นอุปกรณ์ประเภทเดียวกัน

5.2 ได้แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟที่ได้ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเตาอบไมโครเวฟมาเป็นปัจจัยในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งความต้องการของลูกค้าที่คำนึงถึงอันดับแรกๆ คือ ประหยัดพลังงานไฟฟ้า ไม่มีการใช้สารอันตรายในเตาอบไมโครเวฟ มีความสะดวกในการใช้งาน และแข็งแรงทนทานสามารถใช้งานได้นาน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเหล่านี้ไปสู่ขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งในขั้นตอนนี้ได้มีการกำหนดพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและผลลัพธ์ทำให้ทราบได้ว่า วัสดุที่ใช้ในการผลิตเตาอบไมโครเวฟ เทคโนโลยีในการผลิต วัสดุที่ก่อให้เกิดอันตราย และฟังก์ชันการใช้งาน เป็นเรื่องที่ถูกความต้องการผลที่ได้ออกมาจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมที่ผลิตเตาอบไมโครเวฟเพื่อที่จะปรับปรุงและแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบทางด้านสิ่งแวดล้อมของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่นซึ่งผลที่ได้ก็จะเห็นว่าไม่มีเตาอบไมโครเวฟรุ่นไหนมีข้อดีและข้อเสียในทุกๆข้อทางด้านสิ่งแวดล้อม สาเหตุสำคัญในการดำเนินการส่วนนี้นั้นก็เพื่อต้องการค้นหาจุดอ่อนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ของเราที่พิจารณาเมื่อเทียบกับ คู่แข่งขันในตลาด เพื่อให้สามารถมองเห็นประเด็นที่จะต้องเร่งปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้คำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ของเตาอบไมโครเวฟด้วยวิธีการ Data Envelopment Analysis (DEA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป DEAP 2.1 ซึ่งโปรแกรมนี้ก็สามารถใส่ค่าอินพุตและเอาท์พุตได้หลายค่าโดยค่าผลที่ได้ออกมานั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณค่า Eco-efficiency ออกมาให้โดยค่าที่ได้ออกมานั้นเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 1 และ 3 มีค่า Eco-efficiency เท่ากันคือเท่ากับ 1 ส่วนเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 2 มีค่า Eco-efficiency เท่ากับ 0.836 และค่าเฉลี่ยของ Eco-efficiency ของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น คือ 0.946 ซึ่งทำให้ทราบว่าค่า Eco-efficiency ที่มากกว่านั้นมีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ดีกว่าค่าน้อยกว่า

แนวคิด Eco-efficiency ดังกล่าวจะเป็นการสร้างสมดุลระหว่างความเจริญก้าวหน้าทางธุรกิจและการรักษาระบบนิเวศไปพร้อมๆกัน นอกจากนี้ยังเป็นดัชนีชี้วัดความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่มุ่งไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน อันเป็นเป้าหมายโดยรวมของนานาประเทศในระยะยาวต่อไปและมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การลดต้นทุน และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษ ลดความเสี่ยงตลอดจนเน้นการบริหารทรัพยากรอย่างเหมาะสม การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดและการจัดการของเสียให้เกิดประโยชน์ การใช้เทคโนโลยีแปรรูปที่เหมาะสม การขนส่งที่มีประสิทธิภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุตสาหกรรมอย่างเหมาะสม รวมทั้งการปรับปรุงปัจจัยแวดล้อมทางการตลาด ให้เอื้อต่อการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทำการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นผลกระทบด้านสุขภาพโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 ประเมินค่าออกมานั้นเราต้องทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักและ

ประเภทวัสดุของชิ้นส่วนในเตาอบไมโครเวฟอย่างละเอียดและถูกต้องโดยต้องพยายามแยกชิ้นส่วนออกมาให้ได้มากที่สุดเพื่อความแม่นยำและถูกต้องของผลที่ได้ออกมา โดยในการถอดส่วนประกอบนั้นควรจะทำเวลาในการแยกชิ้นส่วนตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในส่วนอื่นต่อไป

ส่วนในด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจให้ตรงกับความต้องการของลูกค้านั้น จำเป็นต้องใช้แบบสำรวจในการหาข้อมูลความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นต้องพยายามให้ทำแบบสำรวจให้ได้มากและเลือกกลุ่มของคนที่ให้ทำการทำแบบสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าโดยแท้จริง

5.3.2 ข้อเสนอแนะในขั้นตอนการแปลงหน้าที่คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม (EQFD)

ในขั้นตอนการทำ EQFD จะต้องให้ความสำคัญตั้งแต่การกำหนดพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การแปลงความต้องการของลูกค้ามาเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการกำหนดระดับคะแนนความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะละเอียดและต้องใช้ความละเอียดมาก ดังนั้นในการกำหนดคะแนนความสัมพันธ์นั้นเราควรที่จะระดมความคิดจากหลายๆคนจากโรงงานผลิตเตาอบไมโครเวฟ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทางด้านสิ่งแวดล้อมในการระดมความคิดในขั้นตอนนี้ เพื่อให้ผลที่ได้ออกมานั้นถูกต้องมากที่สุด

5.3.3 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้โปรแกรม DEAP 2.1 เพื่อคำนวณค่า Eco-efficiency

ในการใช้โปรแกรม DEAP 2.1 คำนวณค่า Eco-efficiency นั้นสิ่งที่ต้องคำนึงและระวังมากที่สุดก็คือการจัดค่าอินพุตและเอาต์พุตในไฟล์ข้อมูลที่จะนำไปประมวลผลในโปรแกรมซึ่งถ้าใส่ค่าผิดและใส่ค่าสลับที่กันระหว่างอินพุตและเอาต์พุตจะทำให้ไม่สามารถประมวลผลจากโปรแกรมได้ หรืออาจจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง

รายการอ้างอิง

- Heejeong Yim, (2003). Eco-Voice of Consumer (VOC) on QFD. Proceedings of EcoDesign 2003 ,Third International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing Tokyo Japan
- E.R. Platcheck ,(2008). EcoDesign: case of a mini compressor re-design , Journal of Cleaner Production , Vol.18, pp 1526-1535.
- M.D. Bovea, (2004). The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design, Journal of Material and Design , Vol.27, pp 209-215.
- Inga Gurauskiene, (2006). Eco-design Methodology for Electrical and Electronic Equipment Industry, Environmental research , engineering and management , No.3 , pp 43-51.
- Barba-Gutierrez, (2007). Eco-Efficiency and Electronic Appliances : A Data Envelopment Analysis (DEA), Springer Science and Business Media, Environ Model Assess, Vol.10
- Taeko Aoe, (2007). Eco-efficiency and ecodesign in electrical and electronic products, Journal of Cleaner Production, Vol.15, pp 1406-1414.
- Wolfgang Wimmer, (2002). ECODESIGN Pilot “Product Investigation, Learning and Optimization and Tool for Sustainable Product Development “
- Kun-Mo Lee, (2005). ECODESIGN Best Practice of ISO/TR 14062, Eco-product Research Institute (ERI) and Ajou University, Korea

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1. ผลจากการประมวลการหาค่า Eco-efficiency จากโปรแกรม DEAP 2.1

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = thes-ins.txt

Data file = thes-dta.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm te

1 1.000

2 0.838

3 1.000

mean 0.946

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm output:	1
--------------	---

1	0.000
---	-------

2	0.000
---	-------

3	0.000
---	-------

mean	0.000
------	-------

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm input:	1	2	3	4
-------------	---	---	---	---

1	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------

2	0.000	0.217	0.000	23.900
---	-------	-------	-------	--------

3	0.000	0.000	0.000	0.000
---	-------	-------	-------	-------

mean	0.000	0.072	0.000	7.967
------	-------	-------	-------	-------

SUMMARY OF PEERS:

firm peers:	
-------------	--

1	1
---	---

2	1 3
---	-----

3	3
---	---

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:

(in same order as above)

firm peer weights:

1	1.000
2	0.682 0.145
3	1.000

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

1	1
2	0
3	1

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm output:	1
1	2240.000
2	1795.000
3	1850.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm input:	1	2	3	4
1	1.105	12.000	22.000	800.000
2	1.392	10.136	17.605	646.763
3	4.406	13.500	18.000	700.000

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	2240.000	0.000	0.000	2240.000
input	1	1.105	0.000	0.000	1.105
input	2	12.000	0.000	0.000	12.000
input	3	22.000	0.000	0.000	22.000
input	4	800.000	0.000	0.000	800.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
1	1.000	

Results for firm: 2

Technical efficiency = 0.838

PROJECTION SUMMARY:

variable	original	radial	slack	projected
----------	----------	--------	-------	-----------

		value	movement	movement	value
output	1	1795.000	0.000	0.000	1795.000
input	1	1.660	-0.268	0.000	1.392
input	2	12.350	-1.997	-0.217	10.136
input	3	21.000	-3.395	0.000	17.605
input	4	800.000	-129.338	-23.900	646.763

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
1	0.682
3	0.145

Results for firm: 3

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	1850.000	0.000	0.000	1850.000
input	1	4.406	0.000	0.000	4.406
input	2	13.500	0.000	0.000	13.500
input	3	18.000	0.000	0.000	18.000
input	4	700.000	0.000	0.000	700.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	1.000

ภาคผนวก ข.

1. การกำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ ของลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อมและพารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

ในขั้นตอนการกำหนดความสัมพันธ์นั้นมีความสำคัญในขั้นตอนการทำ EQFD นั้นมีความสำคัญในการทำ Ecodesign มากเพราะว่าเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการทำและจะส่งผลกระทบต่อแนวทางและการแก้ไขปรับปรุง การที่ได้ข้อมูลมาทำงานวิจัยมากขึ้นก็จะยิ่งส่งผลดีและทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมานั้นถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ขอความร่วมมือจากโรงงานผลิตเตาอบไมโครเวฟในการให้ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลในขั้นตอนการกำหนดความสัมพันธ์ ซึ่งมีโรงงานเตาอบไมโครเวฟ 3 โรงดังนี้

1. บริษัทไทยโตชิบา อุตสาหกรรม จำกัด ที่ตั้ง 129/1-5 ถ.ติวานนท์(สนามบินน้ำ) ต.ท่าทราย อ.เมืองนนทบุรี จ.นนทบุรี 11000
2. บริษัทพานาโซนิค อิเล็กทรอนิกส์ ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ตั้ง 101 หมู่ 2 ถ.เทพารักษ์ ต.บางเสาธง กิ่งอ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 12070
3. บริษัทไดสตาร์ อิเล็กทริก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ตั้ง 140 ม.4 ต.มาบยางพร อ.ปลวกแดง จ.ระยอง 21140

2. การทำการสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเตาอบไมโครเวฟ

ในการทำการสำรวจข้อมูลความต้องการของลูกค้าในงานวิจัยนี้ได้ใช้ในลักษณะของการให้ลูกค้ากรอกข้อมูลลงในแบบสำรวจ โดยจากแบบสำรวจความต้องการ 200 แผ่นได้มีการเก็บข้อมูลของลูกค้า คือ เพศ อายุ การศึกษา และอาชีพ ดังตารางที่ ข.1 ถึง ข.4 ดังนี้

ตารางที่ ๑.1

ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยแบ่งตามเพศ

เพศ	จำนวนแบบสอบถาม	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
ชาย	62	31
หญิง	138	69
รวม	200	100

ตารางที่ ๑.2

ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยแบ่งตามอายุ

อายุ (ปี)	จำนวนแบบสอบถาม	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
18 - 25	46	23
26 - 35	88	44
36 - 45	32	16
46 -55	25	12.5
มากกว่า 55	9	4.5
รวม	200	100

ตารางที่ ๑.3

ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยแบ่งตามการศึกษา

การศึกษา	จำนวนแบบสอบถาม	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
ต่ำกว่าปริญญาตรี	38	19
ปริญญาตรี	139	69.5
สูงกว่าปริญญาตรี	23	11.5
รวม	200	100

ตารางที่ ๗.4

ผลจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยแบ่งตามอาชีพ

อาชีพ	จำนวนแบบสอบถาม	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
นักเรียนนักศึกษา	16	8
ข้าราชการ	57	28.5
พนักงานบริษัท	76	38
รับจ้างทั่วไป	18	9
อื่นๆ	33	16.5
รวม	200	100

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นางสาวจุฑารัตน์ ชื่อสัตย์
วันเดือนปีเกิด	23 มิถุนายน 2527
วุฒิการศึกษา	วศ.บ.วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผลงานทางวิชาการ	จุฑารัตน์ ชื่อสัตย์ วรณี แฝงจันทิก และหาญพล พิงษ์ศรี การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไมโครเวฟ โดยใช้หลักการของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประสบการณ์ทำงาน	บริษัท เทโทรซิสเต็มส์คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง วิศวกรระบบ

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของไมโครเวฟโดยใช้หลักการของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

Environmental Evaluation of Microwave using Ecodesign Approach

จุฑารัตน์ ชื้อสัตย์^{1*} วรณี แพ่งจันทิก² และ หาญพล พึ่งรัมย์²

Jutharat Suesat^{1*}, Woranee Paengjuntuek² and Harnpon Phunggrassami²

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อนำเสนอแนวทางในการประเมินการออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Ecodesign) ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเตาอบไมโครเวฟโดยใช้หลักการวิธีการของการแปลงคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม (Quality Function Deployment for Environmental : QFDE) และความต้องการของลูกค้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (SimaPro Software Version 7.1) ด้วย วิธีการ Eco-indicator 99 ทำการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อให้ทราบว่าชิ้นส่วนใดที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ได้ใช้หลักการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามามีส่วนร่วมในการพิจารณาเปรียบเทียบเตาอบแต่ละรุ่นที่มีความจุและฟังก์ชันการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เป็นแนวทางที่จะทำการปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น

ABSTRACT

This study is the guideline which gives an evaluation of Eco-Product Design by using the life cycle assessment of microwave. Quality Function Deployment for Environmental (QFDE) and consumer requirements were considered for the product design. SimaPro Software Version 7.1 was applied to evaluate the environmental impact of the product. The methodology from SimaPro which we used to evaluate the human health impact of each microwave part and the opportunity of environmental improvement is Eco-indicator 99. In addition, this study applies to use Environmental Benchmarking (EBM) for compare the model with similar function and capacity of each product, that for ways to improve environmental of the product.

คำสำคัญ : การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ , การแปลงหน้าที่คุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อม , การเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม

Keywords : Ecodesign , Voice of Customers , Quality Function Deployment for Environmental, Environmental Benchmarking;

^{1*}นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

²อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

1. บทนำ

จากปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ทำให้หลายประเทศทั่วโลก ได้หันกลับมาให้ความสนใจ ทางด้านการออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น แทนที่การแก้ปัญหาในรูปแบบเดิมที่ปลายท่อ (End of pipe) การที่ผู้ประกอบการที่ต้องการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นนั้น บริษัทต่างๆ เข้าใจคล้ายกันว่า การปรับปรุงดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนสินค้าหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตามเมื่อมองกันอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้วจะพบว่า การออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์มิตรกับสิ่งแวดล้อมและสังคมนี้ ในระยะยาวจะส่งผลเชิงบวกให้กับ ผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก ที่สำคัญก็คือ เพื่อรองรับกฎระเบียบการค้าใหม่ๆ ปัจจุบันถือว่าเป็นประเด็นที่สำคัญมากโดยเฉพาะ กับประเทศที่ต้องการการค้ากับ กลุ่มประเทศยุโรป ประเทศจีน หรือ ประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากปัจจุบันมีการประกาศบังคับใช้กฎระเบียบต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น ระเบียบ EuP (Energy-using Product) ,ระเบียบ WEEE (Waste of Electrical and Electronics Equipments) และ ระเบียบ RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นแนวทางหนึ่งในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม นอกเหนือจากแนวทางอื่นๆ ที่เป็นที่รู้จักกันดี ไม่ว่าจะเป็น เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology; CT) หรือวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ซึ่งในประเทศไทยพบว่า ปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐ องค์กรอิสระ และสถาบันการศึกษา หลายแห่งที่มีโครงการศึกษาและการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจมากขึ้น ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และสนับสนุนให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (EcoProduct)

ในการศึกษานี้ได้เลือกการทำการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไมโครเวฟ เนื่องจาก ไมโครเวฟเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในบ้านเรือน อาคารสำนักงาน และ สถานที่ต่างๆ และ ผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟนั้นได้ถูกกำหนดโดยกฎระเบียบทางการค้าที่สัมพันธ์กับการรักษา ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับในการศึกษาการทำการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไมโครเวฟ คือ

- เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน
- เพื่อสร้างผลกำไรให้กับองค์กรโดยการนำกระแสความต้องการสินค้า และบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้เป็นจุดเด่นในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค
- สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตจากการลดปริมาณวัตถุดิบ หนีบท่อ การใช้พลังงานในการผลิตสินค้าและบริการ
- สามารถนำวัสดุหรือชิ้นส่วนกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไมโครเวฟจากการออกแบบ เพื่อป้องกันปัญหาการใช้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นกำแพงทางการค้าที่มีใช้ภาษี (Non-tariff Barrier; NTB) และรองรับการเปลี่ยนแปลงของกฎระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆที่มีความเข้มงวดจากประเทศพัฒนาแล้ว เช่น WEEE, RoHS, EuP เป็นต้น
- ส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กรและผลิตภัณฑ์ ไมโครเวฟ

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเก็บข้อมูลความต้องการของลูกค้า

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวม ความต้องการของลูกค้า เพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมให้ได้ตรง

ตามความต้องการของลูกค้าโดยในการศึกษครั้งนี้จะทำการใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ฉบับ เพื่อสอบถามความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเตาอบไมโครเวฟ โดยผลจากแบบสอบถามที่ได้ทำการเก็บข้อมูลมาโดยเราจะแปลความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเตาอบไมโครเวฟมาเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งแสดงดังรูปที่ 1

No	Voice of Customer	Microwave
1	Environmentally safe	3.00
2	Free of hazardous substances	5.00
3	Light weight	3.00
4	Durable	4.50
5	Low noise	3.50
6	Energy saving	5.00
7	Easy to use	4.50
8	Easy to maintain	3.25
9	Easy to repair	2.75
10	Easy to recycle	5.00
11	Easy to disassembly	4.87
12	Easy to reuse	5.00
13	Multifunction	2.75
14	Low electromagnetic waves emission	5.00

รูปที่ 1 ผลจากการเก็บข้อมูลความต้องการของลูกค้าจากแบบสอบถาม

โดยผลจากข้อมูลที่เราได้นั้นจะทำให้เห็นว่าลูกค้าโดยส่วนใหญ่แล้วยังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก ซึ่งเรื่องที่จะคำนึงกันเป็นส่วนใหญ่ก็คือ เรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน และการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ก็ยังได้คำนึงถึงเรื่องการนำชิ้นส่วนของเตาอบไมโครเวฟมาทำการรีไซเคิลด้วย

2.2 การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้วิธี

Eco-Indicator 99

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro 7.1 วิธี Eco-Indicator 99 มาทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยนำชิ้นส่วนทุกชิ้นทั้งหมดที่ประกอบไมโครเวฟขึ้นมา 1 เครื่อง โดยเริ่มแรกต้องแยกชิ้นส่วนของ microwave ออกมาเป็นแต่ละชิ้น แล้ว

นำไปทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าน้ำหนักมาใส่ในการคำนวณในวิธี Eco-Indicator 99 ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 การนำค่าน้ำหนักของวัสดุแต่ละชิ้นมาทำมาประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

ซึ่ง ผลที่ได้ก็คือค่าในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ก็จะได้ออกมาเป็นค่าของแต่ละชิ้นส่วนของไมโครเวฟดังรูปที่ 3 โดยในครั้งนี้ได้ศึกษาเราผลกระทบรวมไปถึงทั้งบรรจุภัณฑ์ กระดาษ และ โฟมที่ห่อหุ้มเตาอบไมโครเวฟด้วย

Damage category	Unit	Total	Cardboard cellulose S B250
Total	Pt	0.0506	0.0506
Human Health	Pt	0.0246	0.0246
Ecosystem Quality	Pt	0.00305	0.00305
Resources	Pt	0.0229	0.0229

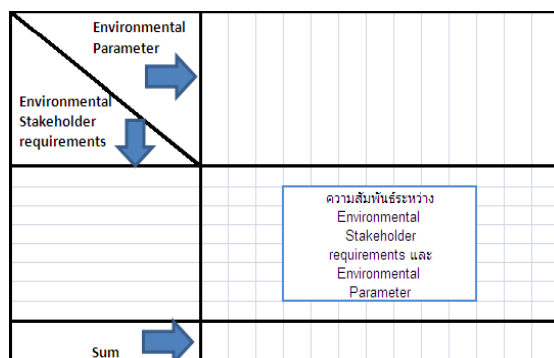
รูปที่ 3 ค่าผลกระทบต่อสุขภาพแต่ละชิ้นส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟ

ในการใช้วิธีEco-Indicator 99 มาทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ก็เพื่อให้ได้แนวทางในการเลือกวัสดุที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟเพื่อลดผลกระทบทางด้านสุขภาพของมนุษย์ต่อไป การศึกษครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเตาอบไมโครเวฟ 3 รุ่น ซึ่งในแต่ละรุ่นก็จะให้ผลรวมของผลกระทบต่อสุขภาพออกมามีแตกต่างกัน

2.3 การแปลงหน้าที่คุณภาพสิ่งแวดล้อม

(Quality Function Deployment for Environmental :QFDE)

เป็นเทคนิควิธีการพื้นฐานมาจากวิธี Quality Function Deployment (QFD) เพียงแต่นำความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นตัวผลักดันเพิ่มอีกด้านหนึ่ง ซึ่ง QFDE เป็นเทคนิควิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจในช่วงการพัฒนาแนวคิดสำหรับการออกแบบซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ โดยเพิ่มคุณลักษณะทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเข้ามาในการวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สามารถระบุถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแนวคิดในการออกแบบต่างๆ ดังรูปที่ 4

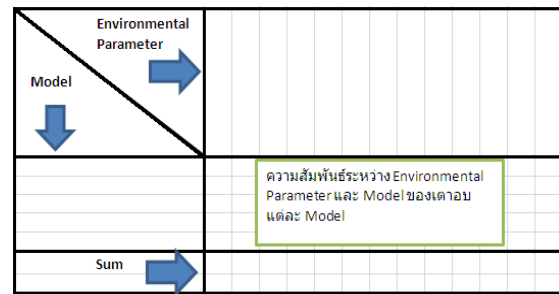


รูปที่ 4 รูปแบบของการทำ QFDE

2.4 การเปรียบเทียบกับคู่แข่งในทางด้านสิ่งแวดล้อม

(Environmental Benchmarking: EBM)

โดยหลักการในการทำการเปรียบเทียบกับคู่แข่งในทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นก็จะคล้ายๆกับการทำ QFDE แต่แตกต่างกันตรงที่เราจะนำผลิตภัณฑ์มาทำการเปรียบเทียบในทางด้านสิ่งแวดล้อมกับคู่แข่งที่ผลิตสินค้าที่เป็นประเภทเดียวกัน ซึ่งวิธีการทำดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบของการทำ EBM

การเปรียบเทียบกับคู่แข่งในทางด้านสิ่งแวดล้อม ทำขึ้นซึ่งก็เพื่อต้องการค้นหาจุดอ่อนทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ของเรา ที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบกับ คู่แข่งในในตลาด เพื่อให้สามารถมองเห็นประเด็นที่จะต้องเร่งปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

3.ผลการวิจัย

3.1 ผลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้วิธี

Eco-Indicator 99

การประเมินผลกระทบทางสุขภาพของมนุษย์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro 7.1 วิธี Eco-Indicator 99 ประเมินวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น ซึ่งแสดงดังในตารางที่ 1 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกไมโครเวฟที่มีความจุและฟังก์ชันการทำงานที่ใกล้เคียงกันมาทำการเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ผลที่ได้ออกมา นั้นมีความแม่นยำมากที่สุดและผิดพลาดน้อยที่สุด

เตาอบไมโครเวฟ	น้ำหนัก (kg)	ความจุ (l)	ผลกระทบต่อสุขภาพ
รุ่น 1	12	22	1.105205
รุ่น 2	12.34	21	1.663300
รุ่น 3	13.5	18	4.405570

ตารางที่ 1 ผลของการประเมินผลกระทบที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์

ซึ่งในตารางที่ 1 ทำให้เราได้ทราบว่า เตาอบไมโครเวฟ model ที่ 3 มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุด เนื่องมาจากวัสดุที่นำมาเป็นชิ้นส่วนในเตาอบไมโครเวฟรุ่นที่ 3 นั้นมีการใช้จำนวนของชิ้นส่วนมากกว่าทั้ง 2 รุ่น และมีในบางส่วนประกอบที่ใช้ประเภทของ วัสดุที่แตกต่างกัน

3.2 ผลของการแปลงหน้าที่คุณภาพสิ่งแวดล้อม

(Environmental Quality Function Deployment : QFDE)

ซึ่งเรานำความต้องการของลูกค้ามาทำการแปลเป็นความต้องการทางด้านสิ่งแวดล้อมและกำหนด

พารามิเตอร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและได้ทำการระดมความคิดในการที่จะให้คะแนนความสัมพัทธ์ในแต่ละช่อง ดังรูปที่ 6 ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณระดับคะแนนสัมพัทธ์แล้วจะเห็นได้ว่า 3 อันดับแรกที่จะคำนึงถึงและได้รับการปรับปรุงก็คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟรวมไปถึงบรรจุภัณฑ์ ฟังก์ชันการใช้งาน และวัสดุที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ

Environmental Parameter	VOC Importance Level	Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Material used	Problematic materials	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (reuse)	Noise and vibrations	Maintenance	Repairability	Fastener and joints	Time of disassembly	Rate of reuseability	Rate of recyclability
Environmentally safe	3.00						27	27	18	9		9	27	9					18	18
Free of hazardous substances	5.00	15	15	30	15		45	45	15										15	15
Light weight	3.00	27	18		9	18	27	18	27	9	18						9	9		
Durable	4.50			40.5	40.5		40.5				13.5				13.5	13.5				
Less transportation	3.50								31.3											
Energy saving	5.00		30	30	45	15	30				15	45								
Easy to use	4.50	13.5	13.5		40.5		13.5	13.5			40.5			13.5						
Easy to maintain	3.25	9.75	9.75		9.75	19.6	29.25	19.6			9.75		19.6		29.25	9.75	9.75			
Easy to repair	2.75			8.25	16.5		8.25								8.25	24.75	8.25	8.25		
Easy to recycle	5.00				15	15	45		30									15	15	45
Easy to disassembly	4.87					43.83	14.61	14.61								43.83	43.83	29.22	45	14.61
Easy to reuse	5.00			15		30	45	45												
Multifunction	2.75	8.25	8.25		24.75	8.25					16.5	8.25			6	6	16.5	16.5		
Low electromagnetic waves emission	5.00			15	15		45	45					30	15					30	30
	total score	73.50	94.50	138.75	231.0	149.68	370.11	227.71	90.0	49.30	113.25	62.25	76.60	37.50	57.0	54.0	87.33	92.58	152.22	122.61
	Relative Importance	0.032	0.041	0.061	0.101	0.065	0.162	0.100	0.035	0.022	0.050	0.027	0.034	0.016	0.025	0.024	0.038	0.041	0.068	0.054

รูปที่ 6 ผลที่ได้จากการทำ QFDE

3.3 ผลจากการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อม

(Environmental Benchmarking : EBM)

โดยจะทำการเปรียบเทียบเตาอบไมโครเวฟทั้ง 3 รุ่น ซึ่งมีขนาดความจุและฟังก์ชันการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลออกมาดังรูปที่ 7 ซึ่งการเปรียบเทียบของเตาอบไมโครเวฟทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นเกณฑ์การให้คะแนนจะอยู่ระหว่าง 1-5 โดย 1 นั้นก็คือ น้อยสุดเรียงลำดับไปจนถึง 5 คือมากที่สุด ซึ่งผลในที่นี่จะทำให้เราทราบว่าแต่ละรุ่นนั้นจะมี

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันออกไป เมื่อทำการเปรียบเทียบกับคู่แข่งแล้วทำให้เราทราบถึงจุดเด่นและจุดด้อยในผลิตภัณฑ์ของเรา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของเรา เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดและรองรับกับกฎระเบียบการค้า เนื่องจากปัจจุบันมีการประกาศบังคับใช้ กฎระเบียบต่างๆเพิ่มขึ้นเพื่อถ่วงถ่วงผลิตภัณฑ์

Model	Environmental Parameter																	
	Weight	Volume	Lifetime	Functionality	Number of part	Material used	Problematic materials	Production technology	Production waste	Type and material of packaging	Transportation	Usability	Energy Consumption	Waste (inuse)	Noise and vibrations	Maintenance	Reparability	Fastener and joints
Model 1	5	5	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	2	2	2	3
Model 2	4	4	3	3	3	3	4	3	3	5	3	4	3	3	2	2	4	3
Model 3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	2	2	2	3	4

รูปที่ 7 ผลที่ได้จากการทำ EBM

4. สรุป

จากผลการทดลองโดยใช้ทั้ง 3 วิธีดังกล่าวมาข้างต้นนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้ว่า ผลการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยใช้วิธี Eco-Indicator 99 นั้น สามารถสรุปได้ว่า รุ่น ที่ 3 มีผลกระทบโดยรวมต่อสุขภาพมากที่สุด แต่เมื่อเราได้ทำการเปรียบเทียบคู่แข่งทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้วนั้นจะทำให้เห็นว่าถึงแม้ รุ่น 3 จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ รุ่น อื่นๆ โดยใช้ตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเปรียบเทียบ จะเห็นว่าแต่ละรุ่น มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป และเมื่อเรานำความต้องการของลูกค้ามาทำการประเมินด้วยวิธี QFDE แล้ว สิ่งที่เราควรปรับปรุงก็คือ ส่วนของวัสดุที่นำมาประกอบเป็นเตาอบโครเวฟรวมถึงบรรจุภัณฑ์ การประหยัดพลังงานไฟฟ้า และ ความปลอดภัยการใช้ผลิตภัณฑ์จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของไมโครเวฟโดยใช้หลักการของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นจะทำให้เราทราบได้ว่าควรปรับปรุงตรงจุดไหนเพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เป็นที่ต้องการของตลาด และ สามารถรองรับกับกฎระเบียบข้อบังคับต่างๆ ในปัจจุบันได้แม้ปัจจุบันประเทศไทยจะยังไม่มีมาตรการหรือข้อกำหนดบังคับในการผลิตสินค้าเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน แต่จากสภาวะโลกร้อนที่ทุกคน

สัมผัสได้บวกกับมาตรการการค้าระหว่างประเทศที่เข้มงวดขึ้น จะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้ประกอบการได้หันมาใส่ใจกับแนวทาง Ecodesign กันมากขึ้น เพื่อสิ่งแวดล้อมและเพื่อชีวิตที่ยั่งยืนบนโลกใบนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vicky Loftthouse , Investigation into the role of core industrial designers in ecodesign project , Department of Design and Technology, Loughborough University ,Vol 25, No.2, P.215- 227 , March 2004
- [2] J. Jeswiet , M. Hauschild ,EcoDesign and future environmental impacts , Journal of Material and Design , Volume 26 ,P.629-634 , (2005)
- [3] E.R. Platcheck , L. Schaeffer , W. Kindlein Jr. , L.H.A. Cañdido , Journal of Cleaner Production , Volume 16, P.1526-1536 (2008)
- [4] Taeko Aoe , Eco-efficiency and ecodesign in electrical and electronic products, Journal of Cleaner Production , Volume 15, P.1406-1414 (2007)
- [5] Y.Barba-Gutierrez , B.Adenso-Diaz,S.Lozano , Eco-Efficiency of Electric and Electronic Applications : A Data Environment Analysis (DEA) ,Environ รุ่น Assess , DOI 10.1007/s10666-007-9134-2 (2004)

- [6] Wolfgang Wimmer , Rainer Zuest ,
ECODESIGN Pilot” Product Investigation, Learning
and Optimization and Tool for Sustainable Product
Development (2002)
- [7] Kun-Mo Lee , Pil-Ju Park , “ECODESIGN” Eco-
product Research Institute (ERI), Ajou University ,
Korea (2005)
- [8] Jelena B. Milojkovic , Vanco B.Litovski , ESO-
DESIGN IN ELECTRONICS – THE STATE OF ART
Optimization Framework , The University of Tokyo,
Department of Precision Machinery Engineering
- [9] Inga Gurauskiene, Visvaldas Varžinskas, Eco-
design Methodology for Electrical and Electronic
Equipment Industry , Environmental research
,engineering and management , No.3 , P.43-51 (2006)
- [10] Heejeong Yim and Christoph Hemam , Eco-Voice
of Consumer (VOC) on QFD, Third
- [11] Suiran YU, Satoru KATO ,Fumihiko KIMURA,
EcoDesign for Product Variety: A Multi-Objective
- [12] M.D. Bovea , A.Gallardo , The influence of
impact assessment methods on materials selection for
eco-design , Journal of Material and Design , Volume
27 ,P.209-215 , (2006)
- [13] Fran Kurt , Patrick Eagan, The value of adding
design-for-the-environment to pollution prevention
assistance options , Journal of Cleaner Production ,
Volume 16, P.722-726 (2008)
- [14] Derby A. Swanson , The Voice of Customer :
How can you be sure you know what customers really
want? ” The publish articles Inverse Manufacturing
Tokyo. Japan, P. 618-625 (2003), Working and Living
Environmental Protection , Vol 2, No.2, P. 87-100
(2002)InterroaUonel Sympsium on Environmentally
COnEbuS Design and