การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต

THE APPLICATION OF FUZZY QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT FOR ELECTROSTATIC HOOD DESIGN

เยาวรินทร์ รอดมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต

เยาวรินทร์ รอดมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต The Application of Fuzzy Quality Function Deployment for Electrostatic Hood Design
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวเยาวรินทร์ รอดมณี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณฐา คุปตัษเฐียร, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัฒตรา เกษราพงศ์, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, D.Eng.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.)
วันที่ 7 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวเยาวรินทร์ รอดมณี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

เครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารมักจะไม่มีระบบบำบัดอากาศ จึงส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อสลายควันจากการประกอบอาหาร โดยใช้แรงไฟฟ้าแยกอนุภาคออกจากอากาศ เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบโดยการหาความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์นำมาใช้ร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซต (FQFD) เพื่อลดความคลุมเครือจากการประเมินของลูกค้าและทีมงานพัฒนา

การดำเนินงานวิจัย ใช้แบบสอบถามในการสำรวจความต้องการจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ประกอบการร้านขายอาหาร ที่ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร จำนวน 100 ราย จากนั้นใช้ FQFD แปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรม (เฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์) และแปลงคุณลักษณะทางวิศวกรรมไปสู่คุณลักษณะของส่วนประกอบ (เฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์) โดยศึกษาจากฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญกับปัจจัยประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด ผลจาก FQFD เฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 ทำให้ได้ข้อกำหนดส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ข้อแรกคือ ขนาดพัดลม วัสดุที่ใช้ทำโครง และวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น

คำสำคัญ: การออกแบบผลิตภัณฑ์ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ทฤษฎีฟัซซีเซต
เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต

Thesis Title	The Application of Fuzzy Quality Function Deployment for Electrostatic Hood Design
Name - Surname	Miss Yaowarin Rodmanee
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Mrs. Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2012

ABSTRACT

Typically, there is no air treatment system within the outdoor-hood which is used in food store due to the fact that it would be a cause of the air pollution. For this reason, the idea to design a new innovative outdoor-hood with electrostatic system is proposed in order to discompose smoke from cooking. The principle behind electrostatic system is to separate particles into smaller molecular by high voltage. The quality function deployment (QFD) technique is used to identify the customer requirement and then the theory of fuzzy sets (FQFD) is applied consequently in order to reduce ambiguity from the customer and development team perspectives in the evaluation process.

Questionnaire is initially used to gathering the customer requirements. The sample size is 100 roadside fast-food cookers using an outdoor-hood installation. Then FQFD is applied to convert the customer requirements into engineering characteristics of the proposed product (phase1; product planning). In phase 2; product design, the engineering characteristic properties are also transposed to part characteristics of the proposed product. Membership function of triangular is investigated in this study.

The results showed that the respondent ranked electricity saving as the highest importance for electrostatic hood characteristics followed by safety and high performance on smoke detection. As a result of FQFD phase 1 and 2, the top three important priorities are fan size, material in producing frame and dust filter. Then the design of electrostatic hood was proposed corresponding with customer requirements.

Keywords: quality function deployment, fuzzy quality function deployment, electrostatic hood

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ อาจารย์บุญทัน ศรีบุญเรือง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร ดร.ชัยยะ ประณีตพลกรัง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุพัฒตรา เกษราพงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบข้อบกพร่อง ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีไร จารุภิญโญ ดร.อภินันท์ วัลภา ดร.กฤชชัย วิถีพานิช อาจารย์วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ และอาจารย์ฉลอง โสดาบัน ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และได้ให้ความรู้ในการทำวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกๆท่าน ที่ให้ความร่วมมือ เอื้อเฟื้อเวลาในการทำแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้ นอกเหนือจากนี้ขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มอบทุนสนับสนุนพัฒนาบุคลากรตลอดระยะเวลาในการศึกษาของผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาในระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จนสำเร็จการศึกษา

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เยาวรินทร์ รอดมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 เครื่องดูดควัน 5

2.2 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ 17

2.3 ทฤษฎีฟัซซีเซต 28

2.4 ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ 33

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 37

3.1 ศึกษาข้อมูลและกำหนดการกำหนดรายการความต้องการของลูกค้า 37

3.2 จัดทำแบบสอบถาม 38

3.3 สำรวจความต้องการของลูกค้าโดยใช้แบบสอบถาม 43

3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่1 43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.5 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 2 47

3.6 การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตต้นแบบ 47

4 ผลการดำเนินงาน 48

4.1 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม 48

4.2 ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 1 51

4.3ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 2 58

4.4 แนวทางในการปรับปรุงจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้ FQFD 61

5 สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 67

5.1 สรุปผลการวิจัย 67

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 68

5.3 ข้อเสนอแนะ 68

รายการอ้างอิง 70

ภาคผนวก 75

ภาคผนวก ก แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย 76

ภาคผนวก ข การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้า 82

ภาคผนวก ค การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต 90

ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 98

ประวัติผู้เขียน 126

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ระดับของกลิ่น11
3.1ระดับคะแนนความสำคัญ 41
3.2ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่าของครอนบัค (α) ของปัจจัยความต้องการของลูกค้า 42
3.3การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่าของครอนบัค 43
3.4การแปลงตัวแปรทางภาษาเป็นฟัซซีเซต 44
3.5สัญลักษณ์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของค่าเป้าหมายและความหมาย 45
3.6สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค 45
3.7 สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค 46
4.1สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่1จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม100คน 48
4.2สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่2 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม100คน 49
4.3 ผลการหาค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้า 51
4.4ข้อกำหนดทางเทคนิครวมถึงเป้าหมายและทิศทาง 52
4.5ผลการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค 55
4.6ข้อกำหนดทางเทคนิคเรียงตามค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ 57
4.7ผลการวิเคราะห์ข้อกำหนดส่วนประกอบและเป้าหมาย 59
4.8ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบ 59

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1สถิติปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ปี2550-2554 1

1.2เครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไป 2

2.1เครื่องดูดควันระบบดูดควันภายนอก 6

2.2 เครื่องดูดควันระบบหมุนเวียนภายใน 6

2.3 หลักการทำงานระบบกรองอากาศ 7

2.4 เครื่องดูดควันแบบใช้ภายนอกอาคาร 8

2.5centrifugal fan 9

2.6axial fan 9

2.7ประเภทของตัวกรองไขมัน 11

2.8 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกรองไขมัน 3 ประเภท 12

2.9ขั้นตอนการใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคและการเก็บอนุภาคที่มีประจุ 14

2.10QFDแบบ4ระดับ 19

2.11เฟสที่1การออกแบบผลิตภัณฑ์ 20

2.12ขั้นตอนการทำQFD 23

2.13เฟสที่2การออกแบบผลิตภัณฑ์ 25

2.14เฟสที่3การวางแผนการผลิต 26

2.15เฟสที่4การวางแผนปฏิบัติการผลิต 27

2.16ตรรกะแบบจริงเท็จกับตรรกะแบบฟัซซี 28

2.17ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม 30

2.18ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบคางหมู 31

2.19ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ 32

2.20ตัวแปรทางภาษา 33

2.21ขั้นตอนการทำFQFD 33

3.1ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 37

3.2 แผนผังต้นไม้แสดงความต้องการของลูกค้า 38

3.3 ขั้นตอนการจัดทำแบบสอบถาม 39

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.4ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม 44

4.1ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค 54

4.2ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่1 56

4.3การวิเคราะห์พาเรโตของข้อกำหนดทางเทคนิค 58

4.4การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่2 61

4.5เครื่องดูดควันก่อนการปรับปรุง 62

4.6ส่วนประกอบภายในหลังการปรับปรุง 63

4.7ภายนอกเครื่องดูดควันหลังการปรับปรุง 63

4.8ภายในเครื่องดูดควันหลังการปรับปรุง 64

4.9ตะแกรงดักจับไขมัน 64

4.10ตะแกรงถ่าน 65

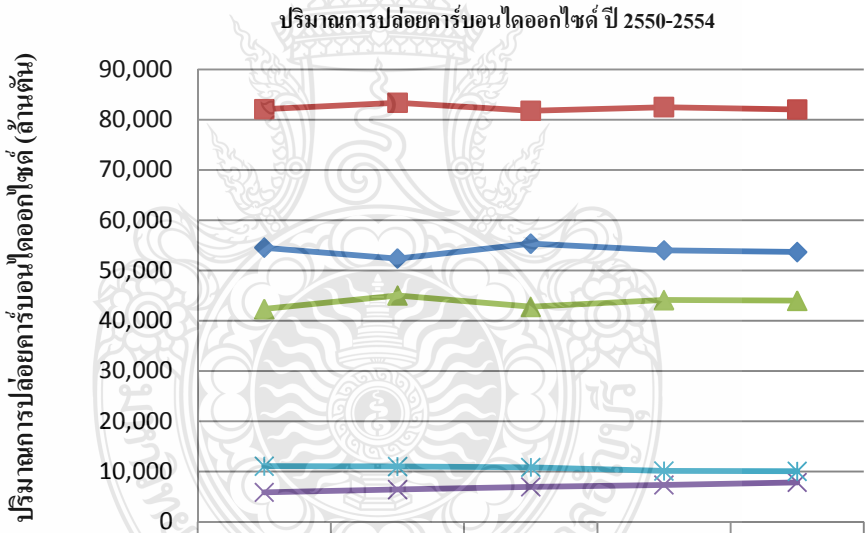
4.11 ตะแกรงไฟฟ้าสถิต 65

4.12พัดลมระบายอากาศ 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สังคมที่เร่งรีบในปัจจุบันทำให้คนส่วนใหญ่หันมาให้ความนิยมซื้อความสะดวกในเรื่องอาหารการกินด้วยการซื้ออาหารจากร้านขายอาหาร จึงทำให้จำนวนร้านขายอาหารมีมากขึ้นตามความต้องการของผู้ซื้อ ในการประกอบอาหารแต่ละครั้งผลที่ได้นอกจากอาหารแล้วยังมีละอองไขมัน ฝุ่นละออง และก๊าซพิษต่างๆ ซึ่งรวมแล้วถือว่าเป็นมลพิษทางอากาศทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งควันนั้นก็คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากสถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย ดังภาพที่ 1.1



	2550	2551	2552	2553	2554
การขนส่ง	54,554	52,380	55,342	54,015	53,675
ไฟฟ้า	82,087	83,370	81,797	82,517	82,033
อุตสาหกรรมการผลิต	42,318	45,023	42,786	44,108	43,965
บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	5,849	6,389	6,916	7,324	7,811
อื่นๆ(รวมเกษตรกรรม ก่อสร้างและเหมืองแร่)	11,039	10,984	10,816	10,095	10,024

ภาพที่ 1.1 สถิติปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ปี 2550-2554 [1]

จะเห็นได้ว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 490 ล้านตัน การเผาไหม้ที่เกิดจากการประกอบอาหารจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออก ไซด์ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จากงานวิจัยของ Deborah Gross Ph,d (2010) [2] ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากการประกอบอาหาร พบว่าอาหารที่ปล่อยควันออกมามากที่สุดนั่นคืออาหารที่มีไขมันสูงที่ประกอบอาหารด้วยวิธีการใช้ความร้อนสูงโดยเฉพาะการใช้เตาแก๊ส ในการทำแฮมเบอร์เกอร์ทุก 1,000 ปอนด์จะมีควันและอนุภาคอื่นออกมา 25 ปอนด์ หากใช้น้ำมันในการประกอบอาหารจะยิ่งทำให้เพิ่มควันที่ออกมาด้วย โดยไก่ทุกๆ 1,000 ปอนด์ที่ปรุงด้วยน้ำมันพืนัทนั้นจะปล่อยควันออกมาถึง 45 ปอนด์ ควันเหล่านี้นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ

แต่ยังประกอบด้วยสารก่อมะเร็งที่ชื่อคาร์ซิโนเจนอีกด้วย

เครื่องดูดควันจึงเป็นที่นิยมใช้กัน เนื่องจากสามารถดูดควันและช่วยลดการสูดดมควันจากการประกอบอาหาร จากการศึกษาพบว่าเครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไปไม่มีระบบบำบัดอากาศ ซึ่งมลภาวะจากการประกอบอาหารก็เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหามลภาวะทางอากาศ ดังภาพที่ 1.2

ภาพที่ 1.2 เครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไป

จากงานวิจัยของวาทิต จิตรชอบค้า และคณะ (2553) [3] ที่ได้สร้างเครื่องดักจับควันเพื่อลดมลพิษทางอากาศจากการประกอบอาหาร โดยอาศัยหลักการของไฟฟ้าสถิตสามารถลดควันได้ 77% ซึ่งยังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาโดยหาแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ปัญหาหลักที่เหมือนกันทั่วไปคือ ลูกค้ามีความต้องการต่างๆกัน และความต้องการนี้จะต้องได้รับการตอบสนองโดยวิศวกรรมออกแบบ ซึ่งต้องทำการตัดสินใจทางเทคนิคเป็นจำนวนมาก ในทางปฏิบัติวิศวกรออกแบบไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้หมด เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลา เงินทุนและทรัพยากรด้านอื่นๆ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (quality function deployment: QFD) [4] เป็นเทคนิคที่วิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าโดยการสำรวจความต้องการ และเรียงลำดับความสำคัญของคุณลักษณะทางวิศวกรรมในการพิจารณาออกแบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมาจากประสบการณ์ และความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาในเชิงคุณภาพ คือเป็นตัวแปรเชิงภาษา เช่น สำคัญมาก หรือสำคัญปานกลาง จากนั้นจึงเปลี่ยนแปรเชิงภาษาให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณ คือในรูปตัวเลข (crisp number) นักวิจัย [5,6] ให้ความเห็นว่าเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมนัก เนื่องจากความรู้สึกนึกคิดของคนเราเมื่อแปลงเป็นตัวเลขแล้วอาจไม่เท่ากัน เช่น ความสำคัญปาน กลางบางคนอาจให้ 3 คะแนน แต่บางคนอาจให้ 3.5 คะแนน เมื่อคะแนนเต็มคือ 5 คะแนน [5] ผู้วิจัยจึงได้ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต (fuzzy set theory) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนทางภาษาหรือข้อมูลที่ไม่แน่นอน เพื่อเปลี่ยนเป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์ [7] โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่มีความไม่ชัดเจน เพื่อช่วยให้สามารถออกแบบและตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตได้ดีที่สุด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต เทคนิคร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ เพื่อหาแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาเครื่องดูดควันที่ใช้ภายนอกอาคารใช้กับเตาแก๊ส 1 หัวเตา

1.3.2 ทำการศึกษาขั้นตอนของเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฉพาะเฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์และเฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบแนวทางในการพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซต ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

1.4.2 ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานลักษณะอื่นๆ หรืองานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้อ้างอิงเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัยคือ เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ทฤษฎีฟัซซีเซตและทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ซึ่งเนื้อหาจะแบ่งออกเป็น

2.1 เครื่องดูดควัน

2.2 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

2.3 ทฤษฎีฟัซซีเซต

2.4 ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องดูดควัน

คือเครื่องที่ใช้สำหรับขบวนการระบายอากาศโดยการจัดการกระจายของความร้อนหรืออากาศที่สกปรก ซึ่งจะถูกส่งไปยังระบบท่อ (ductrork) เพื่อนำไปสู่เครื่องมือควบคุมกำจัดอากาศเสีย (air polltuion control equipment) [8]

ถ้าแบ่งตามสถานที่ติดตั้งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ แบบติดตั้งภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

2.1.1 แบบติดตั้งภายในอาคาร แบ่งได้ 2 แบบคือ

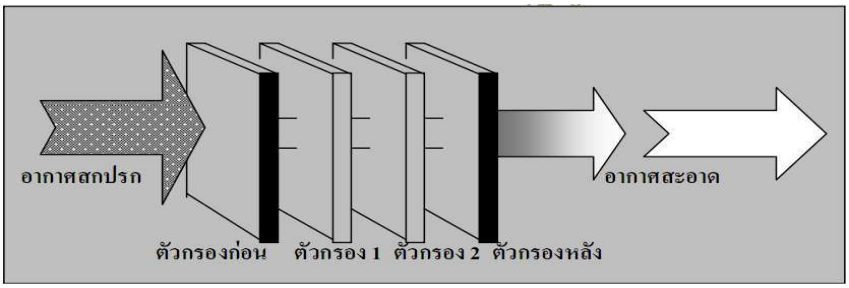
1) แบบระบบดูดควันภายนอก เป็นระบบที่มีการต่อท่อเพื่อดูดเอากลิ่น และควันต่างๆ ออกสู่ภายนอก โดยพัดลมที่ติดตั้งอยู่ที่ตัวเครื่อง จะทำหน้าที่ดูดกลิ่น ควันและไอน้ำมันต่างๆ ออกทางท่อที่ต่ออยู่ทางด้านบนหรือด้านหลังของเครื่อง เพื่อนำออกสู่ภายนอก ดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 เครื่องดูดควันระบบดูดควันภายนอก

2) แบบระบบหมุนเวียนภายใน เป็นระบบที่ไม่มีการต่อท่อ เพื่อดูดควันเอากลิ่นและควันต่างๆ ออกสู่ภายนอก แต่จะมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อดูดซับกลิ่น ควันและไอน้ำมันต่างๆ โดยอุปกรณ์เพิ่มเติมดังกล่าวจะทำจากวัสดุ จำพวกถ่านกัมมันต์ (activated charcoal filter) ซึ่งจะดูดซับกลิ่น ควัน และเขม่าต่างๆ ได้ดี โดยจะทำการติดตั้งไว้ตรงด้านล่าง ใกล้กับตัวพัดลมที่ทำหน้าที่ดูดควัน [9] ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 เครื่องดูดควันระบบหมุนเวียนภายใน

ซึ่งโดยทั่วไประบบการกรองอากาศในเครื่องดูดควันระบบหมุนเวียนภายใน ใช้หลักการเดียวกับระบบกรองอากาศ ซึ่งมีหลักการคือ ในการทำอากาศให้สะอาดต้องอาศัยระบบการกรองอากาศ ซึ่งมีหลักการคือ อากาศที่ปนเปื้อน (contaminate air) ถูกดูดผ่านตัวกรอง (filter) ที่เหมาะสมโดยการหมุนของใบพัดของพัดลมทำให้เกิดความดันต่ำ (negative pressure) อากาศหลังจากผ่านตัวกรองจึงเป็นอากาศที่สะอาด เพราะอนุภาคต่างๆถูกกักไว้ในตัวกรอง มีหลักการดังภาพที่ 2.3



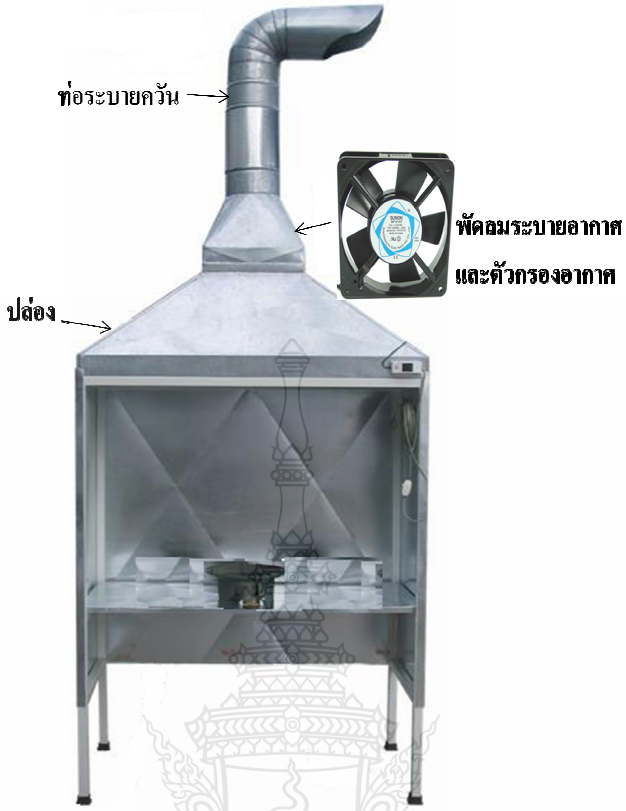
ภาพที่ 2.3 หลักการทำงานระบบกรองอากาศ [10]

2.1.2 เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร

จะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับเครื่องดูดควันติดตั้งภายในอาคาร แบบระบบดูดควันภายนอก

งานวิจัยนี้จะทำการออกแบบเครื่องดูดควันชนิดที่ติดตั้งภายนอกอาคาร เพื่อลดมลพิษทางอากาศจากการประกอบอาหาร โดยอาศัยหลักการของระบบการกรอง และเครื่องดูดควันแบบระบบหมุนเวียนภายใน

เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร นั้นมีทั้งแบบสั่งทำ และแบบสำเร็จ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1 หัวเตาเป็นต้นไป มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เครื่องดูดควันแบบใช้ภายนอกอาคาร [11]

2.1.3 ปล่องดูดควันและท่อระบายควัน

ทำหน้าที่บังคับให้ควันไม่ฟุ้งกระจาย รูปแบบโดยมากจะเป็นทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ทำจากวัสดุทนต่อการกัดกร่อน และทำความสะอาดง่าย วัสดุที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ สังกะสี และสเตนเลส ได้เลือกใช้สเตนเลสในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เนื่องมาจาก

1) สังกะสี มีสีเงิน แต่สีจะหมองคล้ำเมื่อถูกกับอากาศ เพราะเกิดเป็นออกไซด์เคลือบบางๆ ที่ผิว เป็นโลหะที่ค่อนข้างอ่อน เปราะ ไวต่อปฏิกิริยา จะทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนอย่างช้า ทำให้เกิดสนิม [12]

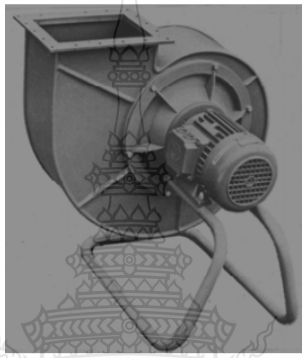
2) สเตนเลส เป็นวัสดุที่ทนทานต่อสนิม การกัดกร่อนจากสารเคมี ไม่จับคราบน้ำมัน ทำให้ทำความสะอาดง่าย จึงเหมาะมากกับชุดครัวและเครื่องดูดควัน [13]

2.1.4 พัดลมระบายอากาศ

คืออุปกรณ์ที่นำอากาศร้อน หรือสารปนเปื้อนออกจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน และนำอากาศที่เย็นกว่าหรือสะอาดกว่าเข้ามาแทนที่ พัดลมในระบบระบายอากาศเฉพาะที่ จะมีหน้าที่สร้างแรงดูด

ในระบบ ซึ่งต้องมากพอที่จะดึงอากาศปนเปื้อนออกไปได้ ถ้าพัดลมที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไปอัตราการไหลของอากาศที่ถูกพัดลมดูดผ่านก็จะน้อย ซึ่งส่งผลให้แรงดูดที่ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ [14] พัดลมประกอบด้วยมอเตอร์และใบพัด (impeller) นิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือ [10]

1) centrifugal fan มีข้อดีตรงที่หมุนเร็วมาก สามารถสร้างความดันต่ำได้มาก แต่ดูดอากาศเข้าไปน้อยกว่า มีเสียงดังน้อยกว่า สามารถป้องกันน้ำ และป้องกันการติดไฟได้ แต่มีข้อเสียตรงที่มีราคาแพง ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 centrifugal fan [10]

2) axial fan ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่าแบบแรก กินกระแสไฟน้อยกว่ามีราคาถูก แต่มีข้อเสียคือมีความปลอดภัยในด้านการป้องกันการติดไฟน้อยกว่า จึงได้เลือกใช้ axial fan ในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 axial fan [10]

2.1.5 มอเตอร์พัดลมระบายอากาศ

มอเตอร์พัดลมระบายอากาศจะมาพร้อมพัดลมระบายอากาศโดยจะติดอยู่ข้างหลังพัดลมระบายอากาศ เป็นตัวทำให้พัดลมระบายอากาศหมุนทำให้เกิดแรงลม ซึ่งปริมาณแรงลมที่ดูดอากาศออกไปนี้เรียกว่ากำลังดูดอากาศ โดยความเร็วมอเตอร์ยิ่งมากจะทำให้ประสิทธิภาคในการดักจับอนุภาคน้อยลง โดยความเร็วมอเตอร์ที่ดีที่สุดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 350 rpm [3]

2.1.6 ตัวกรองกลิ่น

สารดูดติดผิวหรือสารดูดซับ (absorbent) คือสารที่มีอำนาจดูดโมเลกุลต่างๆมาติดผิวได้ แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ประเภทสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียว แมกนีเซียมออกไซด์ ฯลฯ สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่สารสังเคราะห์อาจมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก แต่มีข้อเสียคือ สามารถจับโมเลกุลได้ไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์มีข้อจำกัดมาก

2) ถ่านกัมมันต์ หรือแอคติเวทเต็ดคาร์บอน (activated carbon) สารดูดติดผิวชนิดนี้อาจจัดว่าเป็นสารอนินทร์สังเคราะห์ เป็นสารดูดติดผิวที่ดีกว่าสารอนินทรีย์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 600-1000 ตารางเมตรต่อกรัม จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ อาทิเช่น ใช้ในการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่ว จึงได้เลือกใช้ถ่านกัมมันต์ในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต [15]

3) ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน สารเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม มักเป็นสารที่มีราคาถูก เช่น เกลือแกง [16]

ในการวัดค่าของกลิ่นจะใช้วิธีการหาค่าความเข้มของกลิ่นด้วยวิธีการดมกลิ่น ค่าคะแนนความเข้มของกลิ่นแบ่งเป็น 6 ระดับ ซึ่งระดับความเข้มของกลิ่นที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตคือ ค่าความเข้มของกลิ่นเท่ากับ 2 ดังตารางที่ 2.1

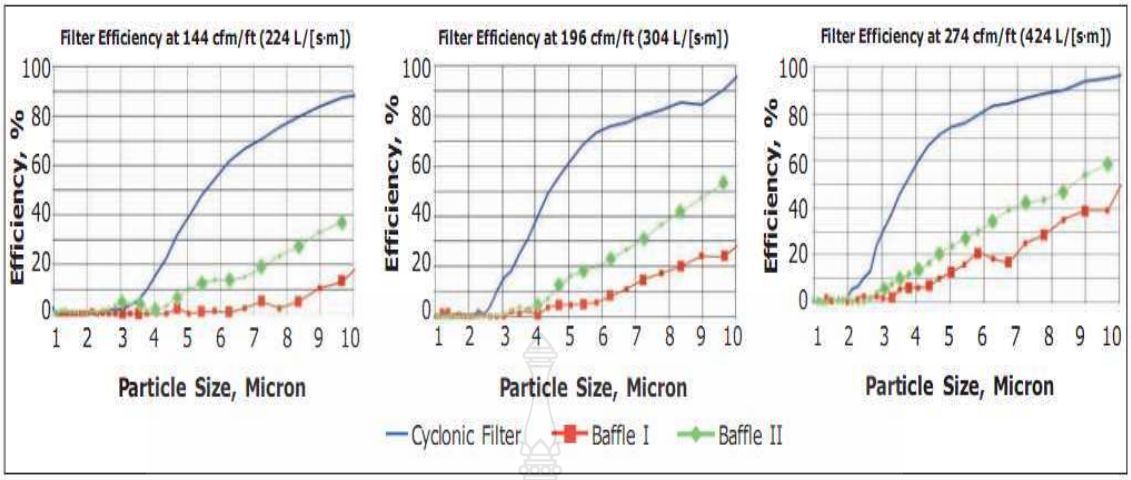
ตารางที่ 2.1 ระดับของกลิ่น [17]

คะแนน	ความหมาย	ความรู้สึก
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	มีกลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบ กลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจาง	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจางมาก ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ ระดับกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจเกิดปัญหารบกวนในชุมชนที่อาศัย
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือนร้อนรำคาญเรื่องกลิ่น
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

2.1.7 ตัวกรองไขมัน

ทำหน้าที่ดักไขมันที่มากับควันที่เกิดจากการประกอบอาหาร เป็นส่วนที่ต้องหมั่นทำความสะอาดและบำรุงรักษา วัสดุที่นำมาใช้กรองมี 3 ชนิดคือ cyclonic filter, generic baffle filter และ top-relate baffle filter ดังภาพที่ 2.7 ประสิทธิภาพการดักไอน้ำมันที่มีความแตกต่างกันคือ cyclonic filter มีประสิทธิภาพในการดักไขมันมากที่สุด เท่ากับ 70% [18] จึงได้เลือกใช้ cyclonic filter ในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต แสดงดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.7 ประเภทของตัวกรองไขมัน A คือ cyclonic filter, B คือ generic baffle filter และ C คือ top-relate baffle filter [18]



ภาพที่ 2.8 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกรองไขมัน 3 ประเภท [18]

2.1.8 ตัวกรองไฟฟ้าสถิต

ใช้หลักการของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator ;ESP) เรียกสั้นๆว่า ESP เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง (99.9%) รวมทั้งอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก จึงได้มีการนำหลักการนี้ไปออกแบบเครื่องดักควัน พบว่าปริมาณควันลดลง 77% [3] นำไปดักควันจากเตาเผาชีวมวล ทำให้มีปริมาณควันลดลง 73.50% [19] เป็นต้น

2.1.8.1 ประเภทของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต [20]

เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตสามารถแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้จำแนก

1) บริเวณหรือพื้นที่ซึ่งเกิดขั้นตอนของการใส่ประจุและเก็บอนุภาค สามารถจำแนก ESP ได้เป็น 2 ประเภท

ESP แบบตอนเดียว (single stage ESP) เป็น ESP ที่มีขั้นตอนของการใส่ประจุให้กับอนุภาค และขั้นตอนการเก็บอนุภาคที่มีประจุอยู่ในบริเวณเดียวกันหรืออยู่ในหน่วยเดียวกัน

ESP แบบสองตอน (two stage ESP) เป็น ESP ที่มีการแยกขั้นตอนของการใส่ประจุให้กับอนุภาค และขั้นตอนของการเก็บอนุภาคที่มีประจุออกจากกันหรืออยู่คนละส่วน ซึ่งมักถูกออกแบบให้เป็นระบบเปียก

2) หากใช้การแยกอนุภาคจากผิวของขั้วเก็บเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งประเภทของ ESP ได้เป็น 2 ประเภท

ESP แบบแห้ง (dry ESP) เป็น ESP ซึ่งทำให้อนุภาคหลุดจากขั้วเก็บโดยวิธีการเคาะหรือสั่น

ESP แบบเปียก (wet ESP) เป็น ESP ซึ่งทำให้อนุภาคหลุดจากขั้วเก็บโดยการให้น้ำชะล้าง

3) หากกล่าวเฉพาะ ESP แบบตอนเดียว สามารถแบ่งตามระบบในการแยกอนุภาคจากผิวของขั้วเก็บและรูปทรงของขั้วเก็บได้ 4 ประเภท คือ

ESP แบบแห้งขั้วปล่อยเป็นลวด และขั้วเก็บเป็นแผ่น

ESP แบบแห้งขั้วปล่อยเป็นลวด และขั้วเก็บเป็นท่อ

ESP แบบเปียกขั้วปล่อยเป็นลวด และขั้วเก็บเป็นแผ่น

ESP แบบเปียกขั้วปล่อยเป็นลวด และขั้วเก็บเป็นท่อ

2.1.8.2 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตประกอบด้วย อุปกรณ์และการกำหนดค่าทางไฟฟ้าดังนี้

1) ขั้วปล่อยประจุ (discharge or corona electrode) ซึ่งทำจากวัสดุที่มีหน้าตัดเล็กๆเช่น เส้นลวด ซึ่งโดยปกติขั้วปล่อยประจุนี้จะเป็นขั้ว-ลบ พานิช อินต๊ะ (2552) [21] ได้กล่าวว่าประสิทธิภาพของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตจะขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามไฟฟ้า ถ้าความเข้มสนามไฟฟ้ามากประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคก็จะมากขึ้นด้วย ดังนั้นวัตถุปลายแหลซึ่งทำให้เกิดความเข้มของสนามไฟฟ้าจะต้องมีจำนวนมาก

2) ขั้วเก็บ (collection electrode)

ชญาศักดิ์ รัตนโชติ (2551) [22] กล่าวว่าระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้วมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต โดยได้ให้เหตุผลว่า การเพิ่มระยะห่างระหว่างขั้วในเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตที่เพิ่มขึ้น จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาค ซึ่งในงานวิจัยของชญาศักดิ์ รัตนโชติ ได้กำหนดให้ระยะห่างระหว่างขั้วมีค่าเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด 65.39%

3) ฉนวนตัวกรองไฟฟ้าสถิต เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหลออกจากตะแกรงไฟฟ้า เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บอนุภาคให้มากขึ้น วัสดุที่ใช้เป็นฉนวน เช่น แก้ว กระดาษ หรือเทฟลอน มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ว่าจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าค่อนต่ำ แต่ก็ถือว่า "ดีพอ" ที่จะใช้เป็นฉนวน แต่มีคุณสมบัติติดไฟง่าย ไม่กันชื้น วัสดุจำพวกโพลิเมอร์บางอย่างที่คล้ายกับยาง และพลาสติก ซึ่งสามารถใช้เป็นฉนวนกับระบบแรงดันต่ำถึงแรงดันปานกลาง (ประมาณหลักร้อยถึงหลักพันโวลต์) [23] โดยเฉพาะ bakelite เป็นพลาสติกเทอร์โมเซตติ้งฟีนอลิค ทน

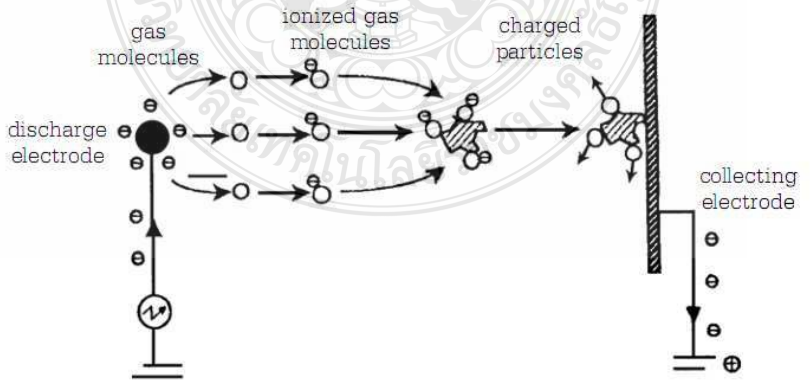
ความร้อนในสภาวะปกติประมาณ 160 - 180 องศาฟาเรนไฮต์ หากผสมวัตถุทนความร้อนบางชนิดจะสามารถทนความร้อนได้ถึง 400 องศาฟาเรนไฮต์ ฟีนอลิคเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ติดไฟได้แต่ช้าและดับเองจึงมักนิยมใช้ทำมือจับสำหรับอุปกรณ์สำหรับเครื่องครัว อุปกรณ์ไฟฟ้า ฝาครอบจานจ่าย รถยนต์ ถาดบรรจุสารเคมี ตู้ทีวี ที่รองนั่งโถส้วม [24]

4) ค่าความต่างศักย์ คือพลังงานที่ทำให้ขั้วปล่อยประจุปล่อยประจุให้กับอนุภาคที่ลอยเข้ามาภายในเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต จากงานวิจัยของนฤบดี ศรีสังข์ (2549) [25] พบว่าความต่างศักย์มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการกักเก็บอนุภาค การใช้พลังงานไฟฟ้า และระยะเวลาการใช้งานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต โดยค่าความต่างศักย์ที่ทำให้ประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคมีค่ามากที่สุดคือ 90% มีค่าเท่ากับ 12.3 kv

2.1.8.3 หลักการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต [20]

ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนได้แก่ การใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาค การเก็บอนุภาคที่มีประจุโดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตจากสนามไฟฟ้า และการแยกอนุภาคออกจากผิวของขั้วเก็บ

1) ในการใส่ประจุให้กับอนุภาค ทำได้โดยการใช้ขั้วปล่อยประจุหรือขั้วไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีค่าความต่างศักย์สูงๆ ทำให้โมเลกุลของกระแสอากาศที่อยู่รอบๆ เกิดการแตกตัวเป็นอิออน และถูกอิเล็คตรอนหรือประจุลบปล่อยออกจากขั้วไฟฟ้าไปกระทบหรือชนทำให้โมเลกุลของอากาศกลายเป็นอิออนลบบริเวณขั้วปล่อยประจุนี้จะเกิดปรากฏการณ์เห็นเป็นแสงสีน้ำเงินส่องสว่างบริเวณรอบๆที่เรียกว่าโคโรนา (corona) เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่เข้ามาสนามไฟฟ้าจะถูกอิออนลบของโมเลกุลของอากาศจำนวนมากชน ทำให้อนุภาคมีประจุเป็นลบ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ขั้นตอนการใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคและการเก็บอนุภาคที่มีประจุ [20]

2) การเก็บอนุภาคที่มีประจุโดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตจากสนามไฟฟ้า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากอนุภาคมีประจุเป็นลบ แล้วเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในสนามไฟฟ้า จะถูกเหนี่ยวนำให้เคลื่อนที่เข้าหาขั้วเก็บที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และเกาะติดอยู่กับขั้วเก็บ ความเร็วที่อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาขั้วเก็บนี้เรียกว่า migration velocity ซึ่งขึ้นกับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่ออนุภาคและแรงลาก (drag force) ที่เกิดขึ้นในขณะที่อนุภาคเคลื่อนท่าปยังขั้วเก็บ นอกจากนี้ เมื่ออนุภาคเกาะติดกับขั้วเก็บแล้วจะค่อยๆถ่ายเทประจุเข้าสู่ขั้วเก็บ ทำให้แรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคกับขั้วเก็บลดลง อย่างไรก็ตาม การที่อนุภาคจะหลุดจากขั้วเก็บ หรือเกิดการฟุ้งกลับ (reentrainment) ของอนุภาคทีเกิดจากการไหลของกระแสอากาศจะค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีการทับถมหรือเกิดการสะสมของอนุภาคที่มีประจุบนขั้วเก็บหรือกล่าวได้ว่า ขณะที่อนุภาคที่ยึดเกาะเสียประจุไปเกือบหมดอนุภาคใหม่ที่อยู่ด้านนอกของชั้นอนุภาคที่เข้ามายึดเกาะชั้นอนุภาคนั้นยังคงมีประจุไฟฟ้าอยู่ เนื่องจากไม่อาจถ่ายเทประจุผ่านชั้นของอนุภาคเก่าที่สะสมอยู่ได้ทันที รวมทั้งในการยึดเกาะจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่เรียกว่า แรง adhesive และแรง cohesive ช่วยในการยึดอนุภาคทั้งหมดให้อยู่กับขั้วเก็บ

3) ในการแยกอนุภาคที่ผิวของขั้วเก็บ ภายหลังจากเกิดการสะสมของอนุภาคที่ขั้วเก็บ อนุภาคจะถูกทำให้หลุดออกจากขั้วเก็บโดยวิธีการเคาะ (rap) หรือการสั่น (vibration) ขั้วเก็บให้อนุภาคหลุดออกและตกลงโดยแรงโน้มถ่วงของโลกสู่ถังพักอนุภาคด้านล่างก่อนถูกนำไปกำจัดต่อไป โดยจะเรียก ESP ซึ่งมีระบบการแยกอนุภาคแบบนี้ว่า ESP แบบแห้ง (dry ESP) การทำให้อนุภาคหลุดจากขั้วเก็บอาจใช้น้ำในการชะล้างเรียกว่า ESP แบบเปียก (wet ESP)

2.1.10 การบำรุงรักษาเครื่องดูดควัน

การทำความสะอาดภายนอกของเครื่องดูดควันทำได้โดยใช้ผ้าชุบแอลกอฮอล์หรือน้ำยาที่มีสภาพเป็นกลางมาเช็ดทำความสะอาด ห้ามใช้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารกัดกร่อนใดๆมาทำความสะอาด เพราะจะทำให้ตัวเครื่องหมอง หรือเกิดรอยด่างได้

1) ตัวกรองไขมัน ตัวกรองนี้สามารถใช้ได้ตลอดไปไม่มีการหมดอายุ แต่ต้องมีการล้างทำความสะอาดด้วยมือหรือด้วยเครื่องล้างจาน โดยใช้น้ำยาทำความสะอาดที่เหมาะสม และล้างที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้คราบน้ำมันที่จับอยู่หลุดออกง่าย ควรทำความสะอาดตัวกรองไขมันอย่างน้อยเดือนละครั้ง หลังทำความสะอาดเรียบร้อยควรเช็ดให้แห้งหรือตากแดดให้แห้งสนิทก่อนใส่กลับที่เดิม

2) ตัวกรองกลิ่น ไม่สามารถล้างทำความสะอาดได้ เพราะจะทำให้อุปกรณ์สำหรับดูดกลิ่นเสื่อมคุณภาพ การทำความสะอาดสามารถทำได้โดยเคาะให้สิ่งที่อุดตันหลุดออกมาแล้วนำไปตากแดด จะทำให้ยืดอายุการใช้งานมากขึ้น แต่ควรเปลี่ยนทุกๆ 4 เดือน [26]

3) ตัวกรองไฟฟ้าสถิต ตัวกรองนี้สามารถใช้ได้ตลอดไป โดยทำการแยกอนุภาคออกจากขั้วเก็บด้วยวิธีการเคาะหรือสั่น เพื่อให้อนุภาคนั้นหลุดออกมา [20]

2.1.11 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องดูดควันสำหรับหุงต้ม เฉพาะด้านความปลอดภัย [27] ที่มีความสำคัญต่อการวิจัย

1) ขอบข่าย

มาตรฐานอุตสากรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการด้านความปลอดภัยของเครื่องดูดควันสำหรับเตาหุงต้ม (range hood) ที่ติดตั้งเหนือเตาหุงต้มในครัวเรือนและเตาอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 250 โวลต์

2) บทนิยาม

หมายถึงเครื่องใช้ทำงานด้วยมอเตอร์ที่เจตนาให้ใช้รวบรวมอากาศที่ปนเปื้อนเหนือเตาหุงต้มขณะทำอาหาร

3) ข้อกำหนดทั่วไป

เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องใช้งานตามปกติได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เป็นต้นเหตุของอันตรายต่อคนหรือบริเวณล้อมรอบ แม้ในกรณีที่ขาดความระมัดระวังในการใช้งานตามปกติ

4) การป้องกันการเข้าถึงส่วนที่มีไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องสร้างและห่อหุ้มเพื่อให้มีการป้องกันอย่างเพียงพอต่อการสัมผัสโดยบังเอิญกับส่วนที่มีไฟฟ้า

5) ความทนทานต่อความชื้น

ก. เปลือกหุ้มของเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องมีระดับชั้นการป้องกันความชื้นตามประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ

ข. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ของเหลวอาจหกรดได้ในการใช้งานตามปกติ ต้องสร้างให้การหกของของเหลวไม่มีผลกระทบต่อฉนวนทางไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น

ค. เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องทนภาวะชื้นซึ่งอาจเกิดขึ้นในการใช้งานตามปกติ

6) เสถียรภาพและอันตรายทางกล

ก. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีเจตนาให้ใช้งานบนพื้นราบ อย่างเช่น บนพื้นหรือบน โต๊ะต้องมีเสถียรภาพพอ

ข. ส่วนที่เคลื่อนที่ได้ของเครื่องใช้ไฟฟ้า ต้องอยู่ในตำแหน่งหรือมีสิ่งปิดหุ้มที่เหมาะสมกับสมบัติการใช้งานและการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ใช้ในการใช้งานตามปกติ

7) ความแข็งแรงทางกล

ก. เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องมีความแข็งแรงทางกลเพียงพอ และต้องทนต่อการขนย้าย

ข. ส่วนที่แตะต้องถึงของฉนวนต้นต้องมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการทิ่มแทงหรือบาดโดยสิ่งมีคม

8) การสร้าง

ก. เครื่องดูดควันซึ่งมีช่องกั้นที่เข้าถึงได้ในระหว่างการบำรุงรักษาโดยผู้ใช้การต่อทางไฟฟ้า ต้องจัดวางในลักษณะที่จะไม่ถูกดึงในระหว่างทำความสะอาด

ข. ต้องสร้างเครื่องดูดควันให้ยึดติดกับผนังหรือที่รองรับอื่นอย่างมั่นคง อุปกรณ์ยึดหรือส่วนที่คล้ายกันจะต้องเป็นโลหะที่ไม่เกิดการคราดหรือเสียรูป

ค. ต้องสร้างเครื่องดูดควันให้สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนไขมันที่เข้าไปสะสมได้ง่าย

9) ความต้านทานการเป็นสนิม

ส่วนที่เป็นเหล็กซึ่งเมื่อเป็นสนิมแล้ว อาจเป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้ามีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ ต้องมีการป้องกันการเป็นสนิมอย่างเพียงพอ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตเพื่อเพิ่มมูลค่า และข้อได้เปรียบทางการตลาดให้กับสินค้า งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซตในการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.2 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (quality function deployment :QFD)

ในช่วงปลาย ค.ศ. 1960 Dr.Yoji Akao แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ได้พัฒนาวิธีการ หรือ แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดเกี่ยวกับการบริหารคุณภาพโดยรวม (total quality management :TQM) ซึ่งแนวคิดนี้จะมีการแปลงความต้องการที่ได้จากเสียงเรียกร้องของลูกค้า (voice of customer) ไปเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ ทั้งในด้านการวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรมและการผลิต รวมทั้งด้านการตลาดและการจัดจำหน่ายเข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ความต้องการและความจำเป็นของลูกค้าถูกเข้าใจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ช่วงเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สั้นลง ทำให้สามารถนำ

ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้รวดเร็วขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับองค์กรได้อีกด้วย นำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกที่อู่ต่อเรือของบริษัทมิตซูบิชิ ประเทศญี่ปุ่น [28] เมื่อปี ค.ศ. 1972 หลังจากนั้นบริษัทโตโยต้านำมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้จนกระทั่งแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั่วญี่ปุ่น สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา QFD เริ่มต้นขึ้นประมาณ ค.ศ. 1984 โดยบริษัทฟอร์ดมอเตอร์ ซึ่งต่อมาได้จัดตั้ง Ford supplier institute ขึ้นเพื่อพัฒนาคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิตโดยผู้ผลิตชิ้นส่วนให้แก่ฟอร์ด ต่อมาสถาบันดังกล่าวได้กลายเป็นองค์กรไม่แสวงกำไรชื่อสถาบัน American supplier institute (ASI) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้การฝึกอบรมและให้คำปรึกษาด้าน QFD และเป็นสถาบันที่มีบทบาทอย่างสูงในการทำให้ QFD เป็นที่นิยมในประเทศสหรัฐอเมริกา สถาบันนี้ได้ให้คำจำกัดความของ QFD ว่าเป็นระบบการถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายที่เหมาะสมกับองค์กรในทุกๆกระบวนการ ตั้งแต่ขั้นตอนของการเริ่มต้นวิจัยผลิตภัณฑ์ ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การผลิต การติดตั้ง การตลาด ไปจนถึงการขายและการบริการ [4]

ในประเทศไทย ได้มีการนำ QFD มาใช้ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมานี้ โดยบริษัทผลิตอิฐทนไฟในเครือซีเมนต์ไทย ซึ่งมีความพยายามที่จะตอบสนองความต้องการอันหลากหลายของลูกค้า สำหรับบริษัทอื่นๆนอกจากเครือซีเมนต์ไทยแล้ว วิธีนี้ยังไม่ค่อยแพร่หลายมากนัก เนื่องจากส่วนใหญ่มักจะเข้าใจว่าวิธีนี้เหมาะสำหรับออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เท่านั้น [4]

2.2.1 รูปแบบของ QFD

โดยทั่วไปแล้ววิธีการทำ QFD จะไม่มีรูปแบบที่ตายตัว และในบริษัทต่างๆจะนำ QFD มาประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการนำมาใช้ ตามความจำเป็นและตามความเหมาะสมของแต่ละกรณี ถึงแม้วิธีการทำ QFD จะไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว แต่ก็พอจะแบ่งวิธีการทำ QFD ได้เป็น 3 แบบ [29]

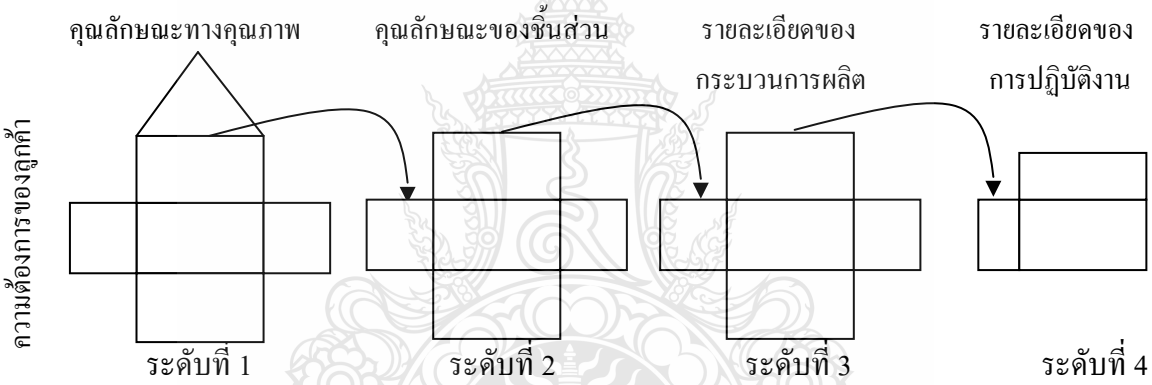
1) แบบ 4 ระดับ ซึ่งจะนิยมใช้ในประเทศตะวันตกนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิธีแบบญี่ปุ่น วิธีนี้ประกอบด้วยตารางทั้งหมด 4 ตาราง ตารางระดับที่ 1 เป็นการแปลงความต้องการของลูกค้า ให้เป็นคุณลักษณะทางคุณภาพหรือคุณลักษณะทางวิศวกรรม ตารางระดับที่ 2 เป็นการถ่ายทอดคุณลักษณะทางวิศวกรรมให้เป็นคุณลักษณะของชิ้นส่วน ตารางระดับที่ 3 เป็นการแปลงคุณลักษณะของชิ้นส่วนให้เป็นรายละเอียดต่างๆของกระบวนการผลิต ตารางระดับที่ 4 เป็นการแปลงรายละเอียดต่างๆของกระบวนการผลิตให้เป็นรายละเอียดในการปฏิบัติงานซึ่งรูปแบบจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

2) แบบ matrix of matrices approach เป็นรูปแบบดั้งเดิมที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น คิดค้นโดย Yoji Akao ตัวโมเดลมีขนาดใหญ่และทำความเข้าใจได้ยาก วิธีการนี้จะเชื่อมโยงเทคนิคอื่นๆด้วย เช่น

value engineering, failure mode and effect analysis, fault tree analysis, production operation เป็นต้น โดยมากแล้วจะใช้งานในลักษณะของระบบเมตริกซ์ 30 เมตริกซ์

3) แบบ integrate QFD approach เป็นโมเดลที่สร้างขึ้นตามขั้นตอนในการพัฒนาสินค้าและผลิตภัณฑ์ใหม่ มีระเบียบวิธีและขั้นตอนที่ตายตัว รวมกิจกรรมการดำเนินงาน กิจกรรมทางธุรกิจ รวมทั้งการรีเอ็นจิเนียริ่งเข้าไว้ในโมเดลด้วย เริ่มตั้งแต่การแปรความต้องการของลูกค้า การพัฒนาแผนปฏิบัติการ การกำหนดเป้าหมาย ไปจนถึงความต้องการด้านโรงงานผลิต และการปฏิบัติในการดำเนินงาน

ในบรรดารูปแบบทั้ง 3 รูปแบบ แบบ 4 ระดับเป็นที่นิยมในการนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุด เนื่องจาก เข้าใจง่ายและมีความคล่องตัวสูง โดยเมตริกซ์ทั้ง 4 เมตริกซ์นั้นมีการเชื่อมโยงกันดังภาพที่ 2.10

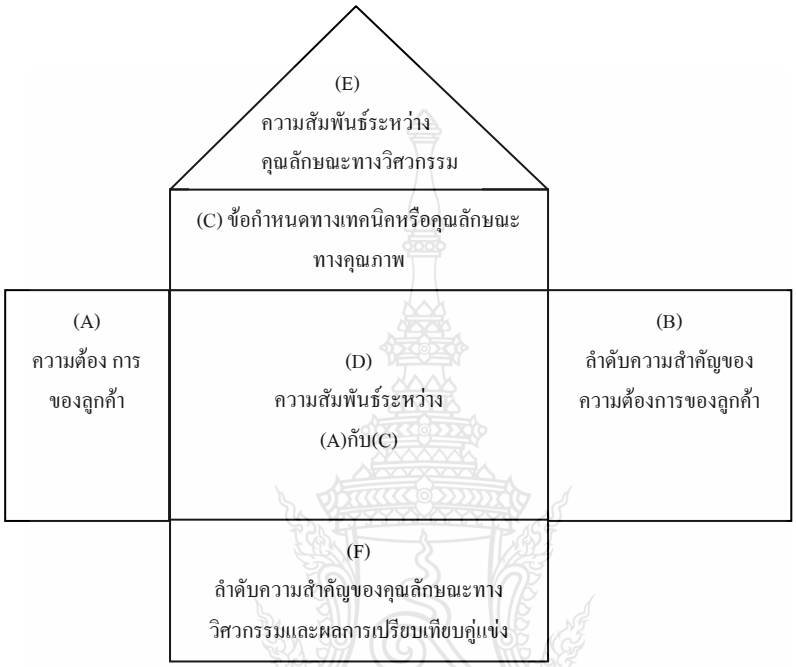


ภาพที่2.10 QFD แบบ 4 ระดับ [30]

2.2.2 เฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์

ตารางแรกของ QFD เรียกว่าบ้านคุณภาพ เป็นส่วนที่รวบรวมความต้องการของลูกค้า (voice of customer: VOC) ซึ่งมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือการบริการ เพื่อให้ทราบว่าลูกค้าต้องการอะไร แล้วให้น้ำหนักความสำคัญแก่แต่ละคุณลักษณะ โดยรวบรวมความคิดเห็นของลูกค้านี้ทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการกรอกแบบสอบถาม การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว การสัมภาษณ์แบบ focus group เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการประเมินความต้องการของลูกค้า จากนั้นจะแปลงความหมายจากความต้องการของลูกค้าให้เป็นคุณลักษณะทางด้านคุณภาพ (substitute quality characteristics: SQCs) ซึ่งเป็นศัพท์ทางเทคนิคหรือข้อกำหนดที่ใช้กันภายในองค์กรเพื่อแสดงว่าจะทำอย่างไร (hows) จึงจะได้สิ่งที่ลูกค้าต้องการ

(whats) จากนั้นจัดลำดับความสำคัญว่าทีมควรเริ่มที่การพัฒนา SQCs ที่มีความจำเป็นหรือเป็นไปได้มากที่สุดก่อน ซึ่งระหว่าง SQCs อาจจะมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน จะต้องสามารถระบุได้ว่า SQCs ตัวใดสัมพันธ์กันอย่างไรขัดแย้งกันหรือเสริมกันมากน้อยเพียงใด [31] โดยเฟสที่ 1 มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2.11 อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2.11 เฟสที่ 1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ [4]

1) A ความต้องการของลูกค้า (customer need) ส่วนนี้เป็นความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินใจว่า ความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าที่มีต่อสินค้าและบริการคืออะไร โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้วิธีให้ลูกค้าทำแบบสอบถาม จากนั้นนำข้อมูลความต้องการของลูกค้ามาจัดแผนภูมิต้นไม้และนำมาใส่ในส่วน A [32]

2) B ลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า ส่วนนี้อยู่ด้านขวาของตาราง เป็นส่วนที่ใช้สำหรับวางแผนทางกลยุทธ์ เพราะมีข้อมูลเกี่ยวกับการจัดอันดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า และเปรียบเทียบผลการสำรวจความคิดเห็นของลูกค้าระหว่างผลิตภัณฑ์คู่แข่งกับผลิตภัณฑ์ของเรา (ถ้าต้องการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ข้อมูลนี้อาจได้จากผลิตภัณฑ์ปัจจุบันที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ) ข้อมูลดังกล่าวช่วยให้ทีมมองเห็นว่าผลิตภัณฑ์ของเราจัดอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับคู่แข่ง และเป็นแนวทางปรับปรุงในสิ่งที่คู่แข่งทำได้ดีกว่า ส่วนวางแผนนี้ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนถึง 8 ส่วน ได้แก่ความสำคัญต่อลูกค้า ผลการสำรวจความพอใจของลูกค้า ผลการสำรวจความ

พอใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์คู่แข่ง จุดมุ่งหมายอัตราส่วนการปรับปรุง จุดขาย คะแนนดิบ และคะแนนปกติ

ก. ความสำคัญต่อลูกค้า (importance to customer)

ส่วนนี้ใช้วัดความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เพื่อบอกว่าความต้องการข้อใดข้อหนึ่งที่มีความสำคัญต่อลูกค้ามากน้อยเพียงใด วิธีการทั่วไปอาจให้ทีมงานเประเมินด้วยตัวเอง หรือออกแบบสอบถามความต้องการลูกค้าโดยใช้เกณฑ์ความต้องการที่ได้จากส่วน A

การให้คะแนนเพื่อระบุความสำคัญของความต้องการของลูกค้า แต่ละความต้องการซึ่งลูกค้าจะเป็นคนให้คะแนน โดยทั่วไปจะให้คะแนนในระดับ 1 ถึง 5 แต่ละค่ามีนิยามดังนี้

1	หมายถึง	มีความสำคัญน้อยที่สุด
2	หมายถึง	มีความสำคัญน้อย
3	หมายถึง	มีความสำคัญปานกลาง
4	หมายถึง	มีความสำคัญมาก
5	หมายถึง	มีความสำคัญมากที่สุด

ข. ผลการสำรวจความพอใจของลูกค้า (customer satisfaction performance)

ส่วนนี้เป็นผลการสำรวจความพอใจของลูกค้าว่าผลิตภัณฑ์ปัจจุบันของเราตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดีเพียงใด ในที่นี้คำว่าผลิตภัณฑ์ปัจจุบันหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกับที่กำลังออกแบบมากที่สุด ข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการสำรวจลูกค้า โดยนำความต้องการจากส่วน A มาจัดทำเป็นแบบสอบถาม และให้ลูกค้าเลือกความพึงพอใจตามระดับคะแนนต่างๆ สำหรับความต้องการแต่ละข้อ ตัวเลขที่จะนำมาใส่ในตารางคือ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean)

ค. ผลสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าต่อบริษัทคู่แข่ง (competitive satisfaction performance) ในการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันทำได้โดยใช้แบบสอบถามชนิดเดียวกับที่ใช้ในการสำรวจลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์คู่แข่ง ทำได้โดยใช้แบบสอบถามชนิดเดียวกับที่ใช้ในการสำรวจลูกค้าของเรานั่นเอง ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้ประโยชน์ในทางกลยุทธ์ ช่วยให้ทีมออกแบบตั้งเป้าหมายในการออกแบบได้อย่างเหมาะสม

ง. จุดมุ่งหมาย (goal) ในส่วนนี้ทีมออกแบบนั้นจะต้องตั้งจุดมุ่งหมายสำหรับความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อว่าผลิตภัณฑ์ใหม่ควรประสบผลสำเร็จในด้านความพึงพอใจของลูกค้าเป็นเท่าใด ในการตั้งจุดมุ่งหมายนั้นจะต้องให้สูงกว่าระดับที่ทำได้ในปัจจุบัน ถ้าทีมออกแบบตั้งจุดมุ่งหมายไว้ยิ่งสูงเมื่อเทียบกับคะแนนความพึงพอใจของลูกค้า ก็จะยิ่งต้องใช้ความพยายามมากในการทำให้ได้ตามเป้า

จ. อัตราส่วนการปรับปรุง (improvement ratios) คือตัววัดความพยายามที่ทีมออกแบบต้องใช้เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าในความพึงพอใจหนึ่งๆ อัตราส่วนการปรับปรุงหาได้จากการนำจุดมุ่งหมายมาหารด้วยผลการสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ของเรา

อัตราส่วนปรับปรุง = จุดมุ่งหมาย/ผลการสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์

ฉ. จุดขาย (sales point) คือ สิ่งที่สามารถสร้างความได้เปรียบให้แก่บริษัท โดยจะอาศัยความสามารถในการขายผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดยทั่วไปการกำหนดคะแนนของจุดขายจะใช้ค่าต่อไปนี้ ซึ่งตรงกับความสัมพันธ์ของคาโนโมเดล โดยส่วนที่เป็นจุดขายควรเป็นคุณลักษณะแบบเหนือความคาดหวัง

1 = ไม่ใช่จุดขาย

1.2 = เป็นจุดขายปานกลาง

1.5 = จุดขายมาก

ช. คะแนนดิบ (raw weight) เป็นค่าที่คำนวณจากข้อมูลซึ่งได้จากคอลัมน์ก่อนหน้านี้ โดยคิดจากความสำคัญต่อลูกค้า อัตราส่วนการปรับปรุง และจุดขายดังนี้

คะแนนดิบ = ความสำคัญต่อลูกค้า x อัตราส่วนการปรับปรุง x จุดขาย (2.1)

ซ. คะแนนดิบปกติ (normalized row weight) ปกติความต้องการของแต่ละข้อนั้นจะหาได้จากการนำคะแนนความต้องการข้อนั้นหารด้วยผลรวมของคะแนนดิบทั้งหมด

คะแนนดิบปกติ = คะแนนดิบ/ผลรวมของคะแนนดิบทั้งหมด (2.2)

3) C ข้อกำหนดทางเทคนิค (quality characteristics) จะเป็นการแปลงความต้องการของลูกค้าในส่วน A ให้เป็นคุณลักษณะทางคุณภาพซึ่งเป็นภาษาเทคนิคหรือข้อมูลเชิงปริมาณ

4) D ความสัมพันธ์ (relationships) ส่วนนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้า A กับข้อกำหนดทางเทคนิค C ทำให้มองเห็นว่าคุณลักษณะทางคุณภาพต่างๆมีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้ามากน้อยเพียงใด ส่วนมากมักเลือกวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ระดับ 2 หรือ 3 ในการกำหนดความสัมพันธ์จะใช้สัญลักษณ์สามอย่างคือ △ (สัมพันธ์น้อย) ◯ (สัมพันธ์ปานกลาง) ◉ (สัมพันธ์มาก) หรืออาจกำหนดด้วยตัวเลข 1, 3 และ9 ตามลำดับ ในการอธิบายความสัมพันธ์ด้วยตัวเลขนั้นเราอาจเลือกใช้ค่าอื่นได้ตามที่ออกแบบต้องการ

5) E ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ (technical correlation) ส่วนนี้อยู่ที่บริเวณหลังคาบ้าน ซึ่งเป็นบริเวณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพประเภทต่างๆ

ว่ามีส่วนช่วยส่งเสริมหรือหักล้างกันอย่างไร ประโยชน์ของส่วนนี้ช่วยให้ทีมออกแบบระบุข้อจำกัดในการออกแบบได้

6) F ในส่วนเทคนิค (technical matrix) ในส่วนนี้อยู่ข้างล่างบ้าน จะประกอบด้วย ลำดับความสำคัญของคุณลักษณะทางคุณภาพ การเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของเรากับของคู่แข่ง และค่าเป้าหมาย

ก. ลำดับความสำคัญของคุณลักษณะทางคุณภาพ แสดงถึงความสำคัญของลักษณะทางคุณภาพนั้นๆ ต่อความพึงพอใจของลูกค้าโดยรวม ในการจัดลำดับทำได้โดยนำตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์มาคูณกับคะแนนดิบของความต้องการที่ตรงกัน

ข. การเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของเรากับของคู่แข่ง เป็นส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์กับคู่แข่งที่นำมาเปรียบเทียบจากส่วนใต้หลังคาบ้านคุณภาพ C โดยในแต่ละลักษณะทางคุณภาพของเราและของคู่แข่งนั้นต่างกันมากน้อยเพียงใด

ค. ค่าเป้าหมาย หมายถึงค่าที่กำหนดเชิงปริมาณเป็นตัวเลขเพื่อเป็นเป้าหมายให้ทีมออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์พยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามจุดมุ่งหมายหรือดีกว่า [4, 33]

7) ขั้นตอนการทำ QFD ดังแสดงในภาพที่ 2.12 อธิบายได้ดังนี้

ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการทำ QFD

ก. ระบุความต้องการของลูกค้า โดยการสัมภาษณ์หรือออกแบบสอบถาม นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า (whats) ลงในช่องริมซ้ายสุดของบ้านคุณภาพ

ข. ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

ค. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค (technical characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ (quality element) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ (hows) ลงในช่องด้านบนของบ้านคุณภาพ

ง. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้าน

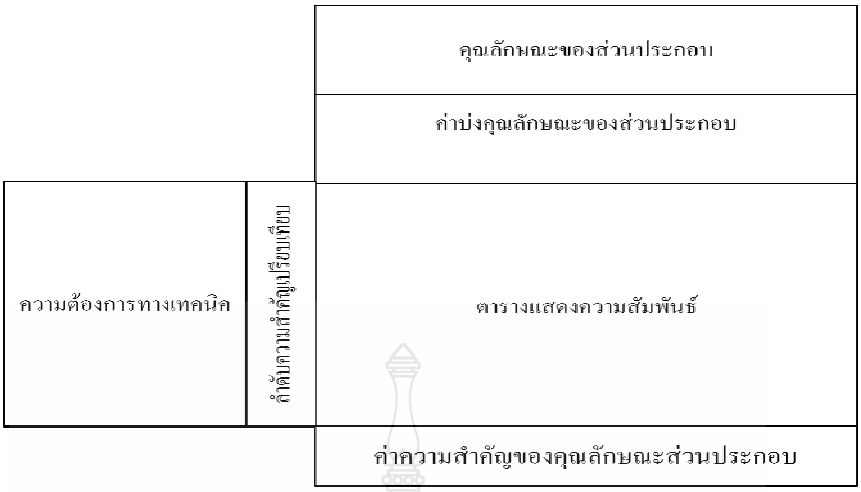
จ. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อลงไปในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของบ้านคุณภาพ โดยใช้สัญลักษณ์หรือตัวเลขแสดงให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์

ฉ. กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ โดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง whats กับ hows และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกัน

ช. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายในการดำเนินงาน [34]

2.2.3 เฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์

ในเฟสนี้จะแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคจากเฟสที่ 1 เป็นระบบย่อย หลังจากนั้นเป็นชิ้นส่วนย่อย เพื่อสามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของชิ้นส่วนซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญในการออกแบบ ในการออกแบบจะอาศัย function tree diagram โดยเริ่มจากกระจายส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งได้ลักษณะของชิ้นส่วนที่สำคัญโดยเริ่มจากการแบ่งผลิตภัณฑ์รวม ออกเป็นระบบย่อยแล้วแบ่งระบบย่อยออกเป็นส่วนย่อย ซึ่งจุดนี้จะเป็นการประเมินชิ้นส่วนย่อยแต่ละส่วนเพื่อหาคุณลักษณะของแต่ละชิ้นส่วนย่อยที่สำคัญต่อการออกแบบ เพื่อให้ทราบว่าจากความต้องการของลูกค้า ลักษณะเฉพาะใดและชิ้นส่วนใดเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด [31] โดยส่วนประกอบของเฟสที่ 2 แสดงดังภาพที่ 2.13 อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2.13 เฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ [35]

1) ความต้องการทางเทคนิค (technical requirement) เป็นข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนการวางแผนผลิตภัณฑ์หรือเฟสที่ 1

2) ลำดับความสำคัญเปรียบเทียบ (technical importance relative weight) ค่าที่จะนำมาใช้มาจากตอนการวางแผนผลิตภัณฑ์หรือเฟสที่ 1 ซึ่งอยู่ในรูป scale1-5

3) คุณลักษณะของส่วนประกอบ (part characteristics) คือข้อกำหนดและคุณสมบัติของส่วนประกอบ ซึ่งอาจได้มาจากการทำ FMEA หรือการระดมสมองของทีมงาน เป็นการแปลงความต้องการทางเทคนิคและคุณลักษณะของส่วนประกอบที่มีอยู่ทั้งหมด สัญลักษณ์ที่ใช้แทนจะเหมือนกับตารางความสัมพันธ์ในขั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์

4) ตารางแสดงความสัมพันธ์ (relationship matrix) แสดงถึงระดับความเชื่อมโยงระหว่างความต้องการทางเทคนิคและคุณลักษณะของส่วนประกอบที่มีอยู่ทั้งหมด สัญลักษณ์ที่ใช้แทนจะเหมือนกับตารางความสัมพันธ์ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์

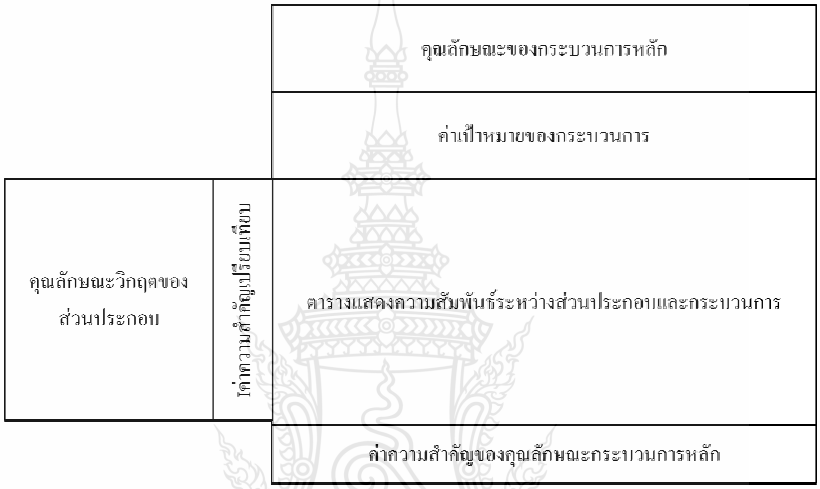
5) ค่าบ่งคุณลักษณะของส่วนประกอบ (part characteristic values) ต้องสามารถวัดค่าได้ ซึ่งจะต้องใช้ในการวางแผนกระบวนการผลิตต่อไป

6) ค่าความสำคัญของคุณลักษณะส่วนประกอบ (importance values) ซึ่งทำได้โดยนำตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์มาคูณกับคะแนนลำดับความสำคัญเปรียบเทียบ [35]

2.2.4 เฟสที่ 3 การวางแผนการผลิต

การวางแผนการผลิตเป็นเฟสที่เชื่อมโยงจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ไปยังความสามารถในการปฏิบัติได้ขององค์กร โดยจะช่วยในการระบุถึงตัวแปรที่สำคัญของกระบวนการหลักหรือ

กระบวนการประกอบการของระบบ แล้วหากระบวนการประกอบย่อยที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการหลัก หลังจากนั้นหาการปฏิบัติงานที่ทำในแต่ละกระบวนการประกอบย่อยทั้งหมดเมื่อระบุการปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว ทีมงานจะใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญพิเศษประกอบกับการทดลอง เพื่อระบุตัวแปรที่มีผลต่อการปฏิบัติงานที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกระบวนการประกอบย่อย ซึ่งบางทีตัวแปรอาจจะเกี่ยวข้องกับการตรวจวัดการตั้งค่าเครื่องจักร [31] โดยเฟสที่ 3 มีส่วนประกอบ ดังภาพที่ 2.14 อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 2.14 เฟสที่ 3 การวางแผนการผลิต [35]

1) คุณลักษณะวิกฤตของส่วนประกอบ (critical part characteristics) ได้จากขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือเฟสที่ 2

2) ค่าความสำคัญเปรียบเทียบ (importance rating) ได้จากขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือเฟสที่ 2

3) คุณลักษณะของกระบวนการหลัก (key process parameters) คือ การปรับค่าจำนวนของกระบวนการในการผลิตเดิมหรืออาจเป็นการกำหนดกระบวนการใหม่ก็ได้ ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการระดมความคิดของทีมงาน หรือคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4) ค่าเป้าหมายของกระบวนการ (process parameters values) แทนค่าหรือข้อกำหนดในการดำเนินงาน อาจเป็นค่าที่สามารถวัดได้ หรืออาจเป็นคู่มือการปฏิบัติงานก็ได้

5) ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบและกระบวนการ หรือ (relationship matrix) ขั้นตอนเหมือนกับที่ได้กล่าวไปแล้ว

6) ค่าบ่งคุณลักษณะของกระบวนการ (part characteristic values) ต้องสามารถวัดค่าได้ซึ่งจะต้องใช้ในการวางแผนกระบวนการผลิตต่อไป [35]

2.2.5 เฟสที่ 4 การวางแผนปฏิบัติการผลิต

เฟสนี้จะขึ้นอยู่กับรายละอียดของการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในเฟสที่ 3 ซึ่งเฟสนี้จะเน้นที่การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์กระบวนการผลิต เช่น ข้อมูลที่ใช้ในการตั้งเครื่องจักร วิธีการควบคุมการทำงานต่างๆ ความต้องการให้ผู้ปฏิบัติการได้รับการฝึกอบรม เป็นต้น ซึ่งสุดท้ายจะสรุปสร้างออกมาเป็นตารางเมตริกซ์แนวทางการปฏิบัติการต่างๆ ซึ่งวัตถุประสงค์คือ ต้องรวบรวมผลกระทบต่างๆจากความต้องการของผู้บริโภคให้สามารถตั้งค่าที่ต้องการ หรือการปฏิบัติการต่างๆในการทำให้ได้ความต้องการเหล่านั้น [31] โดยเฟสที่ 4 มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2.15 อธิบายได้ดังนี้

ภาพที่ 2.15 เฟสที่ 4 การวางแผนปฏิบัติการผลิต [35]

1) คุณลักษณะของกระบวนการหลัก (key process parameters) ได้จากขั้นตอนการวางแผนการผลิตหรือเฟสที่ 3

2) ค่าความสำคัญเปรียบเทียบ (importance rating) ได้จากขั้นตอนการวางแผนการผลิตหรือเฟสที่ 3

3) การประเมินการปฏิบัติงาน (operation evaluation) โดยทีมงานจะต้องประเมินถึงระดับความยากง่ายในการควบคุมกระบวนการ ความถี่ และความรุนแรงของปัญหาที่คาดว่าน่าจะเกิด เป็นต้น

4) ความต้องการในการวางแผน (planning requirements) การจัดเตรียมเครื่องมือในการบริหารจัดการและควบคุมคุณภาพ รวมถึงการฝึกอบรมที่จำเป็น [35]

2.2.6 ประโยชน์ของ QFD

ประโยชน์หลักของ QFD คือ การถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายต่างๆ ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ นอกจาก QFD จะช่วยประกันความพึงพอใจและเพิ่มยอดขายของ

ผลิตภัณฑ์ได้แล้ว บริษัทต่างๆที่ใช้เทคนิค QFD ยังสามารถลดปัญหาที่พบในช่วงแรกๆของการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ถึงครึ่ง และลดเวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้มากถึงหนึ่งในสามหรืออาจจะถึงครึ่งหนึ่งด้วย [4]

2.3 ทฤษฎีฟัซซีเซต (fuzzy set theory)

2.3.1 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี

เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยฟัซซีลอจิก ที่คิดค้นโดย L.A.Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซี่ลอจิกเป็นตรรกะที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น ดังภาพที่ 2.16

ภาพที่ 2.16 ตรรกะแบบจริงเท็จกับตรรกะแบบฟัซซี [36]

ความเป็นฟัซซี (fuzziness) มีชื่อเรียกว่ามัลติวาลานซ์ (multi-valance) หมายถึงการมีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า ซึ่งแตกต่างกับไบวาลานซ์ (bi-valance) ที่มีความเป็นสมาชิก 2 ค่าเท่านั้น ฟัซซีเซต (fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (uncertainty)” สามารถที่จะสร้างและกำหนดรูปแบบ (modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือความไม่ตายตัว รวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (linguistics) มากกว่าปริมาณ (quantitative) ของตัวแปร เช่น การหาความหมายของ “คนอ้วน” เราไม่

สามารถนิยามค่าของความอ้วนที่ตรงกันและระบุเป็นหนึ่งเดียวได้ (identical) ตัวอย่างเช่น นาย ก อาจจะหมายถึงคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 กิโลกรัม ในขณะที่นายข นิยามความอ้วน โดยหมายถึงคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคำว่าคนอ้วนโดยเปรียบเทียบและให้น้ำหนักในมุมมองของแต่ละคน

ในมุมมองแบบฐานสอง (binary sense) จะได้ผลเป็น “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เพียง 2 กรณีเท่านั้น ซึ่งหากกำหนดว่า คนที่อ้วนคือคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีน้ำหนัก 74.50 กิโลกรัม ไม่จัดเป็นที่อ้วน แต่จะเห็นว่าบุคคลนี้เป็นคนอ้วนน้ำหนักเกือบจะ 75 กิโลกรัม และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม แต่หากพิจารณาจากกลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม บุคลนี้ก็จะไม่จัดอยู่ในกลุ่มคนที่อ้วน

ฟัซซีจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึกของมนุษย์ เมื่อพิจารณาส่วนประกอบต่างๆในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจโดยอาศัยเซตของความไม่เป็นสมาชิก

2.3.2 เซตแบบฉบับ (classical set)

ในเซตแบบฉบับ (classical set) หรือเซตทวินัย (crisp set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1$\{0,1\}$ เท่านั้น เซตในทฤษฎีซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใด เซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่งๆจะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่าคือ 0 ไม่เป็นสมาชิกและ 1 เป็นสมาชิก ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงาน จะสามารถบอกอย่างได้อย่างแน่ชัดว่าเป็นกลุ่มผู้แต่งงานหรือไม่แต่งงาน

2.3.3 ฟัซซีเซต (fuzzy set)

ฟัซซีซตเป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อย แตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

2.3.4 นิยามของฟัซซี

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิกซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1]

โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึงเป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซต โดยมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันจัดเทียบวัตถุในโดเมนใดๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต

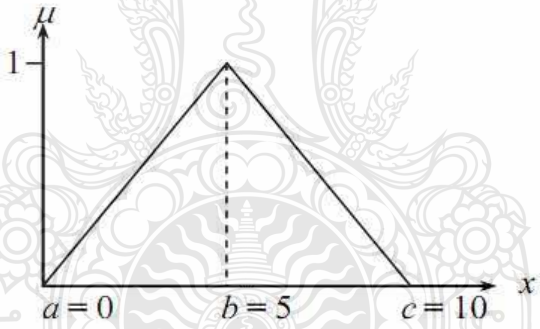
2.3.5 รูปแบบของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้ทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 ชนิด ดังนี้

1) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม มีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ {a,b,c}

$$\text{Triangular}\,(x;a,b,c)=\begin{cases}0 & x<a\\ \frac{x-a}{b-a} & a\le x<b\\ \frac{c-x}{c-b} & b\le x\le c\\ 0 & x>c\end{cases} \tag{2.3}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a=0, b=5 และ c=10 แสดงกราฟสามเหลี่ยม ดังภาพที่ 2.17

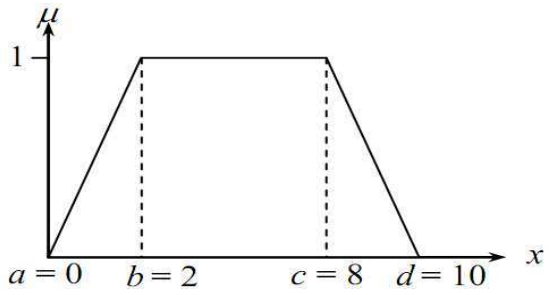


ภาพที่ 2.17 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม [36]

2) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ {a,b,c,d}

$$\text{Trapezoidal}(x;a,b,c,d)=\begin{cases}0 & x<a\\ \frac{x-a}{b-a} & a\le x<b\\ 1 & b\le x<c\\ \frac{d-x}{d-c} & c\le x<d\\ 0 & x\ge d\end{cases} \tag{2.4}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a=0, b=2,c=8 และ d=10 กราฟที่ได้แสดงดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบคางหมู [36]

การเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะต้องเลือกตามความเหมาะสมและครอบคลุมกับข้อมูลที่จะรับเข้ามา และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติ

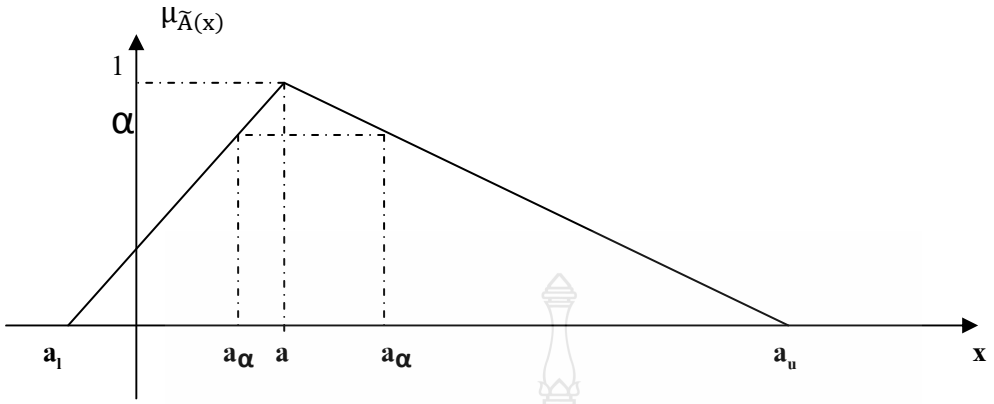
2.3.6 การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของตัวเลขฟัซซี

1) การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

กำหนดให้ ฟัซซีเซต $\tilde{A}$ นั้นเป็นฟัซซีเซตที่ถูกแทนค่าด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ดังนี้ [30]

$$\mu_{\tilde{A}(x)=}\begin{cases}0 & x < a_l,\ x > a_u \\ \frac{x-a_l}{a-a_l} & a_l < x < a \\ \frac{a_u-x}{a_u-a} & a < x < a_u\end{cases}$$

ดังนั้นฟัซซีเซต $\tilde{A}$ เขียนแทนด้วย $\tilde{A} = (a_l, a, a_u)$ ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยมของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ [36]

ก. การบวกกันของฟัซซีแบบสามเหลี่ยม

กำหนดให้ฟัซซีเซต $\tilde{A}=(a_l, a, a_u)$ และฟัซซีเซต $\tilde{B}=(b_l, b, b_u)$ การบวกของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ และ $\tilde{B}$ เขียนแทนด้วย $\tilde{A}\oplus\tilde{B}$

$$\tilde{A}\oplus\tilde{B} = (a_l+b_l, a+b, a_u+b_u) \tag{2.5}$$

ข. การคูณกันของฟัซซีสามเหลี่ยม

กำหนดให้ฟัซซีเซต $\tilde{A}=(a_l, a, a_u)$ และฟัซซีเซต $\tilde{B}=(b_l, b, b_u)$ การคูณของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ และ $\tilde{B}$ เขียนแทนด้วย $\tilde{A}\otimes\tilde{B}$

$$\tilde{A}\otimes\tilde{B} = (a_l b_l, ab, a_u b_u) \tag{2.6}$$

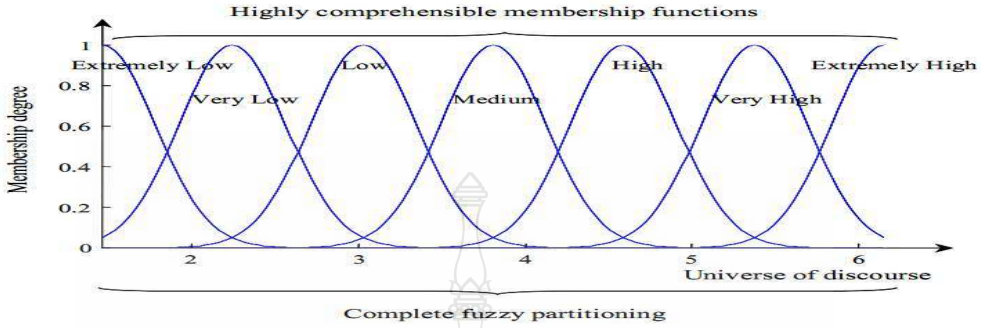
การแปลงตัวเลขฟัซซีให้อยู่ในรูปของตัวเลขธรรมดาที่ระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 สำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

$$A_{\alpha=1} = \frac{(a+2b+c)}{4} \tag{2.7}$$

2.3.7 ตัวแปรเชิงภาษา [20]

เป็นการประกอบกันของตัวแปรสัญลักษณ์และตัวแปรเชิงเลขตัวอย่างตัวแปรสัญลักษณ์ เช่น รูปร่างเป็นทรงกระบอก คำว่า รูปร่าง เป็นตัวแปรที่บอกถึงรูปร่างของวัตถุ ตัวอย่างตัวแปรเชิงเลข

เช่น ความสูงเท่ากับ 4 ฟุต ตัวอย่างเซตตัวแปรภาษาของเซตฟัซซี ได้แก่ extremely low, very low, medium, high, very high และ extremely high [36] ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ตัวแปรทางภาษา [36]

2.4 ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD)

เป็นการนำทฤษฎีฟัซซีเซต มาใช้ในขั้นตอนของเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนการทำดังภาพที่ 2.21 อธิบายได้ดังนี้

ภาพที่ 2.21 ขั้นตอนการทำ FQFD

2.4.1 ระบุความต้องการของลูกค้า โดยการสัมภาษณ์หรือออกแบบสอบถาม นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า (whats) ลงในช่องริมซ้ายสุดของบ้านคุณภาพ

2.4.2 เลือกรูปแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับแปลตัวแปรทางภาษาให้อยู่ในรูปของฟัซซีเซต

2.4.3 ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ

2.4.4 ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค (technical characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ (quality element) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ (hows) ลงในช่องด้านบนของบ้านคุณภาพ

2.4.5 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้าน

2.4.6 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อลงไปในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของบ้านคุณภาพ โดยใช้สัญลักษณ์หรือตัวเลขแสดงให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์

2.4.7 กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ โดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง whats กับ hows และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกัน

2.4.8 ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายในการดำเนินงาน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจงานวิจัยพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ออกแบบและพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยใช้ QFD ส่วนใหญ่จะเน้นการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่อง ซึ่งเครื่องต้นแบบเหล่านั้นอาจไม่ตอบความต้องการของลูกค้าและอาจไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานจริงก็เป็นได้ QFD เป็นเครื่องมือที่ลดเวลาในการออกแบบและพัฒนา และให้ความสนใจในความต้องการของลูกค้า [37]

รัตติกาล กองบุญ (2550) [31] ออกแบบพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อการพาณิชย์ ในการจัดทำแบบสอบถามใช้วิธีศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กลุ่มตัวอย่างคือคนทั่วไปและใช้ QFD เฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 ทำให้ทราบข้อกำหนดส่วนประกอบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ และได้ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของผลิตภัณฑ์เพื่อหาความเป็นไปได้ทางการตลาดและแนวโน้มความต้องการเซลล์เชื้อเพลิง

อรสุธี เหลืองวีระ, 2549 [38] ปรับปรุงการผลิตและบริการในโรงพิมพ์ ใช้แนวคิดส่วนผสมตลาดบริการคือ 4P ในการจัดทำแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างคือลูกค้า ใช้ QFD ทั้ง 4 เฟส ทำให้ทราบถึง

กระบวนการในการปรับปรุงโรงพิมพ์ โดยได้จัดทำคู่มือปฏิบัติงานเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า

จึงมีการนำ QFD ไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และบริการต่างๆ เช่น เครื่องประดับแหวนเพชร [39] ชุดเดินป่า [32] สบู่เหลวจากเมล็ดลำไย [40] ออกแบบระบบการให้บริการในโรงพยาบาล [41] ปรับปรุงบริการของห้องสมุด [42] และ ออกแบบอพาร์ทเมนต์ [43] เป็นต้น รูปแบบของ QFD ที่ใช้ทั่วไปคือแบบ 4 เฟส แต่การทำ QFD นั้นจะสร้างกี่เฟสก็ได้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไข เช่นข้อจำกัดด้านเวลา และข้อจำกัดด้านข้อมูล เป็นต้น [4] เนื่องจากทั้ง 4 เฟสสามารถโยงไปสู่ความต้องการของค้าได้ทั้งสิ้น

หลังจากการค้นพบทฤษฎีฟัซซีลอจิกของ L.A.Zadeh ทำให้นักวิจัยไม่น้อยเห็นข้อบกพร่องของ QFD คือการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ่านข้อแตกต่างของข้อกำหนดทางเทคนิคและความต้องการของลูกค้า ที่ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ออกแบบและลูกค้า [44] การให้คะแนนในการประเมินของลูกค้าเป็นข้อเสียบเปรียบที่สำคัญ และทำให้การสรุปผลที่ผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นง่ายมาก [45] จึงเกิดงานวิจัยไม่น้อยที่นำฟัซซีเซตมาใช้ร่วมกับ QFD เช่น

Ming-Chyuan Lin and others (2004) [45] ได้ชี้ให้เห็นถึงปัญหาจากการใช้เทคนิค QFD ว่าการสรุปผลผิดพลาดได้ง่าย จึงใช้เทคนิค FQFD เฟสที่ 1 ออกแบบกล้องถ่ายรูป โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบคางหมู ให้ความเห็นว่า ผลลัพธ์ที่ได้นั้นสะท้อนให้เห็นถึงความแน่นอนของข้อมูลจากการประเมินความสัมพันธ์และความต้องการของลูกค้า

Eleonora Bottani and Antonio Rizzi (2006) [46] ใช้ FQFD เฟสที่ 1 ในการจัดการการขนส่งของบริษัทเครื่องจักรกลในประเทศอิตาลี นำกลยุทธ์ทางด้าน logistic และ supply chain มาใช้ร่วมด้วย โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมที่มีตัวแปรเชิงภาษา 5 ระดับตั้งแต่น้อยที่สุด ไปจนถึงมากที่สุด ผลที่ได้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

สิทธิชัย เชิดชูมาลัยกิจ (2551) [47] ใช้ FQFD ในการคัดเลือกผู้ขายวัตถุดิบ กลุ่มตัวอย่างคือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้อวัตถุดิบและประเมินผู้ขายทั้งหมด 14 คนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถาม ขั้นตอนในการคัดเลือกคือ FQFD เฟสที่ 1 และได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลที่ได้ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมและแบบคางหมู ซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างเล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าการใช้ฟังก์ความเป็นสมาชิกความเป็นสมาชิกทีต่างกันไม่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้

Selim Zalim and Mehmet Sevkli (2002) [5] ได้พัฒนากระบวนการควบคุมคุณภาพในการผลิตยาสระผมในโรงงาน ของประเทศตุรกี กลุ่มตัวอย่างคือ ลูกค้าที่ใช้ยาสระผมจำนวน 17 คน โดยใช้

แบบสอบถาม มีการเปรียบเทียบกับบริษัทคู่แข่ง 3 บริษัท ใช้ FQFD เฟสที่ 1 เปรียบเทียบกับ QFD เฟสที่ 1 ซึ่งผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างในเรื่องลำดับของค่า IMP และ AI แต่ได้ให้เหตุผลว่าการใช้ฟัซซีนั้นจะทำให้ข้อมูลมีความยืดหยุ่นมากกว่าจึงน่าเชื่อถือมากกว่า

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า FQFD มีความแตกต่างจาก QFD ตรงที่ FQFD ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ได้จากการประเมินแบบสอบถามของลูกค้าและการเมินความสัมพันธ์ของผู้ออกแบบโดยใช้ตัวแปรเชิงภาษาในการประเมินของลูกค้าและผู้ออกแบบแล้วแปลงเป็นฟัซซีเซตโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ทำให้ลำดับในการพิจารณาปัจจัยก่อนหลังเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธีนั้นต่างกัน ดังนั้นการนำ QFD ที่ใช้ตัวเลขธรรมดามาใช้ในการประเมินของลูกค้าและในการหาความสัมพันธ์ของทีมผู้ทำ QFD นั้น ไม่เหมาะสม เพราะการนำข้อมูลที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากเป็นความคิดเห็นของมนุษย์มาใช้ในขั้นตอนของ QFD นั้น จะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนไปของผลลัพธ์ ซึ่งการตัดสินใจที่ถูกต้องนั้นย่อมทำให้ผลของการออกแบบหรือพัฒนาตรงตามที่ลูกค้าต้องการ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

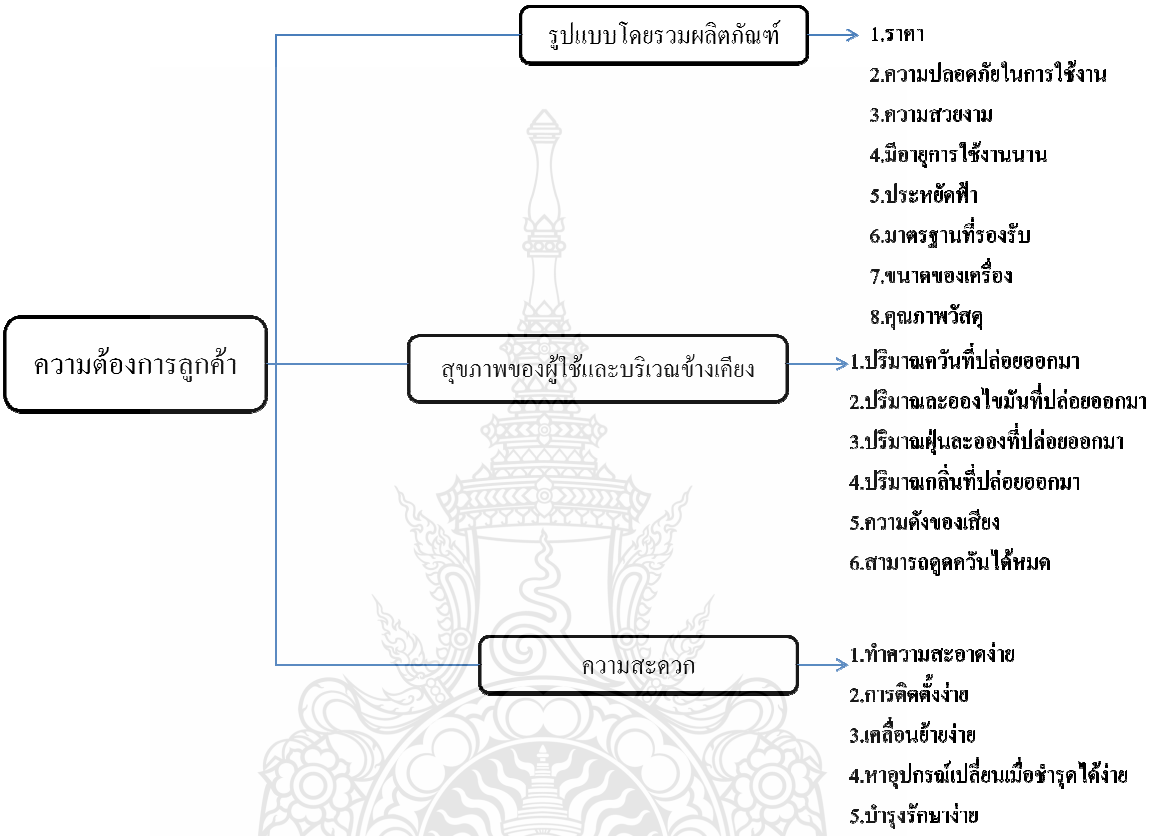
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างแบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และนำไปใช้กับทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ โดยจะเปรียบเทียบผลที่ได้กับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ในเฟสที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์ และเฟสที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลและกำหนดการกำหนดรายการความต้องการของลูกค้า

ศึกษาข้อมูลเครื่องดูดควันได้แก่หลักการทำงาน ส่วนประกอบ เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตได้แก่หลักการทำงาน และส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง จากบทความ งานวิจัย และหนังสือที่เกี่ยวข้อง และสอบถามอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ธัญบุรี เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบสอบถาม สามารถจัดกลุ่มความต้องการของลูกค้าเป็น 3 กลุ่มคือ รูปแบบโดยรวมของผลิตภัณฑ์สุขภาพของผู้ใช้และบริเวณข้างเคียง
และความสะดวก นำมาเขียนแผนผังต้นไม้ แสดงดังภาพที่ 3.2

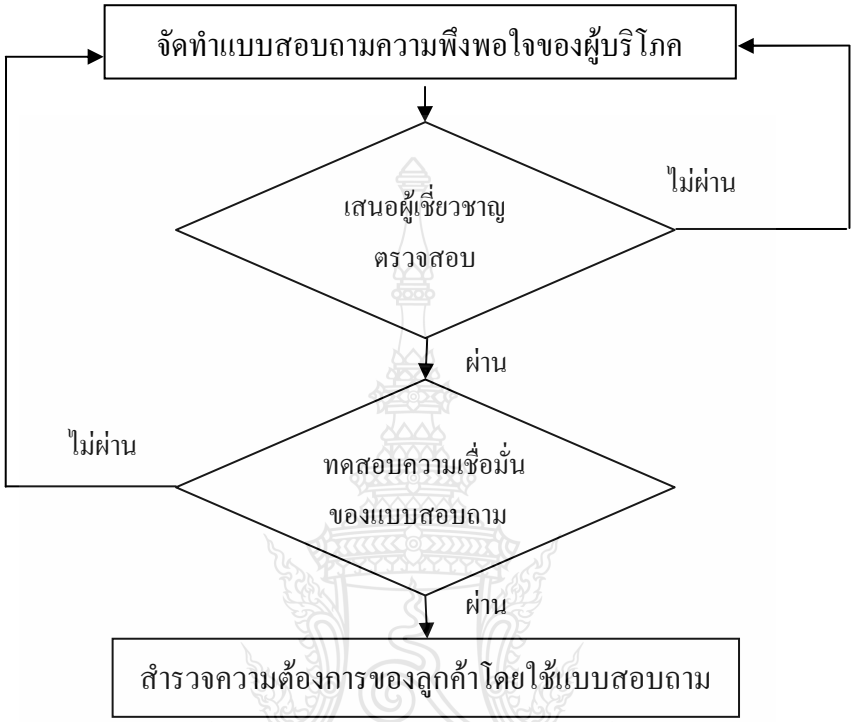


ภาพที่ 3.2 แผนผังต้นไม้แสดงความต้องการของลูกค้า

3.2 จัดทำแบบสอบถาม

ขั้นตอนการจัดทำแบบสอบถามมีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งมีวิธีการคือจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค นำแบบสอบถามที่ได้เสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 2 ท่าน คืออาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหการ และอาจารย์จากภาควิชาครุศาสตร์ สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถ้าผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามแล้วเห็นว่าไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้จะต้องนำไปปรับปรุงจนผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้ จากนั้นจึงทำการตรวจความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม โดยนำแบบสอบถามไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนหนึ่ง เมื่อผลการวิเคราะห์ค่าจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์แล้วจึงนำไปใช้สำรวจความต้องการของลูกค้า ขั้นตอนต่างๆดังภาพที่ 3.3 อธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการจัดทำแบบสอบถาม

3.2.1 แบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ ใช้คำถามปลายปิดเป็นหลัก และเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นอย่างเสรีจึงได้เตรียมส่วนเพิ่มเติมไว้ท้ายสุดของแบบสอบถาม คำถามส่วนใหญ่จะเป็นการวัดทัศนคติโดยการระบุระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ซึ่งแบบสอบถามประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

1) ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานหรือปัจจัยส่วนบุคคลของผู้กรอกแบบสอบถาม ดังนี้

1. เพศ
2. อายุ
3. รายได้ต่อเดือน

2) ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้เครื่องดูดควันของผู้กรอกแบบสอบถาม

1. ลักษณะของอาหารที่ขาย

2. ราคาเครื่องดูดควันที่ซื้อ

3. เครื่องดูดควันที่ใช้อยู่เป็นแบบที่มีขายในร้านค้าทั่วไปหรือสั่งทำ

4. ปริมาณการใช้เครื่องดูดควันใน 1 วัน

5. ระยะเวลาในการใช้เครื่องดูดควัน

6. ระยะเวลาในการประกอบอาชีพ

7. ปัญหาในการใช้เครื่องดูดควัน

3) ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัย 3 ด้าน คือรูปแบบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ด้านสุขภาพของผู้ใช้และบริเวณข้างเคียง และความสะดวก มีรายละเอียดดังนี้

ก. รูปแบบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

1. ราคา

2. ความปลอดภัยในการใช้งาน

3. ความสวยงาม

4. มีอายุการใช้งานนาน

5. ประหยัดไฟฟ้า

6. มาตรฐานที่รองรับ

7.ขนาดของเครื่อง

8. คุณภาพวัสดุ

ข. ด้านสุขภาพของผู้ใช้และบริเวณข้างเคียง

9. ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา

10. ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา

11. ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา

12. ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา

13. ความดังของเสียง

14. สามารถดูดควันได้หมด

ค. ความสะดวก

15. ทำความสะอาดง่าย

16. การติดตั้งง่าย

17. เคลื่อนย้ายง่าย

18. สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย

19. บำรุงรักษาง่าย

4) ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในส่วนของการวัดระดับคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยนั้นผู้วิจัยใช้มาตรวัดเจตคติตามวิธีของลิเคอร์ท (likert) ซึ่งเป็นวิธีวัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีมาตรวัด 5 ระดับ [47] ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระดับคะแนนความสำคัญ [30]

ระดับคะแนนความสำคัญ	ความหมาย
1	สำคัญน้อยที่สุด
2	สำคัญน้อย
3	สำคัญปานกลาง
4	สำคัญมาก
5	สำคัญมากที่สุด

3.2.2 เสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

แบบสอบถามนี้ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้า อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และอาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ทั้งหมดจำนวน 3 คน ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แบบสอบถามของอาจารย์ทั้ง 3 เห็นว่าคำถามในแบบสอบถามนั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการวัด สามารถนำไปใช้ได้

3.2.3 การทดสอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากนั้นทดสอบนำแบบสอบถามไปสำรวจความต้องการของลูกค้าจำนวน 30 คน จากนั้นนำค่าที่ลูกค้าประเมินมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า ของครอนบัค (cronbach) โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ค่า ดังแสดงตารางที่ 3.2 ได้ค่าเท่ากับ 0.9121 หลังจากการแปลผลค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า ดังตารางที่ 3.3 ทำให้ทราบว่าแบบสอบถามนี้มีค่าความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้สอบถามความต้องการของกลุ่มตัวอย่างได้

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า ของครอนบัค (α) ของปัจจัยความต้องการของลูกค้า

ปัจจัยความต้องการของลูกค้า	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า ของครอนบัค (α)
1.ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	0.9116
2.มีสายดิน	0.9107
3.มีการรับประกันสินค้า	0.9228
4.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	0.9072
5.ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	0.9125
6.สามารถใช้กับเตาแก้สและตะแกรงย่างทั่วไป	0.9111
7.ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	0.9141
8.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	0.9105
9.ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	0.9119
10.ตะแกรงดักจับไขมัน	0.9092
11.ตะแกรงดักจับฝุ่นละออง	0.9084
12.ตะแกรงถ่าน	0.9115
13.ความดังขณะเครื่องทำงาน	0.9193
14.ปริมาณควันรอบๆเครื่อง หน่วย m^2	0.9121
15.ทำความสะอาดได้ง่าย	0.9101
16.ติดตั้งได้ง่าย	0.9135
17.เคลื่อนย้ายได้ง่าย	0.9172
18.หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	0.9093
19.บำรุงรักษาได้ง่าย	0.9067
เฉลี่ย	0.9121

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผลทดสอบความเชื่อมั่นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า ของครอนบัค [48]

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า ของครอนบัค(α)	ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
+0.00 ถึง +0.20	ความเชื่อมั่นต่ำมากหรือไม่มีเลย
+0.20 ถึง +0.40	ความเชื่อมั่นต่ำ
+0.40 ถึง +0.70	ความเชื่อมั่นปานกลาง
+0.70 ถึง +1.00	ความเชื่อมั่นสูงและนำไปใช้ได้

3.3 สำรวจความต้องการของลูกค้าโดยใช้แบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร โดยผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณขนาดกลุ่มของกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ 10 จากสูตร [49]

$$n = \frac{Z^2}{4e^2} \tag{3.1}$$

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

z เท่ากับ 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95

e เท่ากับ 0.1 ที่ ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ร้อยละ 10

การคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง

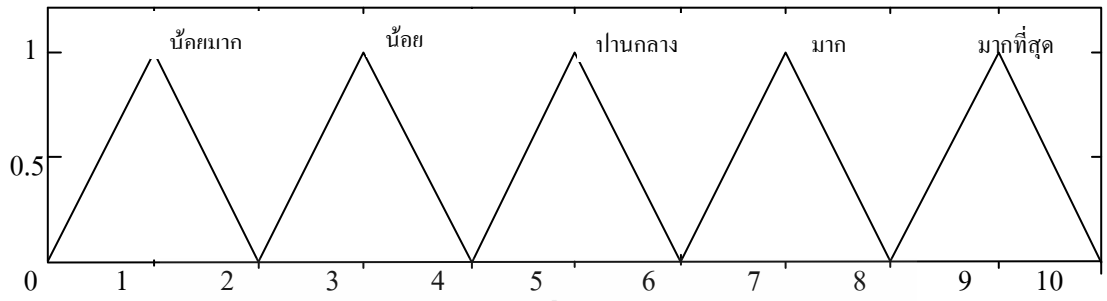
$$n = \frac{1.96^2}{4(0.1)^2}$$

$$= 96.04$$

จากการคำนวณทำให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 100 คน

3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 1

เนื่องจากนำทฤษฎีฟัซซีเซตมาใช้ร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ จึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดตัวแปรทางภาษา เนื่องจากการประเมินจะอยู่ในรูปภาษาทั้งหมด งานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรทางภาษาเป็น 5 ระดับคือ น้อยมาก น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม เพราะคำนวณได้ง่าย ตัวเลขไม่มาก และไม่ซับซ้อน ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

จากการกำหนดระดับค่าของภาษาและฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั้น สามารถนำมาใช้แปลงค่าจากการประเมินแบบสอบถามและการประเมินความสัมพันธ์ โดยจะทำการเทียบตัวแปรทางภาษากับตัวเลขจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากสมาการที่ 2.1 ได้ผลดังตารางที่ 3.4

$$\text{Triangular}\,(x: a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \le x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \\ 0 & x > c \end{cases} \qquad (2.1)$$

ตารางที่3.4 การแปลงตัวแปรทางภาษาเป็นฟัซซีเซต [30]

ค่าทางภาษา	สมการ	เงื่อนไข	ฟัซซี่เซต
น้อยมาก	U(x)=(x-0)/(1-0)	0≤x≤1	(0,1,2)
	U(x)=(2-x)/(2-1)	1≤x≤2	
น้อย	U(x)=(x-2)/(3-2)	3≤x≤2	(2,3,4)
	U(x)=(4-x)/(4-3)	3≤x≤4	
ปานกลาง	U(x)=(x-4)/(5-4)	4≤x≤5	(4,5,6)
	U(x)=(6-x)/(6-5)	5≤x≤6	
มาก	U(x)=(x-6)/(7-6)	6≤x≤7	(6,7,8)
	U(x)=(8-x)/(8-7)	7≤x≤8	(6,7,8)
มากที่สุด	U(x)=(x-8)/(9-8)	8≤x≤9	(8,9,10)
	U(x)=(10-x)/(10-9)	9≤x≤10	

พิจารณาจากผลการสำรวจความต้องการของลูกค้าจำเป็นต้องแปลงตัวแปรทางภาษาให้อยู่ในรูปฟัซซีเซต แสดงดังตารางที่ 3.5 ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยแปลงระดับการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยต่างๆเป็นค่าคะแนนความสำคัญ (importance rating: IMP) ใช้สูตรดังนี้ [50]

$$\widetilde{W}_i = \frac{1}{n} \otimes (w_{i1} \oplus w_{i2} \oplus \ldots \oplus w_{in}) \quad (3.2)$$

$\widetilde{W}_i$ คือ ค่าคะแนนความสำคัญ

$\widetilde{w}_{in}$ คือ ค่าการประเมินจากแบบสอบถาม

n คือ จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

ในเฟสที่ 1 จะทำการแปลงความต้องการของลูกค้าที่ทำการรวบรวมให้เป็นความต้องการทางด้านเทคนิค ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะนำไปออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้า การกำหนดข้อกำหนดทางเทคนิค ซึ่งข้อมูลนี้ได้มาจากการปรึกษาอาจารย์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อจะมีการกำหนดเป้าหมายและทิศทางโดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สัญลักษณ์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของค่าเป้าหมายและความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย
↑	แนวโน้มค่าเป้าหมาปรับลดลง
○	แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับคงที่
↓	แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับเพิ่มขึ้น

สำหรับด้านบนในส่วนของหลังคานั้น เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกหรือเชิงลบอย่างไร โดยจะพิจารณาทีละคู่ ใช้สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน
+	ความสัมพันธ์แบบเสริมกัน
-	ความสัมพันธ์แบบหักล้างกัน

จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคโดยการตั้งคำถามว่าถ้าเราดำเนินการตามข้อกำหนดทางเทคนิคแล้วจะส่งผลต่อความต้องการของลูกค้าแต่ละปัจจัยอย่างไร โดยแบ่งระดับความสัมพันธ์เป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 1-5 คือมีความสัมพันธ์มากที่สุดไปจนถึง มีความสัมพันธ์น้อยที่สุด ดังตารางที่ 3.7 ในการกำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคนั้น ได้ข้อมูลจากการหาค่าเฉลี่ยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านเครื่องดูดควันและเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ภาควิชาไฟฟ้าจำนวน 4 ท่าน ช่างทำเครื่องดูดควัน 1 ท่าน

ตารางที่ 3.7 สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค

ระดับคะแนนความสำคัญ	ความหมาย
1	สำคัญน้อยที่สุด
2	สำคัญน้อย
3	สำคัญปานกลาง
4	สำคัญมาก
5	สำคัญมากที่สุด

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค ใช้สูตรดังนี้ [50]

$$\widetilde{R}_j = \frac{1}{n} \otimes (r_{i1} \oplus r_{i2} \oplus \ldots \oplus r_{in}) \quad (3.3)$$

$\widetilde{R}_j$ คือ ค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค

r_{in}คือ ค่าจากการประเมิน

n คือ จำนวนผู้ทำการประเมิน

ค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคดังกล่าวจะเป็นตัวบอกค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค (absolute technical importance requirement: AI) แต่ละข้อ จากสูตร [50]

$$I_j = \frac{1}{k} \otimes \left[\left(\widetilde{R}_{1j} \otimes \widetilde{W}_{1i} \right) \oplus \left(\widetilde{R}_{2j} \otimes \widetilde{W}_{2i} \right) \oplus \ldots \oplus \left(\widetilde{R}_{nj} \otimes \widetilde{W}_{ni} \right) \right] \quad (3.4)$$

I_j คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์

$\widetilde{R}_{nj}$ คือ ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการกับเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา

$\widetilde{W}_i$ คือ ค่าคะแนนความสำคัญ

k คือ จำนวนความต้องการของลูกค้า

3.5 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 2

หลังจากแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรมหรือข้อกำหนดทางเทคนิคแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการพิจารณาถึงองค์ประกอบในกระบวนการ โดยประยุกต์ใช้การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่ 2 คือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะแปลงความต้องการทางด้านเทคนิคที่ได้จากเฟสที่ 1 ให้อยู่ในรูปของคุณสมบัติส่วนประกอบ ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงกระบวนการที่ใช้ในการทำงานของเครื่องดูดควันที่ใช้ไฟฟ้าสถิต ที่มีแนวทางในการตอบสนองข้อกำหนดทางเทคนิค ซึ่งจะประกอบด้วยค่าเป้าหมายของข้อกำหนดส่วนประกอบแต่ละข้อ ในการสร้างเฟสที่ 2 ได้มีการนำข้อกำหนดทางเทคนิคและค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคจากเฟสที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในเฟสที่ 2

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบนั้นจะใช้วิธีเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคใน FQFD เฟสที่ 1 โดยตั้งคำถามว่าถ้าเราสามารถควบคุมข้อกำหนดส่วนประกอบได้ จะส่งผลต่อความต้องการเชิงเทคนิคแต่ละปัจจัยอย่างไร จากนั้นทำการหาค่าระดับน้ำหนักและลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับ FQFD เฟสที่ 1

3.7 การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตต้นแบบ

การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตนี้ผู้วิจัยจะเลือกปัจจัยที่มีค่าความสำคัญต่อการออกแบบจากเทคนิค FQFD ข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบความต้องการของลูกค้าและสามารถออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตที่ตอบความต้องการลูกค้าให้มากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Auto CAD 2012 ในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต และส่วนประกอบหลักๆดังต่อไปนี้ พัดลมระบายอากาศ ตะแกรงดักไขมัน ตะแกรงถ่าน และตะแกรงไฟฟ้าสถิต

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูง ความต้องการของลูกค้าจึงมีความสำคัญที่จะทำให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพมาทำการศึกษาความต้องการของลูกค้า ซึ่งฟัซซีเซตจะช่วยลดความคลุมเครือในการประเมินแบบสอบถามของลูกค้าและในการหาความสัมพันธ์ของทีมงาน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาคือ เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบและพัฒนาให้มีคุณภาพและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งผลการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามของกลุ่มเป้าหมายคือผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคารจำนวน 100 คน โดยข้อมูลจากแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่ 1 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม 100 คน

หัวข้อ		ร้อยละ
เพศ	ชาย	36
	หญิง	64
อายุ	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี	10
	21-30 ปี	18
	31-40 ปี	21
	41-50 ปี	33
	51-60 ปี	18
	มากกว่า 60 ปี	0
การศึกษา	ต่ำกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา	30
	มัธยมศึกษาตอนต้น	15
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช	22

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่ 1 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม 100 คน (ต่อ)

หัวข้อ		ร้อยละ
การศึกษา	อนุปริญญา/ปวส	10
	ปริญญาตรี	22
	สูงกว่าปริญญาตรี	1
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท	35
	16,000-20,000 บาท	21
	21,000-25,000 บาท	13
	26,000-30,000 บาท	11
	มากกว่า 30,000 บาท	20

ผลที่ได้จากตารางที่ 4.1 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นประชากรเพศหญิงร้อยละ 64 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปีคิดเป็น ร้อยละ 33 มีการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่านั้นมากที่สุด ร้อยละ 30 มีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ 15,000 หรือต่ำกว่านั้นมากที่สุดร้อยละ 35

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้เครื่องดูดควัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่ 2 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม 100 คน

หัวข้อ		ร้อยละ
ลักษณะของอาหารที่ขาย	ต้ม	24
	นึ่ง	10
	ผัด	26
	ปิ้ง	10
	ทอด	29
	อื่นๆ	1
ราคาเครื่องดูดควันที่ซื้อ	3,000-7,000 บาท	25
	7,100-11,000 บาท	11
	11,100-15,000 บาท	10
	15,100-19,000 บาท	4
	มากกว่า 19,000 บาท	50

ตารางที่ 4.2 สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่ 2 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม 100 คน (ต่อ)

หัวข้อ		ร้อยละ
เครื่องดูดควันที่ใช้อยู่เป็นแบบที่มีขายในร้านค้าทั่วไปหรือสั่งทำ	สั่งทำ	73
	ประดิษฐ์ใช้เอง	5
	เป็นแบบที่มีขายในร้านค้าทั่วไป	22
ปริมาณการใช้เครื่องดูดควันใน 1 วัน	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมง	59
	9-12 ชั่วโมง	26
	มากกว่า 12 ชั่วโมง	15
ระยะเวลาในการใช้เครื่องดูดควัน	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ปี	40
	4-6 ปี	22
	7-9 ปี	10
	มากกว่า 9 ปี	28
ระยะเวลาในการประกอบอาชีพ	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ปี	44
	9-14 ปี	16
	15-20 ปี	24
	มากกว่า 20 ปี	16
ปัญหาในการใช้เครื่องดูดควัน	ใช้ไฟฟ้ามาก	32
	ยุ่งยากในการทำความสะอาด	22
	ปล่อยควันรบกวนบริเวณข้างเคียง	13
	ปล่อยกลิ่นรบกวนบริเวณข้างเคียง	11
	บำรุงรักษายาก	14
	อื่นๆ	6
	ไม่มีปัญหา	2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าลักษณะของอาหารที่ขายส่วนมากเป็นการปรุงอาหารโดยการทอดร้อยละ 29 ราคาของเครื่องดูดควันที่ซื้อมาใช้ครึ่งหนึ่งมีราคามากกว่า 19,000 บาท ร้อยละ 50 โดยเครื่องดูดควันที่กลุ่มตัวอย่างใช้อยู่นั้นส่วนใหญ่เป็นแบบสั่งทำร้อยละ 73 มีปริมาณการใช้ในแต่ละวันน้อยกว่า

หรือเท่ากับ 8 ชั่วโมงเป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 59 ระยะเวลาในการใช้เครื่องดูดควันแต่ละเครื่องนั้นส่วนใหญ่ไม่นาน คือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ปี ร้อยละ 40 กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนมีระยะเวลาในการประกอบอาชีพส่วนมากน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ปี ร้อยละ 44 และจากแบบสอบถามทำให้ทราบปัญหาในการใช้เครื่องดูดควันที่มากที่สุดคือใช้ไฟฟ้าร้อยละ 32 ยุ่งยากในการทำความสะอาดร้อยละ 22 บำรุงรักษายากร้อยละ 14 ปล่อยควันรบกวนบริเวณข้างเคียงร้อยละ 13 ปล่อยกลิ่นรบกวนบริเวณข้างเคียงร้อยละ 11

ข้อมูลส่วนที่ 3 ข้อมูลปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต ผลการประเมินจะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในเทคนิคทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่ 1

4.2 ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 1

จากผลการประเมิน เมื่อนำตัวแปรทางภาษามาเปรียบเทียบกับตัวเลขจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกการหาค่าคะแนนความสำคัญ แสดงค่าดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการหาค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้า

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	ค่า IMP(fuzzy)	ค่า IMP(crisp)	ลำดับค่า IMP
1.ราคา	(6.32,7.32,8.32)	7.32	4
2.ความปลอดภัยในการใช้งาน	(6.54,7.54,8.54)	7.54	2
3.ความสวยงาม	(4,5,6)	5	19
4.มีอายุการใช้งานนาน	(6.14,7.14,8.14)	7.14	5
5.ประหยัดไฟฟ้า	(6.88,7.88,8.88)	7.88	1
6.มาตรฐานที่รองรับ	(5,6,7)	6	16
7.ขนาดของเครื่อง	(5.44,6.44,7.44)	6.44	11
8.คุณภาพวัสดุ	(5.74,6.74,7.74)	6.74	9
9.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา	(5.44,6.44,7.44)	6.44	12
10.ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา	(5.38,6.38,7.38)	6.38	13
11.ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา	(5.3,6.3,7.3)	6.3	14
12.ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	(5.26,6.26,7.26)	6.26	15
13.ความดังของเสียง	(5.7,6.7,7.7)	6.7	10

ตารางที่ 4.3 ผลการหาค่าระดับคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้า (ต่อ)

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	ค่า IMP(fuzzy)	ค่า IMP(crisp)	ลำดับค่า IMP
14.สามารถดูดควันได้หมด	(6.52,7.52,8.52)	7.52	3
15.ทำความสะอาดง่าย	(5.96,6.96,7.96)	6.96	6
16.การติดตั้งง่าย	(4.74,5.74,6.74)	5.74	17
17.เคลื่อนย้ายง่าย	(4.16,5.16,6.16)	5.16	18
18.สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย	(5.76,6.76,7.76)	6.76	8
19.บำรุงรักษาง่าย	(5.84,6.84,7.84)	6.84	7

ผลจากการประเมินความต้องการของลูกค้า แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญกับประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด (6.88,7.88,9.88) หรือ 7.88 คะแนน รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน (6.54,7.54,8.54) หรือ 7.54 คะแนน และสามารถดูดควันได้หมด (6.52,7.52,8.52) หรือ 7.52 คะแนน ราคา (6.32,7.32,8.32) หรือ 7.32 คะแนน มีอายุการใช้งานนาน (6.14,7.14,8.14) หรือ 7.14 คะแนน ตามลำดับ

จากนั้นนำความต้องการของลูกค้ามาแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค โดยข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละปัจจัยจะต้องเป็นสิ่งที่ทำแล้วสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ สามารถวัดค่าได้ และควรมีลักษณะที่ไม่เฉพาะเจาะจง คือยังไม่ได้แสดงถึงเนื้อหารายละเอียดการออกแบบที่ชัดเจนนัก เนื่องจากยังอยู่ในขั้นตอนการวางแผน ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้ พร้อมค่าเป้าหมาย แสดงดัง ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อกำหนดทางเทคนิครวมถึงเป้าหมายและทิศทาง

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
1.ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	ราคาไม่เกิน 20,000 บาท	↓
2.มีสายดิน	มีสายดินติดตั้งไว้อย่างเหมาะสม	○
3.มีการรับประกันสินค้า	รับประกันการใช้งาน 2 ปี	↑
4.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	370 วัตต์	↓
5.ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	มอก.	○
6.สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	ใช้กับเตาแก๊ส 1 หัวเตา	↑
7.ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	ใช้วัสดุที่แข็งแรง ทนความร้อน	↑

ตารางที่ 4.4 ข้อกำหนดทางเทคนิครวมถึงเป้าหมายและทิศทาง (ต่อ)

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
8.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	ปริมาณควันลดลง 80%	↓
9.ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	สามารถสลายควันได้ 80%	↓
10.ตะแกรงดักจับไขมัน	สามารถดักจับไขมันได้ 70%	○
11.ตะแกรงถ่าน	กลิ่นที่ปล่อยออกมามีความเข้มระดับ 2	○
12.ความดังขณะเครื่องทำงาน	65db	↓
13.ปริมาณควันรอบๆเครื่อง หน่วย m^2	ไม่มี	↓
14.ทำความสะอาดได้ง่าย	ใช้ผ้าชุบแอลกอฮอล์หรือน้ำยาทำความสะอาดที่มีสภาพเป็นกลาง	↑
15.ติดตั้งได้ง่าย	ใช้เวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง	↑
16.เคลื่อนย้ายได้ง่าย	น้ำหนักไม่เกิน 25 กิโลกรัม	↑
17.หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	มีอุปกรณ์ทดแทนภายในประเทศ	↑
18.บำรุงรักษาได้ง่าย	อุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถถอดออกได้โดยง่าย	↑

หมายเหตุ ทิศทางซึ่งใช้สัญลักษณ์↑ หมายถึงแนวโน้มค่าเป้าหมายปรับเพิ่มขึ้นสัญลักษณ์↓ หมายถึงแนวโน้มค่าเป้าหมายปรับลดลงและสัญลักษณ์ ○หมายถึงแนวโน้มค่าเป้าหมายปรับคงที่

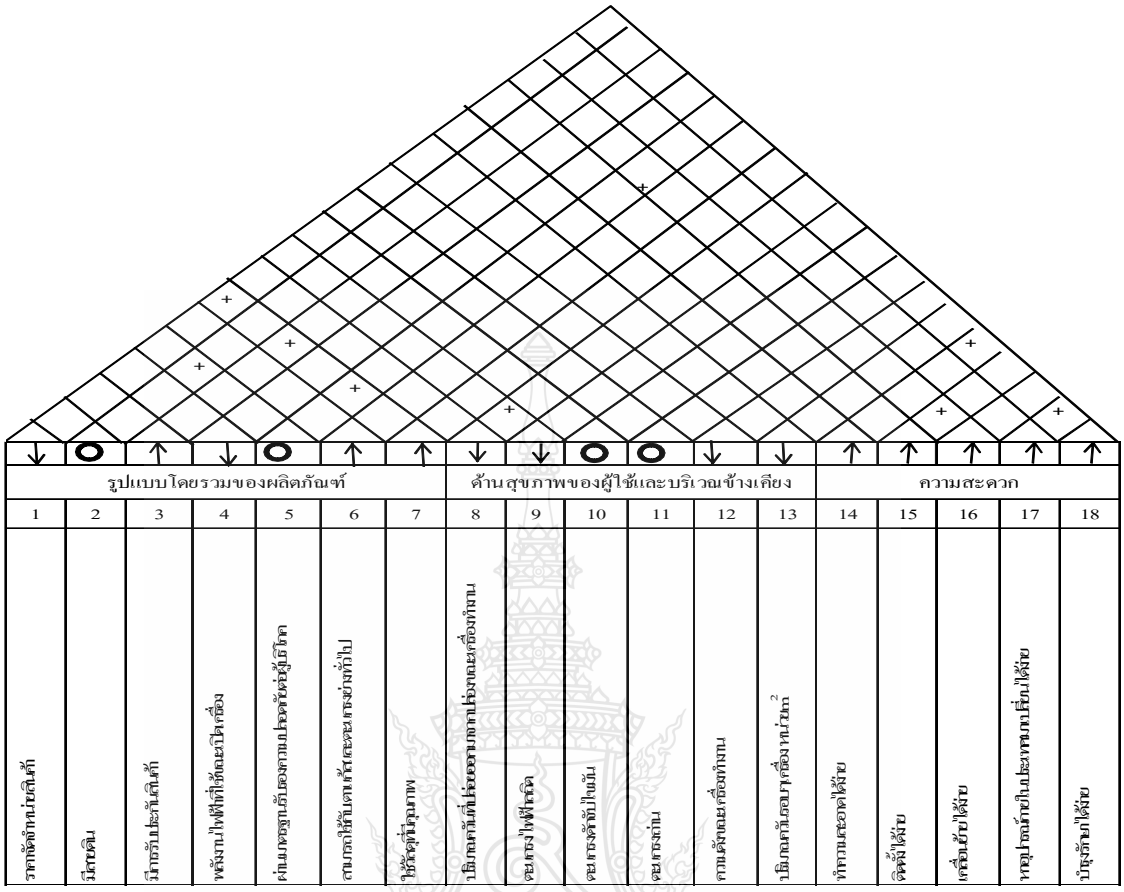
ที่มาของค่าเป้าหมายของข้อกำหนดทางเทคนิค

1) ราคาจัดจำหน่ายสินค้า ค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ ไม่เกิน 20,000 บาท จากการสอบถามราคาวัสดุ

2) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง และเคลื่อนย้ายได้ง่าย ค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 370 วัตต์ และมีน้ำหนักไม่เกิน 25 กิโลกรัม ตามลำดับ [3]

3) ความดังขณะเครื่องทำงาน จากคุณสมบัติเครื่องดูดควันตรา Framke [51]

เมื่อได้กำหนดข้อกำหนดทางเทคนิคของเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตแล้ว จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค ซึ่งผู้วิจัยพิจาณาข้อมูลและปรึกษาอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยแสดงผลไว้ด้านบนของตาราง หรือเรียกว่าหลังคา แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค

จากภาพที่ 4.1 พบว่าความสัมพันธ์ของข้อกำหนดทางเทคนิคใช้วัสดุที่มีคุณภาพ มีความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับทั้งราคาจัดจำหน่ายสินค้า มีการรับประกันสินค้า และผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคซึ่ง มีความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับ มีสายดิน ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงานมีความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับตะแกรงไฟฟ้าสถิตแต่ มีความสัมพันธ์แบบหักล้างกันกับปริมาณควันรอบๆเครื่อง สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไปมีความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับ ติดตั้งได้ง่าย และเคลื่อนย้ายได้ง่าย ติดตั้งได้ง่ายมีความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับเคลื่อนย้ายได้ง่าย บำรุงรักษาได้ง่ายความสัมพันธ์แบบเสริมกันกับหาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย และทำความสะอาดได้ง่าย

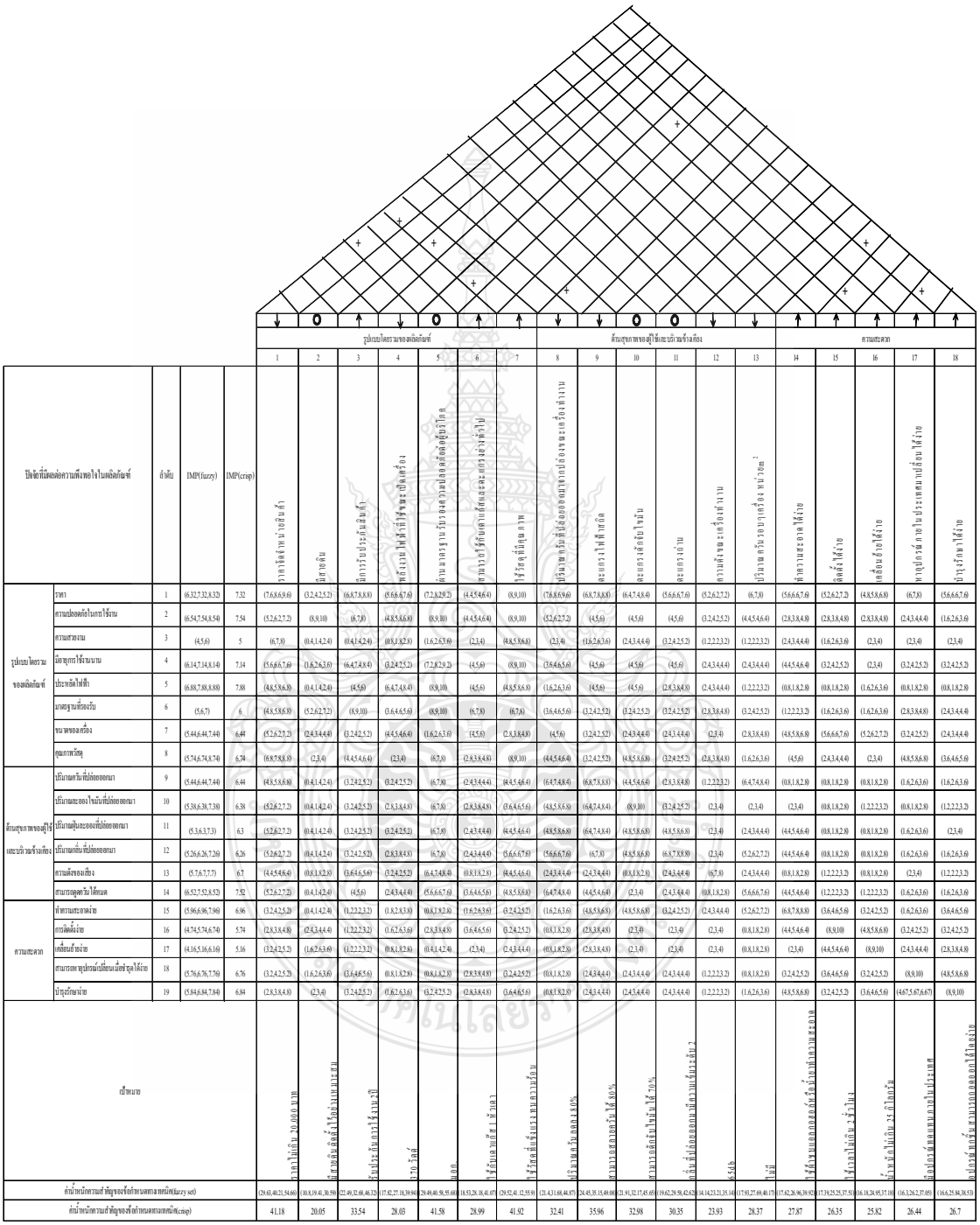
ในการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคสมบูรณ์ แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่า AI(fuzzy)	ค่า AI(crisp)	เรียงลำดับ
1.ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	(29.63,40.21,54.66)	41.18	3
2.มีสายดิน	(10.8,19.41,30.59)	20.05	18
3.มีการรับประกันสินค้า	(22.49,32.68,46.32)	33.54	5
4.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	(17.82,27.18,39.94)	28.03	11
5.ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	(29.49,40.58,55.68)	41.58	2
6.สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	(18.53,28.18,41.07)	28.99	9
7.ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	(29.52,41.12,55.9)	41.92	1
8.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	(21.4,31.68,44.87)	32.41	7
9.ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	(24.45,35.15,49.08)	35.96	4
10.ตะแกรงดักจับไขมัน	(21.91,32.17,45.65)	32.98	6
11.ตะแกรงถ่าน	(19.62,29.58,42.62)	30.35	8
12.ความดังขณะเครื่องทำงาน	(14.14,23.21,35.14)	23.93	17
13.ปริมาณควันรอบๆเครื่อง หน่วย m^2	(17.93,27.69,40.17)	28.37	10
14.ทำความสะอาดได้ง่าย	(17.62,26.96,39.92)	27.87	12
15.ติดตั้งได้ง่าย	(17.39,25.25,37.51)	26.35	15
16.เคลื่อนย้ายได้ง่าย	(16.18,24.95,37.18)	25.82	16
17.หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	(16.3,26.2,37.05)	26.44	14
18.บำรุงรักษาได้ง่าย	(16.6,25.84,38.53)	26.7	13

จากตารางที่ 4.5 ทำให้ทราบว่าปัจจัยการใช้วัสดุที่มีคุณภาพ (29.52,41.12,55.9) หรือ 41.92 คะแนน ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (29.49,40.58,55.68) หรือ 41.58 คะแนน ราคาจัดจำหน่ายสินค้า (29.63,40.21,54.66) หรือ 41.18 คะแนน ตะแกรงไฟฟ้าสถิต (24.45,35.15, 49.08) หรือ 35.96 คะแนน และมีการรับประกันสินค้า (22.49,32.68,46.32) หรือ 33.54 คะแนน เป็นปัจจัยเหล่านี้จะพิจารณาเป็นอันดับแรกๆในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะนำไปใช้ใน FQFD เฟสที่ 2 ต่อไป

จากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการทำ FQFD เฟสที่ 1 เมื่อนำข้อมูลมาใส่ในส่วนต่างๆของบ้าน ผลจะแสดงดังภาพที่ 4.2

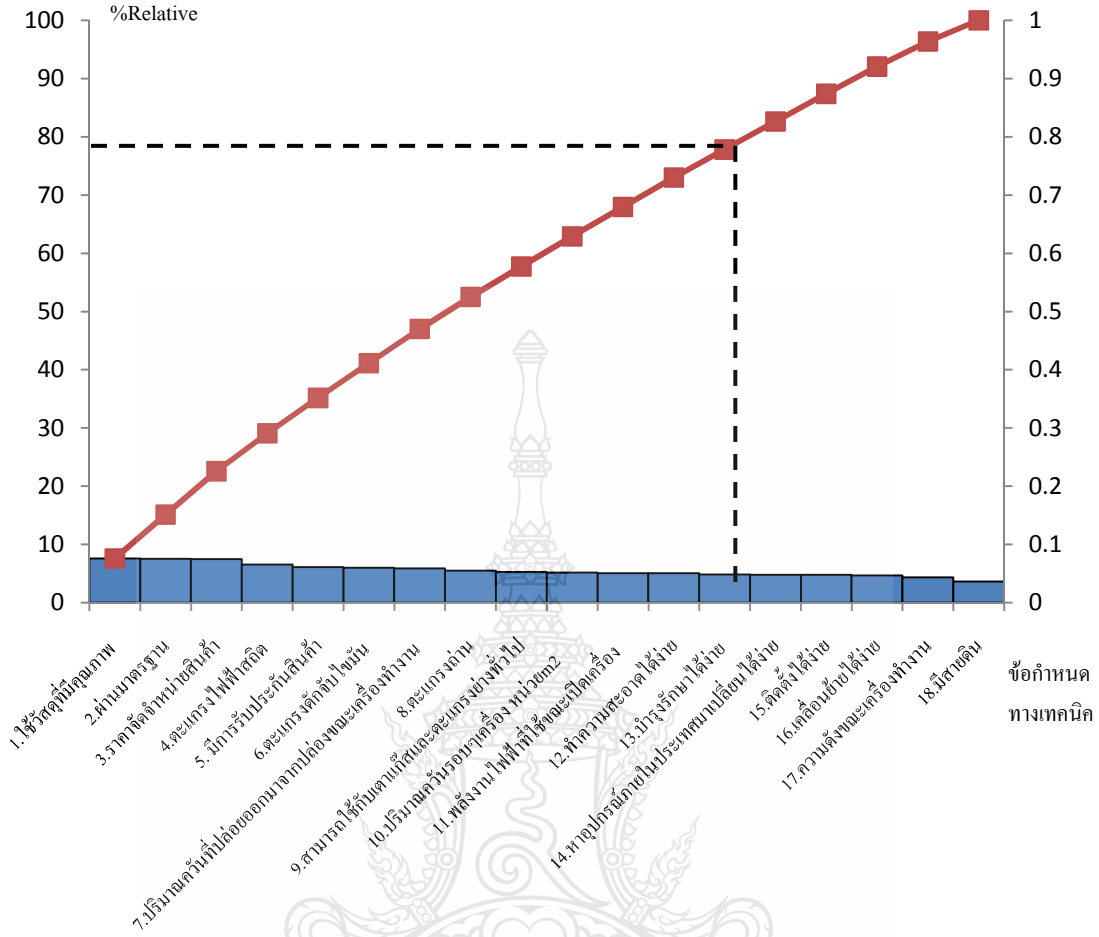


ภาพที่ 4.2 ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่ 1

เพื่อให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีความสำคัญกว่าก่อน จึงทำการคัดเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคตามลำดับมากไปน้อยโดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบรวมกันได้ ร้อยละ 80 ของทั้งหมดโดยประมาณ ตามหลักของพาเรโต [35] ดังภาพที่ 4.3 คือข้อกำหนดทางเทคนิคลำดับที่ 1-13 ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจะถูกนำไปพิจารณาใน FQFD เฟสที่ 2

ภาพที่ 4.6 ข้อกำหนดทางเทคนิคเรียงตามค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ

ข้อกำหนดทางเทคนิค	%Relative	คะแนนสะสม
1.ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	7.59	7.59
2.ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	7.53	15.12
3.ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	7.45	22.57
4.ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	6.51	29.08
5. มีการรับประกันสินค้า	6.07	35.15
6.ตะแกรงดักจับไขมัน	5.97	41.12
7.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	5.87	46.99
8.ตะแกรงถ่าน	5.49	52.48
9.สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	5.25	57.73
10.ปริมาณควันรอบๆเครื่อง หน่วย m^2	5.14	62.87
11.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	5.07	67.94
12.ทำความสะอาดได้ง่าย	5.04	72.98
13.บำรุงรักษาได้ง่าย	4.83	77.84
14.หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	4.79	82.6
15.ติดตั้งได้ง่าย	4.77	87.37
16.เคลื่อนย้ายได้ง่าย	4.67	92.04
17.ความดังขณะเครื่องทำงาน	4.33	96.37
18.มีสายดิน	3.63	100



ภาพที่ 4.3 การวิเคราะห์พาเรโตของข้อกำหนดทางเทคนิค

4.3 ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (FQFD) เฟสที่ 2

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำข้อกำหนทางเทคนิคในเฟสที่ 1 มาแปลงเป็นข้อกำหนดส่วนประกอบเพื่อสามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของชิ้นส่วนซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญในการออกแบบ ซึ่งนำข้อกำหนดทางเทคนิคและค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบจากเฟสที่ 1 เป็นข้อมูลนำเข้าในเฟสที่ 2 ข้อกำหนดส่วนประกอบและค่าเป้าหมาย แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อกำหนดส่วนประกอบและเป้าหมาย

ส่วนประกอบที่สำคัญ	ข้อกำหนดส่วนประกอบ	เป้าหมาย
โครง	1.วัสดุที่ใช้ทำโครง	สแตนเลส
	2.ขนาดของเครื่องดูดควัน	เตาแก๊ส 1 หัวเตา
พัดลม	3.ขนาดพัดลม	10 นิ้ว
	4.ความเร็วมอเตอร์	≥350rpm
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	5.จำนวนวัตถุปลายแหลม	90 อัน
	6.ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว	3 เซนติเมตร
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	7.ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต	bakelite
ตะแกรงถ่าน	8.ชนิดของถ่าน	ถ่านกัมมันต์
ตะแกรงดักจับไขมัน	9.วัสดุที่ใช้กรองไขมัน	ตะแกรงแบบ cyclonic filter
ตัวจ่ายแรงดัน	10.ค่าความต่างศักย์	12.3 kv

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบทำโดย FQFD ทีม โดยการให้คะแนนระดับความสัมพันธ์ทำเหมือนกันกับ FQFD เฟสที่ 1 จากนั้นทำการหาค่าระดับน้ำหนัก เป็นการหาความสำคัญของส่วนประกอบย่อย เมื่อได้ค่าระดับน้ำหนักแล้วจึงนำไปคำนวณค่าลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบ

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	ค่าระดับน้ำหนัก fuzzy	ค่าระดับน้ำหนัก crisp	เรียงลำดับ
1.วัสดุที่ใช้ทำโครง	(60.63,116.38,206.93)	175.11	2
2.ขนาดของเครื่องดูดควัน	(44.4,92.41,176.06)	141.85	6
3.ขนาดพัดลม	(60.25,117.42,209.36)	176.55	1
4.ความเร็วมอเตอร์	(46.63,97.01,179.88)	147.18	4
5.จำนวนวัตถุปลายแหลม	(27.83,67.92,139.84)	106.32	9
6.ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2ขั้ว	(31.34,62.76,130.62)	100.62	10
7.ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต	(46.63,95.86,177.03)	145.39	5

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบ (ต่อ)

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	ค่าระดับน้ำหนัก fuzzy	ค่าระดับน้ำหนัก crisp	เรียงลำดับ
8.ชนิดของถ่าน	(44.26,92.94,173.1)	141.13	7
9.วัสดุที่ใช้กรองไขมัน	(54.66,107.37,193.81)	162.12	3
10.ค่าความต่างศักย์	(32.13,76.12,150.13)	117.08	8

จากตารางที่ 4.8 ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกในการออกแบบและพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตคือขนาดพัดลม (60.25,117.42,209.36) หรือ 176.55 คะแนน วัสดุที่ใช้ทำโครง (60.63,116.38,206.93) หรือ 175.11 คะแนน วัสดุที่ใช้กรองไขมัน (54.66,107.37,193.81) หรือ 162.12 คะแนน ความเร็วมอเตอร์ (46.63,97.01,179.88) หรือ 147.18 คะแนน และชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต (46.63,95.86,177.03) หรือ 145.39 คะแนนตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันผลที่ได้ ดังภาพที่ 4.4

ความต้องการทางเทคนิค	อันดับที่	ค่าAI(fuzzy)	ค่าAI(crisp)	วัสดุที่ใช้ทำเตา	ขนาดของเครื่องดูดควัน	ขนาดพัดลม	ความเร็วรอบมอเตอร์	จำนวนใบของปลายแฉกพัดลม	ระยะห่างระหว่างใบพัดทั้งสองข้าง	พื้นผิวของวัสดุที่ใช้เป็นแบนและงานไฟฟ้าสถิต	พื้นผิวของเตา	วัสดุที่ใช้ดักจับไขมัน	ค่าความต่างศักย์
ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	1	(29.63,40.21,54.66)	41.18	(7.2,8.2,9.2)	(6,7,8)	(6.4,7.4,8.4)	(3.6,4.6,5.6)	(2,3,4)	(0.8,1.8,2.8)	(4.4,5.4,6.4)	(4,5,6)	(5.6,6.6,7.6)	(0.8,1.8,2.8)
มีสายดิน	2	(10.8,19.41,30.59)	20.05	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(0.8,1.8,2.8)	(1.4,2.4,3.4)	(0.4,1.4,2.4)	(0.4,1.4,2.4)	(2,3,4)	(0.4,1.4,2.4)	(0,1,2)	(3.2,4.2,5.2)
มีการรับประกันสินค้า	3	(22.49,32.68,46.32)	33.54	(5.2,6.2,7.2)	(0.8,1.8,2.8)	(1.6,2.6,3.6)	(2.6,3.6,4.6)	(0.4,1.4,2.4)	(0.4,1.4,2.4)	(2,3,4)	(1.6,2.6,3.6)	(4,5,6)	(1.2,2.2,3.2)
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปิดเครื่อง	4	(17.82,27.18,39.94)	28.03	(0,1,2)	(2.8,3.8,4.8)	(6,7,8)	(5.2,6.2,7.2)	(0.8,1.8,2.8)	(2.8,3.8,4.8)	(2.8,3.8,4.8)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(5.6,6.6,7.6)
ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	5	(29.49,40.58,55.68)	41.58	(5.2,6.2,7.2)	(1.2,2.2,3.2)	(2.4,3.4,4.4)	(2.4,3.4,4.4)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(4,5,6)	(3.2,4.2,5.2)	(4.8,5.8,6.8)	(3.6,4.6,5.6)
สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	6	(18.53,28.18,41.07)	28.99	(2.8,3.8,4.8)	(2.4,3.4,4.4)	(1.6,2.6,3.6)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)	(1.2,2.2,3.2)	(0.4,1.4,2.4)
ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	7	(29.52,41.12,55.9)	41.92	(6.8,7.8,8.8)	(0.4,1.4,2.4)	(2.4,3.4,4.4)	(2,3,4)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)	(5.2,6.2,7.2)	(4.4,5.4,6.4)	(4.4,5.4,5.6,4)	(0.4,1.4,2.4)
ปริมาณสารพิษที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	8	(21.4,31.68,44.87)	30.7	(2.4,3.4,4.4)	(2.8,3.8,4.8)	(5.2,6.2,7.2)	(4.8,5.8,6.8)	(4,5,6)	(2.4,3.4,4.4)	(1.6,2.6,3.6)	(3.6,4.6,5.6)	(2,3,4)	(2,3,4)
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	9	(24.45,35.15,49.08)	35.96	(1.2,2.2,3.2)	(2.4,3.4,4.4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3.6,4.6,5.6)	(3.2,4.2,5.2)	(5.2,6.2,7.2)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(4.4,5.4,6.4)
ตะแกรงดักจับไขมัน	10	(21.91,32.17,45.65)	32.98	(0.4,1.4,2.4)	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(2,3,4)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(4.8,5.8,6.8)	(1.2,2.2,3.2)
ตะแกรงถ่าน	11	(19.62,29.58,42.62)	30.35	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)	(0.8,1.8,2.8)	(1.6,2.6,3.6)	(4.8,5.8,6.8)	(1.2,2.2,3.2)	(0.8,1.8,2.8)
ความดังขณะเครื่องทำงาน	12	(14.14,23.21,35.14)	23.93	(2.4,3.4,4.4)	(1.2,2.2,3.2)	(4,5,6)	(4.8,5.8,6.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.4,1.4,2.4)	(1.2,2.2,3.2)
ปริมาณควันรอบๆเครื่อง หน่วยug/m^3	13	(17.93,27.69,40.17)	28.37	(2.4,3.4,4.4)	(2.8,3.8,4.8)	(5.6,6.6,7.6)	(5.6,6.6,7.6)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(1.6,2.6,3.6)	(2.8,3.8,4.8)	(1.6,2.6,3.6)	(0.4,1.4,2.4)
ทำความสะอาดได้ง่าย	14	(17.62,26.96,39.92)	27.87	(2.8,3.8,4.8)	(2.4,3.4,4.4)	(2.8,3.8,4.8)	(0.8,1.8,2.8)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)	(4,5,6)	(1.2,2.2,3.2)
ติดตั้งได้ง่าย	15	(17.39,25.25,37.51)	26.35	(2.4,3.4,4.4)	(4,5,6)	(3.2,4.2,5.2)	(0.8,1.8,2.8)	(2,3,4)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(1.6,2.6,3.6)	(1.6,2.6,3.6)	(1.2,2.2,3.2)
เคลื่อนย้ายได้ง่าย	16	(16.18,24.95,37.18)	25.82	(2.8,3.8,4.8)	(4,5,6)	(2.4,3.4,4.4)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(0.4,1.4,2.4)	(0.4,1.4,2.4)	(1.2,2.2,3.2)
หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	17	(16.3,26.2,37.05)	26.44	(4,5,6)	(2.8,3.8,4.8)	(3.2,4.2,5.2)	(0.8,1.8,2.8)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(0.8,1.8,2.8)	(2.8,3.8,4.8)	(2.8,3.8,4.8)	(1.2,2.2,3.2)
บำรุงรักษาได้ง่าย	18	(16.6,25.84,38.53)	26.7	(4,5,6)	(2.8,3.8,4.8)	(4,5,6)	(0.8,1.8,2.8)	(2.4,3.4,4.4)	(0.8,1.8,2.8)	(1.2,2.2,3.2)	(2.8,3.8,4.8)	(4,5,6)	(1.2,2.2,3.2)
เป้าหมาย				สเตนเลส	เคนแก๊ส 1 หัวเตา	10 นิ้ว	≥350rpm	90 องศา	3 เซนติเมตร	Bakelite	ถ่านกัมมันต์	ตะแกรงแบบ cyclonic filter	12.3 kv
ค่าระดับน้ำหนัก (fuzzy set)				(66.63,126.74,222.64)	(47.72,100.51,187.08)	(64.36,118.81,222.07)	(48.89,102.35,189.37)	(30.37,74.09,148.75)	(25.04,66.88,138.54)	(50.11,102.45,188.11)	(47.47,99.19,183.75)	(56.29,111.44,200.87)	(34.88,81.77,160.27)
ค่าระดับน้ำหนัก (crisp)				135.69	108.96	131.01	110.74	81.83	74.34	110.78	107.4	120.01	89.67

ภาพที่ 4.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่ 2

4.4 แนวทางในการปรับปรุงจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้ FQFD

ผลที่ได้จาก FQFD เฟสที่ 1 และเฟสที่ 2 นำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต โดยออกแบบชั้นวางตัวกรองในแนวตั้งตามแนวท่อระบายควันจำนวน 5 ชั้น ประกอบด้วยชั้นล่างสุด คือตะแกรงดักจับไขมัน ชั้นที่ 2 คือตะแกรงถ่าน ชั้นที่ 3 และ 4 คือตะแกรงไฟฟ้าสถิต ซึ่งมีรายละเอียดมีดังนี้

4.5.1 ขนาดของเครื่องดูดควัน ออกแบบปล่องให้มีขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 82 เซนติเมตร ท่อระบายควันสูง 54 เซนติเมตร กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร ซึ่งสามารถใช้ได้กับเตาแก๊ส 1 หัวเตาและตะแกรงย่าง

4.5.2 ขนาดพัดลม ใช้พัดลมแบบ axial fan ขนาด 10 นิ้ว

4.5.3 วัสดุที่ใช้ทำปล่องและท่อระบายควัน ใช้สแตนเลส

4.5.4 วัสดุที่ใช้กรองไขมัน ใช้ตะแกรงแบบ cyclonic filter

4.5.5 ความเร็วมอเตอร์ มากกว่าหรือเท่ากับ 350 rpm

4.5.6 ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต ใช้ bakelite

4.5.7 ชนิดของถ่าน ใช้ถ่านกัมมันต์

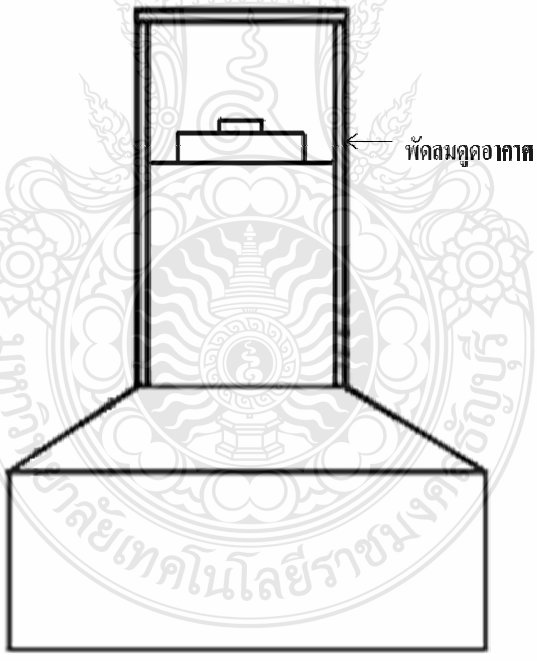
4.5.8 จำนวนวัตถุปลายแหลม 90 อัน

4.5.9 ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว มีระยะห่าง 3 เซนติเมตร

4.10 ค่าความต่างศักย์ เท่ากับ 12.3 kv

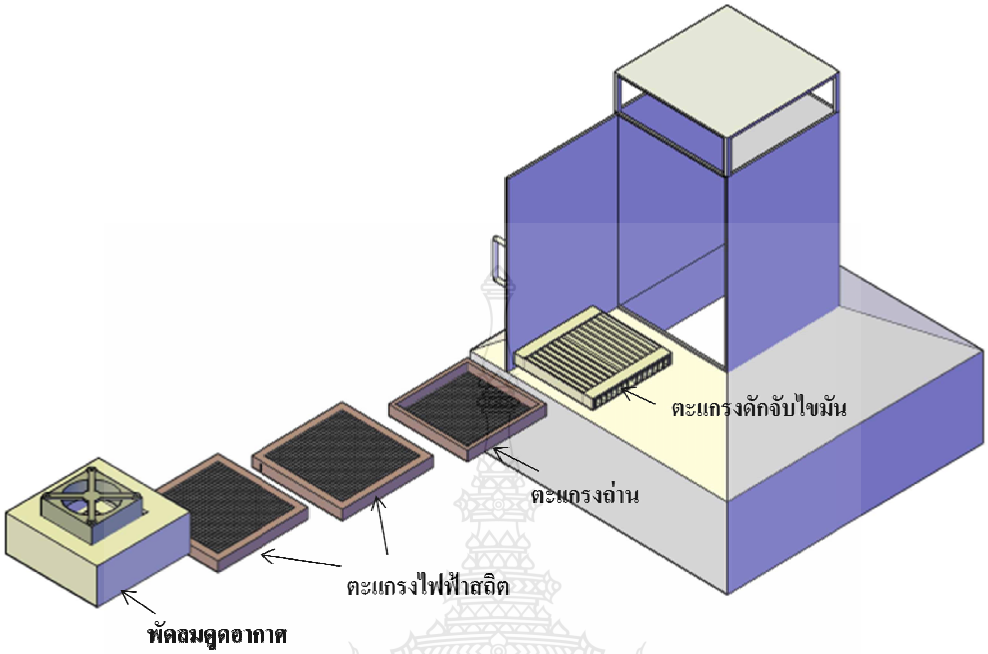
ภาพเครื่องดูดควันก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงดังนี้

1) เครื่องดูดควันก่อนปรับปรุง ดังภาพที่ 4.5



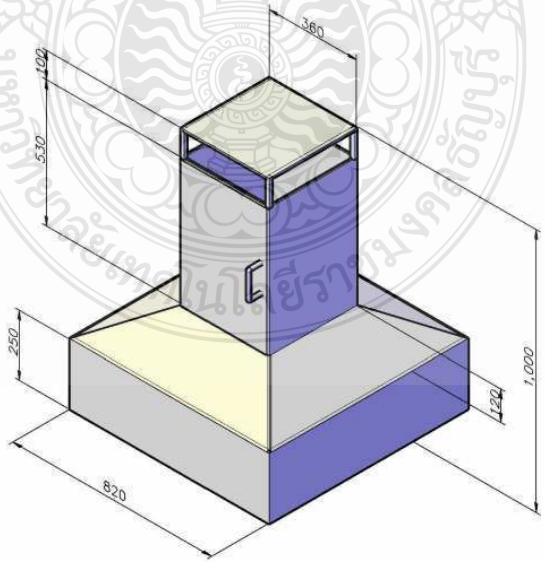
ภาพที่ 4.5 เครื่องดูดควันก่อนการปรับปรุง

2) เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตหลังการปรับปรุง และส่วนประกอบต่างๆ ดังภาพที่ 4.6



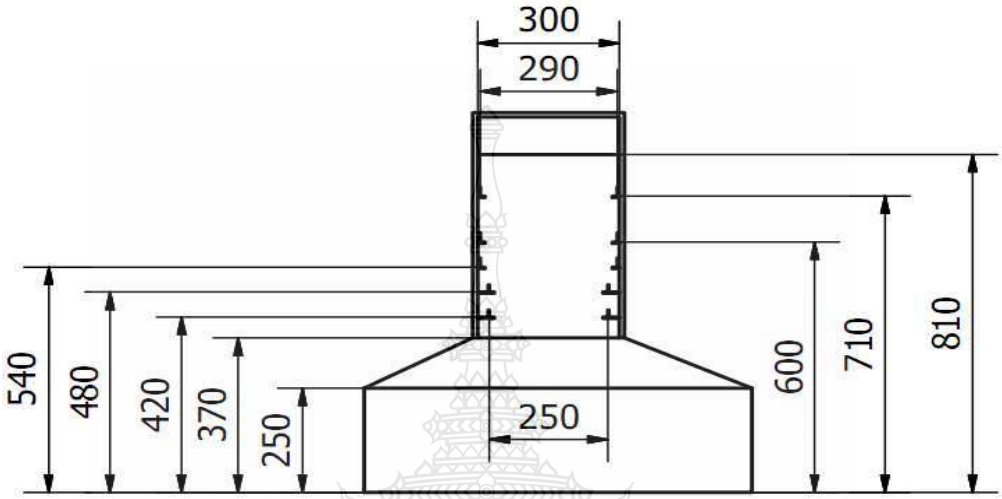
ภาพที่ 4.6 ส่วนประกอบภายในหลังการปรับปรุง

3) ภายนอกเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตหลังการปรับปรุง ดังภาพที่ 4.7 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



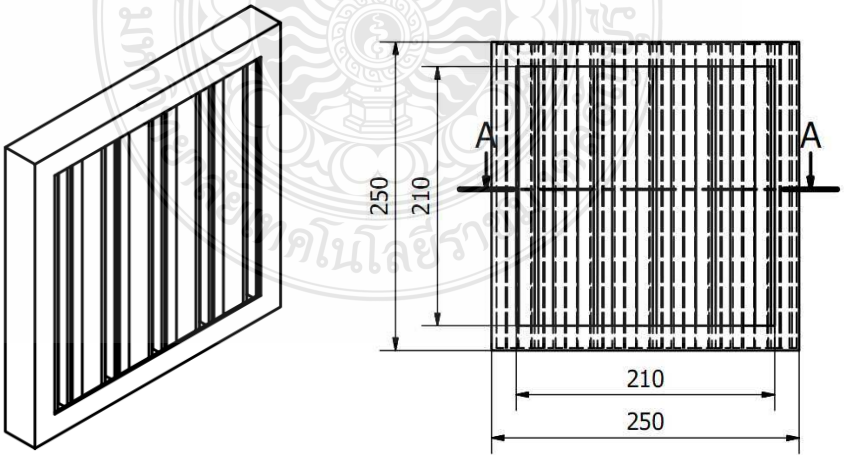
ภาพที่ 4.7 ภายนอกเครื่องดูดควันหลังการปรับปรุง

4) ภายในครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตหลังการปรับปรุง ดังภาพที่ 4.8 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



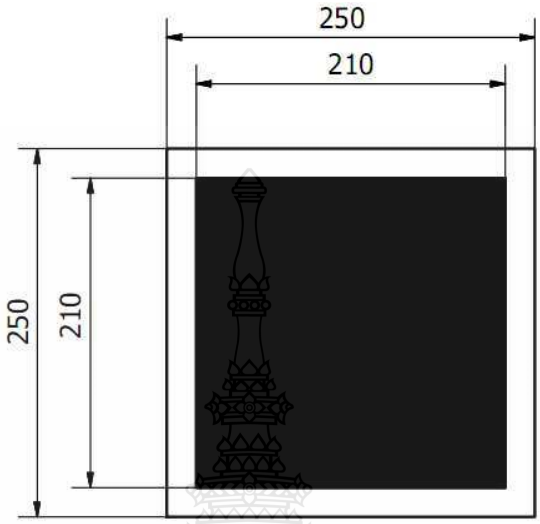
ภาพที่ 4.8 ภายในเครื่องดูดควันหลังการปรับปรุง

5) ตะแกรงดักจับไขมันมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีด้านเท่ากันทุกด้าน ดังภาพที่ 4.9 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



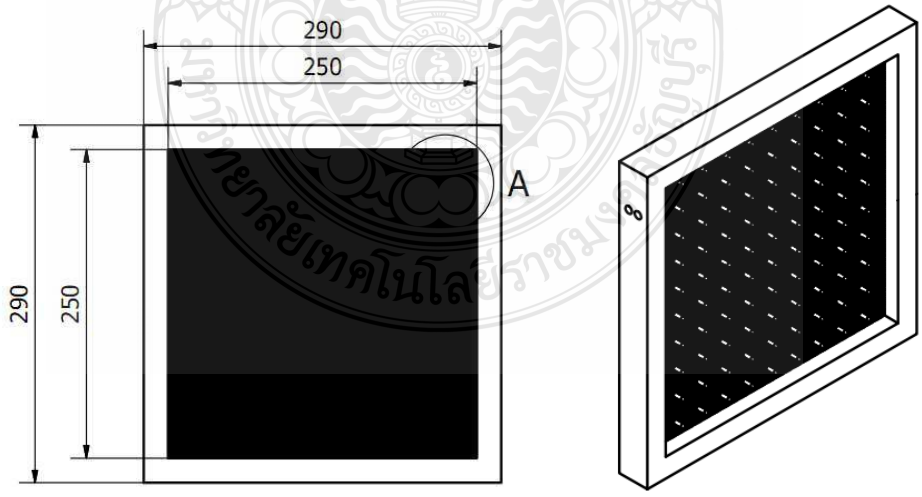
ภาพที่ 4.9 ตะแกรงดักจับไขมัน

6) ตะแกรงถ่านมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีด้านเท่ากันทุกด้าน ดังภาพที่ 4.10 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



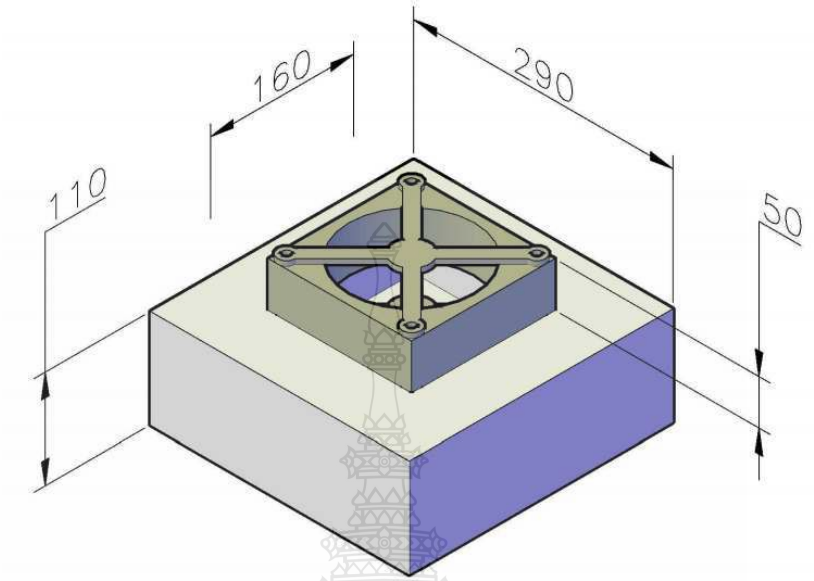
ภาพที่ 4.10 ตะแกรงถ่าน

7) ตะแกรงไฟฟ้าสถิตมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีด้านเท่ากันทุกด้าน ภายในมีวัตถุปลายแหลม ดังภาพที่ 4.11 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



ภาพที่ 4.11 ตะแกรงไฟฟ้าสถิต

8) พัดลมระบายอากาศ ดังภาพที่ 4.12 แสดงขนาดหน่วยเป็นมิลลิเมตร



ภาพที่ 4.12 พัดลมระบายอากาศ

การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยละเอียด แสดงในภาคผนวก ค

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้ฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในบทที่ 4 สามารถนำมาสรุปผลอภิปรายผลการวิจัย เสนอข้อเสนอแนะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยใช้ FQFD เพื่อให้ทราบความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจาก ศึกษาเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างแบบสอบถามและนำไปสำรวจความต้องการของลูกค้า ซึ่งกลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ใช้เครื่องดูดควันภายนอกอาคาร จำนวน 100 ท่านโดยใช้เป็นข้อมูลเข้าในขั้นตอนการสร้างเฟสที่ 1 โดยการแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค นำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนในเฟสที่ 2 ทำให้ทราบข้อกำหนดส่วนประกอบ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต จากผลการดำเนินงานสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

5.1.1 คุณลักษณะของเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า มีทั้งหมด 19 ปัจจัย เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคและผ่านขั้นตอนของ FQFD พบว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับการใช้วัสดุที่มีคุณภาพมากที่สุด รองลงมาคือผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ราคาจัดจำหน่ายสินค้า ตะแกรงไฟฟ้าสถิต และมีการรับประกันสินค้า

5.1.2 แนวทางออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต คือ ออกแบบชั้นวางตัวกรองในแนวตั้งตามแนวท่อระบายควันจำนวน 5 ชั้น ประกอบด้วยชั้นล่างสุด คือตะแกรงดักจับไขมัน ชั้นที่ 2 คือตะแกรงถ่าน ชั้นที่ 3 และ 4 คือตะแกรงไฟฟ้าสถิต รายละเอียดมีดังนี้

1) ขนาดของเครื่องดูดควัน ได้ทำการออกแบบปล่องให้มีขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 82 เซนติเมตร ท่อระบายควันสูง 53 เซนติเมตร กว้าง 32 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร ซึ่งสามารถใช้ได้กับเตาแก๊ส 1 หัวเตาและตะแกรงย่าง

2) ขนาดพัดลม ใช้พัดลมแบบ axial fan ขนาด 10 นิ้ว

3) วัสดุที่ใช้ทำปล่องและท่อระบายควัน ใช้สแตนเลส

4) วัสดุที่ใช้กรองไขมัน ใช้ตะแกรงแบบ cyclonic filter

5) ความเร็วมอเตอร์ มากกว่าหรือเท่ากับ 350 rpm

6) ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต ใช้ bakelite

7) ชนิดของถ่าน ใช้ถ่านกัมมันต์

8) จำนวนวัตถุปลายแหลม 90 อันตามขนาดของตะแกรงไฟฟ้าสถิต แบ่งเป็น 9 แถว แถวละ 10 อัน

9) ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว มีระยะห่าง 3 เซนติเมตร

10) ค่าความต่างศักย์ เท่ากับ 12.3 kv

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ในการออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ FQFD เป็นเทคนิคที่สำคัญที่ใช้ความพึงพอใจของลูกค้าเป็นพื้นฐาน โดยการแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่สามารถวัดผลได้ ทำให้สามารถออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า Gulsen Akman and Burcu Ozcan (2011) [32] ใช้ FQFD โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมในการออกแบบกระจกมองหลังในรถยนต์ Bevilacqua, Ciarapica and Giacchetta (2006) [50] ใช้ FQFD ใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมในการคัดเลือกผู้ขายวัตถุดิบในการซื้อชิ้นส่วนของโรงงานผลิต clutch coupling ทำให้ได้ผู้ขายวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติตอบสนองความต้องการในการจัดซื้อ Van Truong Luu and others (2008) [53] ใช้ FQFD ใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมในการปรับปรุงรูปแบบอพาร์ทเมนต์ เพื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าในประเทศเวียดนาม Eleonora Bottani and Antonio Rizzi (2006) [46] ใช้ FQFD ใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมในการจัดการการขนส่ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในทีมที่ให้คำปรึกษาและกลุ่มตัวอย่าง มีความสำคัญมากในการกำหนดรูปแบบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ การเลือกกลุ่มตัวอย่างและผู้เชี่ยวชาญจึงต้องเหมาะสมกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

5.3.2 การประยุกต์ใช้เทคนิค FQFD นั้นต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ควรมีการนำเทคนิค FQFD กลับมาปรับปรุง เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

5.3.3 งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต ที่ได้จากการการประยุกต์ใช้เทคนิค FQFD ซึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในลำดับต่อไป ต้องใช้การออกแบบการทดลองร่วมกับหลักสถิติ จากนั้นนำผลที่ได้ไปวัดความพึงพอใจของลูกค้า เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า

รายการอ้างอิง

[1] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **สถิติพลังงานของประเทศไทย๒๕๕๔.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dede.go.th [สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2555]

[2] Deborah Gross. **Commercial cooking elevates hazardous pollutants in the environment.** [Online]. Available: www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100324085304.htm [Retrieved March 2, 2012]

[3] วาทิต จิตรชอบค้า. **การสร้างและหาความสามารถ เครื่องดักจับควัน**. ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.

[4] มณฑลี ศาสนนันทน์. **การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย.** สมาคมส่งเสริมเทคโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[5] Selim Zalim and Mehmet Sevkli. **The Methodology of Quality Function Deployment with Crisp and Fuzzy Approaches and an Application in the Turkish Shampoo Industry.** [Online]. Available: http://jesr.journal.fatih.edu.tr/TheMethodologyofQualityFunction Deployme ntwithCrisp.pdf [Retrieved Febuary 10, 2012]

[6] วรรณวนัช บุ่งสุด. **การสร้างเครื่องมือสำหรับจัดอันดับข้อกำหนดทางเทคนิคในการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพโดยใช้ตัวเลขฟัซซี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2548.

[7] ฐิติมาภรณ์ เยาวรัตน์. **การใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตในการเรียงลำดับความชอบสำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวพร้อมดื่ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

[8] **ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/airpol_control.html# [สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2555]

[9] Wikipedia. **Extractor Hood.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Range_ hood [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555]

[10] ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. **เครื่องมือวิทยาศาสตร์.** ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา

[11] **เครื่องดูดควัน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.srangbaan.com/library-ch19smoke.htm [สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2555]

[12] Wikipedia. **สังกะสี(Zinc)และแคดเมียม(Cadmium).** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

http://www.lks.ac.th/student/kroo_su/chem10/note3.html [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555]

[13] Wikipedia. **เหล็กกล้าไร้สนิม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://th.wikipedia.org/wiki/เหล็กกล้าไร้สนิม [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555]

[14] ฉัตรชัย นิมมล. **ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ**. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[15] สราวุธ ศรีคุณ. **การศึกษาการดูดซับสีย้อมและไอออนโลหะตะกั่ว ด้วยถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[16] ปรินทร เต็มญารศิลป์. **การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมาจู๋.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

[17] Wikipedia. **Odor.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/Odor [สืบค้นเมื่อ10 ตุลาคม 2555]

[18] Andrey Livchak. **The facts mechanical grease.** [online]. Available: http://www.haltoncompany.com [Retrieved September 13, 2012]

[19] ประวิทย์ ลี้เหมือดภัย. **เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตสำหรับการกำจัดอนุภาคไอเสียจากเตาชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

[20] ปราโมชย์ เชี่ยวชาญ. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมควบคุม** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.stou.ac.th/Schools/Shs/upload/54114-5.doc [สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2554]

[21] พานิช อินต๊ะ. **ทฤษฎีและการออกแบบเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับการกำจัดอนุภาคแขวนลอยจากเตาเผาชีวมวล.** การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 2552.

[22] ชญาศักดิ์ รัตนโชติ. **เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับการดักจับเขม่าจากการเผาไหม้ไม้ฟืน.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22, 2551.

[23] Wikipedia. **ฉนวนไฟฟ้า.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/ฉนวนไฟฟ้า [สืบค้นเมื่อ10 ตุลาคม 2555]

[24] Wikipedia. **เบคิไลต์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://en.wikipedia.org/wiki/เบคิไลต์ [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555]

[25] นฤบดี ศรีสสังข์. **ประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคเขม่าควันของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต: ส่วนที่ 2 ผลกระทบของความต่างศักย์.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง

ประเทศไทยครั้งที่ 20, 2549.

[26] **การบำรุงรักษาเครื่องดูดควัน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fagorthailand.co.th/th/tips/tips_detail.php?tid=20&menu_id=5&submenu_id=5 [สืบค้นเมื่อ10 ตุลาคม 2555]

[27] กระทรวงอุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องดูดควันสำหรับเตาหุงต้มเฉพาะด้านความปลอดภัย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/ 2553/E/ 032/8.PDF [สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2555]

[28] สุดารัตน์ ตรองพาณิชย์. **การปรับคุณภาพในการบริการของธุรกิจทางด้านการขนส่งโดยใช้ทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์:กรณีศึกษาการขนส่งแบตเตอรี่.** วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[29] ปุณญาภา สิงห์ประทาน. **การปรับปรุงการให้บริการลูกค้าของเชียงใหม่ไนท์ซาฟารีโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553

[30] Chun-Yung Chuang. **Application of fuzzy QFD for knowledge acquisition in product design** Master's thesis. National Cheng Kung University, 2009.

[31] รัตติกาล กองบุญ. **การประเมินศักยภาพเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อการพาณิชย์ในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

[32] นารีรัตน์ จริยะปัญญา. **การออกแบบผลิตภัณฑ์ชุดเดินป่าโดยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553.

[33] ปริญญ์ บุญกนิษฐ์และดร.อรรคเจตต์ อภิชจรศิลป์. **การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,** สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

[34] นฤชยา สาตแฟง. **การออกแบบผลิตภัณฑ์จากข้าวและการพัฒนากระบวนการผลิตด้วยเทคนิการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและการออกแบบการทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

[35] วทัญญู สันตินิยม. **การปรับปรุงคุณภาพการออกแบบและวางแผนก่อสร้างบ้านพักอาศัยแบบเดี่ยวโดยใช้หลักการQFD.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

[36] พยุง มีสัจ. **.เอกสารประกอบการเรียนวิชาโครงข่ายประสาทเทียมและระบบฟัซซี.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://images.glaict2020.multiply.multi plycontent.com/attachment/0/TUZUjAooCxsAACpOfkM1/fuzzy_logic.pdf?key=glaict2020:journal:24&nmid=410395410 [สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2555]

[37] Myint, S. 2003. **A framework of an intelligent quality function deployment (IQFD) for**

discrete assembly environment. [Online]. Available: www.sciencealert.com [Retrieved February 9, 2012]

[38] อรสุธี เหลืองวีระ. **การประยุคเทคนิคคิวเอฟดีเพื่อปรับปรุงการผลิตและการบริการในโรงพิมพ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

[39] ณัฐพร นันทวงศ์. **การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณในการออกแบบเครื่องประดับแหวนเพชร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

[40] อารีวัลย์ แสนสนิท. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เหลวจากเมล็ดลำไยโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและการออกแบบการทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

[41] นมัสภรณ์ อำไพรัตน์. **การออกแบบระบบการให้บริการโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพ:กรณีศึกษาโรงพยาบาลของรัฐ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.

[42] พรรณวดี อภิศุภะโชค. **การปรับปรุงคุณภาพงานบริการของห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาโดยบูรณาการ LibQUAL และแบบจำลองของคาโน (Kano's Model) ไปยัง QFD**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

[43] Gargione, **Using quality function deployment (QFD) in the design phase of an apartment construction project**. Master's thesis. University of California, 1999.

[44] Ketan and Al-sabbagh. **Enhancing Product Planning via Utilizing Quality Function Deployment with Fuzzy Logic**. [Online]. Available: https://xa.yimg.com/kq/groups/24709 041/10450 13065/na m e/Enhancing [Retrieved February 9, 2012]

[45] Ming and others. **Using Fuzzy QFD for Design of Low-end Digital Camera**. [Online]. Available: http://www.cyut.edu.tw/~ijase/2004/ijase_2(3)_2.pdf [Retrieved February 9, 2012]

[46] Eleonora Bottani and Antonio Rizzi **Strategic management of logistics service : A fuzzy QFDapproach**. [Online]. Available: www.sciencedirect.com [Retrieved February 9, 2012]

[47] สิทธิชัย เชิดชูมาลัยกิจ. **การประยุกต์ใช้การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซตในการคัดเลือกผู้ขายวัตถุดิบ:กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อพลาสติก.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.

[48] บรรดล สุขปิติ. **การสร้างแบบทดสอบสัมฤทธิ์ผล.** นครปฐม: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม.

[49] กัลยา วานิชบัญชา. **สถิติสำหรับการวิจัย,** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[50] Bevilacqua, Ciarapica and Giacchetta. **A fuzzy-QFD approach to supplier selection.** [Online]. Available: www.sciencedirect.com [Retrieved February 9, 2012]

[51] Franke (Thailand) Co., Ltd. 2555. **Franke international collection**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.franke.com/content/kitchensystems/th/en/home/new_products/hood/_jcr_content/parCenter/cmpdll1_1302706386835/downloads/download_details/file.res/NewProducts_Hoods.pdf [สืบค้นเมื่อ 29 กันยายน 2555]

[52] Gulsen Akman and Burcu Ozcan. **A fuzzy quality function deployment(QFD) approach to determine customer needs for driving mirror**. Istanbul ticaret University Fen Bilimleri Dergisi, 2011.

[53] Van Truong Luu and others. **Quality Improvement of Apartment Projects Using Fuzzy-QFD Approach:A Case Study in Vietnam.** [Online]. Available: www.springerlink.com [Retrieved April 5, 2012]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบสอบถามการพัฒนาเครื่องดูดควันที่มีในปัจจุบันต่อระดับความพึงพอใจ

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับคะแนนความสำคัญของความต้องการหรือความคาดหวังเกี่ยวกับเครื่องดูดควัน โดยพิจารณาว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยที่ท่านคิดว่ามีความสำคัญ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องดูดควัน จึงใคร่ขอความกรุณาทุกท่านในการตอบแบบสอบถามชุดนี้ให้ครบทุกข้อ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ในการตอบแบบสอบถาม อันเป็นประโยชน์ในการวิจัยออกแบบเครื่องดูดควัน

ผู้วิจัย

แบบสอบถามโครงการวิจัย

เรื่องการพัฒนาเครื่องดูดควันที่มีในปัจจุบันต่อระดับความพึงพอใจ

โปรดทำเครื่องหมายถูกลงในช่อง ☐ ให้ตรงกับความเป็นจริง

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลผู้ทำแบบสอบถาม

1. เพศ

O ชาย Oหญิง

2. อายุ

Oต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี O 21-30 ปี O 31-40 ปี

O 41-50 ปี O51-60 ปี O มากกว่า 60 ปี

3. การศึกษา

O ต่ำกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา O มัธยมศึกษาตอนต้น Oมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช

Oอนุปริญญา/ปวส O ปริญญาตรี Oสูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้ต่อเดือน

Oต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท O16,000-20,000 บาท O21,000-25,000 บาท

O 26,000-30,000 บาท Oมากกว่า 30,000 บาท

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้เครื่องดูดควัน

1. ลักษณะของอาหารที่ขาย (ตอบได้มากกว่า 1 อย่าง)

Oต้ม Oนึ่ง Oผัด

Oปิ้ง Oทอด Oอื่นๆ(โปรดระบุ)……..

2. ราคาเครื่องดูดควันที่ซื้อ

O3,000-7,000 บาท O7,100-11,000 บาท O11,100-15,000 บาท

O15,100-19,000 บาท O มากกว่า19,000 บาท

3. เครื่องดูดควันที่ใช้อยู่เป็นแบบที่มีขายในร้านค้าทั่วไปหรือสั่งทำ

Oสั่งทำ O ประดิษฐ์ใช้เอง Oเป็นแบบที่มีขายในร้านค้าทั่วไป

4. ปริมาณการใช้เครื่องดูดควันใน1วัน

Oน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมง O 9-12 ชั่วโมง

Oมากกว่า 12 ชั่วโมง

5.ระยะเวลาในการใช้เครื่องดูดควัน

Oน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ปี O4-6 ปี

O7-9 ปี Oมากกว่า 9 ปี

6.ระยะเวลาในการประกอบอาชีพ

Oน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ปี O9-14 ปี

O15-20 ปี O มากกว่า 20 ปี

7.ปัญหาในการใช้เครื่องดูดควัน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

Oใช้ไฟฟ้ามาก Oยุ่งยากในการทำความสะอาด

Oปล่อยควันรบกวนบริเวณข้างเคียง Oปล่อยกลิ่นรบกวนบริเวณข้างเคียง

Oบำรุงรักษายาก Oอื่นๆ (โปรดระบุ).....

Oไม่มีปัญหา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามนี้มีเป้าหมายให้ผู้ทำแบบสอบถาม พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อระดับความพึงพอใจ

ในผลิตภัณฑ์ “เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต” ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง ในการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต โปรดทำเครื่องหมายถูกลงในช่องซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 5 ระดับ

ระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัย

5 หมายถึง ข้อความนั้น สำคัญมากที่สุด

4 หมายถึง ข้อความนั้น สำคัญมาก

3 หมายถึง ข้อความนั้น สำคัญปานกลาง

2 หมายถึง ข้อความนั้น สำคัญน้อย

1 หมายถึง ข้อความนั้น สำคัญน้อยที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์		ระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัย				
		1	2	3	4	5
รูปแบบโดยรวมของผลิตภัณฑ์	ราคา					
	ความปลอดภัยในการใช้งาน					
	ความสวยงาม					
	มีอายุการใช้งานนาน					
	ประหยัดไฟฟ้า					
	มาตรฐานที่รองรับ					
	ขนาดของเครื่อง					
	คุณภาพวัสดุ					
ด้านสุขภาพของผู้ใช้และบริเวณข้างเคียง	ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา					
	ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา					
	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา					
	ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา					
	ความดังของเสียง					

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์		ระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัย				
		1	2	3	4	5
ความสะดวก	สามารถดูดควันได้หมด					
	ทำความสะอาดง่าย					
	การติดตั้งง่าย					
	เคลื่อนย้ายง่าย					
	สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย					
	บำรุงรักษาง่าย					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้าโดยวิธี QFDและ FQFD

จากการสำรวจความต้องการของลูกค้าโดยใช้แบบสอบถาม ดังตารางที่ ข.1 ซึ่งจะเป็นข้อมูลนำมาคำนวณหาคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้าโดยวิธี QFD และ FQFD

ตารางที่ ข.1 สรุปข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่ 3 จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม 100 คน

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	ระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัย				
	1	2	3	4	5
1.ราคา	1	4	15	38	42
2.ความปลอดภัยในการใช้งาน	0	2	22	23	53
3.ความสวยงาม	10	24	35	18	13
4.มีอายุการใช้งานนาน	0	7	22	28	43
5.ประหยัดไฟฟ้า	13	7	11	11	58
6.มาตรฐานที่รองรับ	5	24	19	20	32
7.ขนาดของเครื่อง	0	11	23	39	27
8.คุณภาพวัสดุ	2	8	23	35	32
9.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา	2	7	34	31	26
10.ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา	2	18	24	21	35
11.ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา	3	10	27	39	21
12.ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	4	16	23	27	30
13.ความดังของเสียง	6	13	15	22	44
14.สามารถดูดควันได้หมด	2	4	15	24	55
15.ทำความสะอาดง่าย	1	4	32	22	41
16.การติดตั้งง่าย	6	11	46	14	23
17.เคลื่อนย้ายง่าย	10	27	25	21	17
18.สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย	7	7	13	37	36
19.บำรุงรักษาง่าย	1	7	24	35	33

<u>หมายเหตุ</u> ระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัย

5 หมายถึงข้อความนั้น <u>สำคัญมากที่สุด</u>

4 หมายถึงข้อความนั้น <u>สำคัญมาก</u>

3 หมายถึงข้อความนั้น <u>สำคัญปานกลาง</u>

2 หมายถึงข้อความนั้น<u>สำคัญน้อย</u>

1 หมายถึงข้อความนั้น<u>สำคัญน้อยที่สุด</u>

การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้าโดยวิธี FQFD แสดงดังนี้

1.ราคา

$$\text{ค่าคะแนนความสำคัญ}=\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(0,1,2)\oplus\big(4\otimes(2,3,4)\big)\oplus(15\otimes(4,5,6))\\ \oplus\big(38\otimes(6,7,8)\big)\oplus(42\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$$

$$=(6.32,7.32,8.32)$$

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(6.32+(2\times 7.32)+8.32)}{4}$$

$$=7.32$$

2.ความปลอดภัยในการใช้งาน

$$\text{ค่าคะแนนความสำคัญ}=\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}\big(2\otimes(2,3,4)\big)\oplus(22\otimes(4,5,6))\\ \oplus\big(23\otimes(6,7,8)\big)\oplus(53\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$$

$$=(6.54,7.54,8.54)$$

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(6.54+(2\times 7.54)+8.54)}{4}$$

$$=7.54$$

3.ความสวยงาม

$$\text{ค่าคะแนนความสำคัญ}=\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(10\otimes(0,1,2))\oplus\big(24\otimes(2,3,4)\big)\oplus(35\otimes(4,5,6))\\ \oplus\big(18\otimes(6,7,8)\big)\oplus(13\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$$

$$=(4,5,6)$$

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(4+(2\times 5)+6)}{4}$$

=5

4.มีอายุการใช้งานนาน

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(7\otimes(2,3,4))\oplus(22\otimes(4,5,6))\\ \oplus(28\otimes(6,7,8))\oplus(43\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(6.14,7.14,8.14)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(6.14+(2\times 7.14)+8.14)}{4}$$

=7.14

5.ประหยัดไฟฟ้า

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(13\otimes(0,1,2))\oplus(7\otimes(2,3,4))\oplus(11\otimes(4,5,6))\\ \oplus(11\otimes(6,7,8))\oplus(58\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(6.88,7.88,8.88)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(6.88+(2\times 7.88)+8.88)}{4}$$

=7.88

6.มาตรฐานที่รองรับ

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(5\otimes(0,1,2))\oplus(24\otimes(2,3,4))\oplus(19\otimes(4,5,6))\\ \oplus(20\otimes(6,7,8))\oplus(32\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5,6,7)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5+(2\times 6)+7)}{4}$$

=6

7.ขนาดของเครื่อง

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(11\otimes(2,3,4))\oplus(23\otimes(4,5,6))\\ \oplus(39\otimes(6,7,8))\oplus(27\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.44,6.44,7.44)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5.44+(2\times 6.44)+7.44)}{4}$$

=6.44

8.คุณภาพวัสดุ

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(2\otimes(0,1,2))\oplus(8\otimes(2,3,4))\oplus(23\otimes(4,5,6))\\ \oplus(35\otimes(6,7,8))\oplus(32\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.74,6.74,7.74)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5.74+(2\times 6.74)+7.74)}{4}$$

=6.74

9.ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(2\otimes(0,1,2))\oplus(7\otimes(2,3,4))\oplus(34\otimes(4,5,6))\\ \oplus(31\otimes(6,7,8))\oplus(26\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.44,6.44,7.44)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5.44+(2\times 6.44)+7.44)}{4}$$

=6.44

10.ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(2\otimes(0,1,2))\oplus(18\otimes(2,3,4))\oplus(24\otimes(4,5,6))\\ \oplus(21\otimes(6,7,8))\oplus(35\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.38,6.38,7.38)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5.38+(2\times 6.38)+7.38)}{4}$$

=6.38

11.ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(3\otimes(0,1,2))\oplus(10\otimes(2,3,4))\oplus(27\otimes(4,5,6))\\ \oplus(39\otimes(6,7,8))\oplus(21\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.3,6.3,7.3)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$=\frac{(5.3+(2\times 6.3)+7.3)}{4}$$

=6.3

12.ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100}\otimes\begin{Bmatrix}(4\otimes(0,1,2))\oplus(16\otimes(2,3,4))\oplus(23\otimes(4,5,6))\\ \oplus(27\otimes(6,7,8))\oplus(30\otimes(8,9,10))\end{Bmatrix}$

=(5.26,6.26,7.26)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(5.26 + (2 \times 6.26) + 7.26)}{4}$$

=6.26

13.ความดังของเสียง

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} ((6 \otimes (0,1,2)) \oplus (13 \otimes (2,3,4)) \oplus (15 \otimes (4,5,6))) \\ \oplus (22 \otimes (6,7,8)) \oplus (44 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(5.7,6.7,7.7)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(5.7 + (2 \times 6.7) + 7.7)}{4}$$

=6.7

14.สามารถดูดควันได้หมด

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} ((2 \otimes (0,1,2)) \oplus (4 \otimes (2,3,4)) \oplus (15 \otimes (4,5,6))) \\ \oplus (24 \otimes (6,7,8)) \oplus (55 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(6.52,7.52,8.52)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(6.52 + (2 \times 7.52) + 8.52)}{4}$$

=7.52

15.ทำความสะอาดง่าย

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} ((1 \otimes (0,1,2)) \oplus (4 \otimes (2,3,4)) \oplus (15 \otimes (4,5,6))) \\ \oplus (24 \otimes (6,7,8)) \oplus (55 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(5.96,6.96,7.96)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(5.96 + (2 \times 6.96) + 7.96)}{4}$$

=6.96

16.การติดตั้งง่าย

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} ((6 \otimes (0,1,2)) \oplus (11 \otimes (2,3,4)) \oplus (46 \otimes (4,5,6))) \\ \oplus (14 \otimes (6,7,8)) \oplus (23 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(4.74,5.74,6.74)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(4.74 + (2 \times 5.74) + 6.74)}{4}$$

=5.74

17.เคลื่อนย้ายง่าย

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} (10 \otimes (0,1,2)) \oplus (27 \otimes (2,3,4)) \oplus (25 \otimes (4,5,6)) \\ \oplus (21 \otimes (6,7,8)) \oplus (17 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(4.16,5.16,6.16)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(4.16 + (2 \times 5.16) + 6.16)}{4}$$

=5.16

18.สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} (7 \otimes (0,1,2)) \oplus (7 \otimes (2,3,4)) \oplus (13 \otimes (4,5,6)) \\ \oplus (37 \otimes (6,7,8)) \oplus (36 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(5.76,6.76,7.76)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(5.76 + (2 \times 6.76) + 7.76)}{4}$$

=6.76

19.บำรุงรักษาง่าย

ค่าคะแนนความสำคัญ=$\frac{1}{100} \otimes \begin{Bmatrix} (1 \otimes (0,1,2)) \oplus (7 \otimes (2,3,4)) \oplus (24 \otimes (4,5,6)) \\ \oplus (35 \otimes (6,7,8)) \oplus (33 \otimes (8,9,10)) \end{Bmatrix}$

=(5.84,6.84,7.84)

การแปลงตัวเลขฟัซซีเซตให้อยู่ในรูปตัวเลขธรรมดา

$$= \frac{(5.84 + (2 \times 6.84) + 7.84)}{4}$$

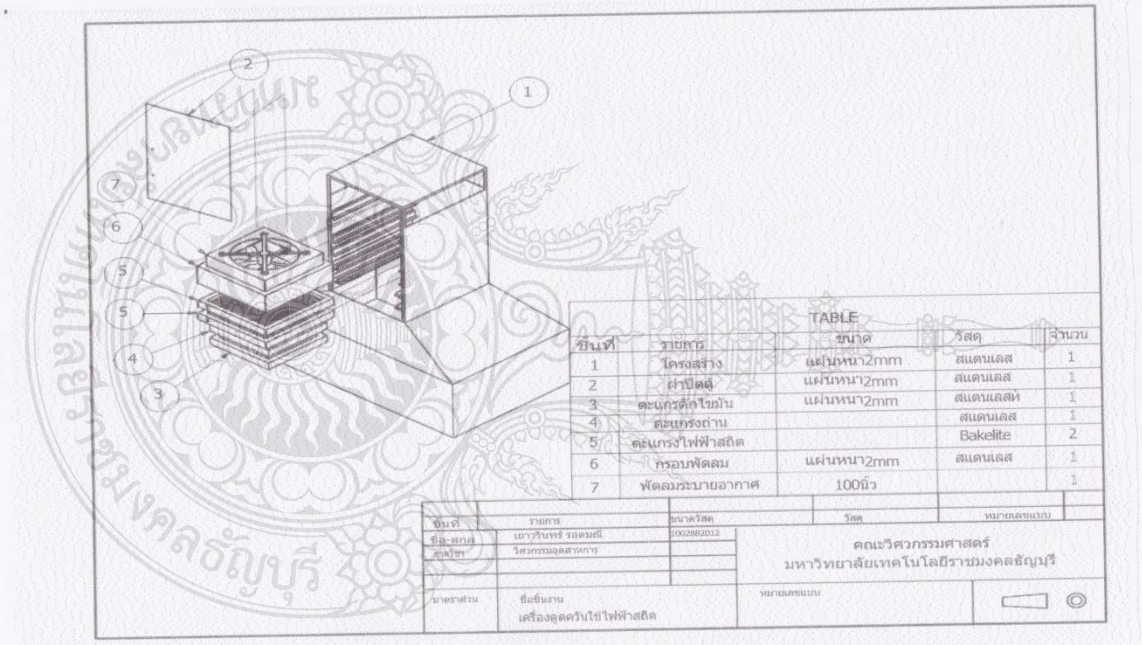
=6.84

ตารางที่ ข.2 สรุปผลคะแนนคะแนนความสำคัญของความต้องการของลูกค้า (ต่อ)

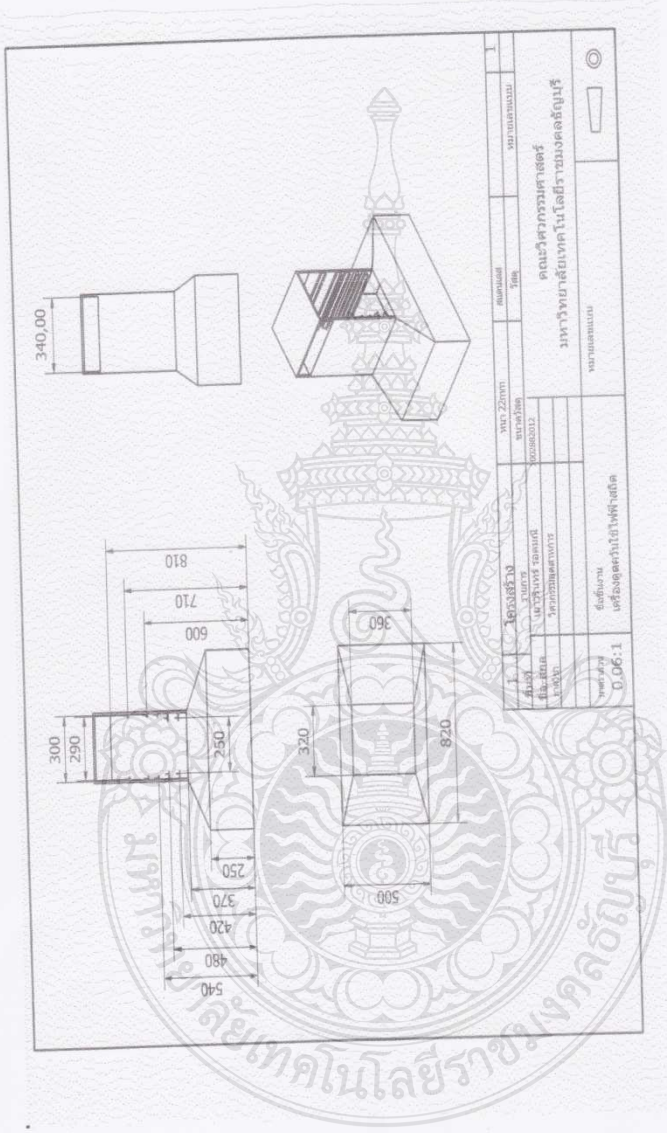
ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	ค่าIMP(fuzzy)	ค่าIMP(crisp)
1.ราคา	(6.32,7.32,8.32)	7.32
2.ความปลอดภัยในการใช้งาน	(6.54,7.54,8.54)	7.54
3.ความสวยงาม	(4,5,6)	5
4.มีอายุการใช้งานนาน	(6.14,7.14,8.14)	7.14
5.ประหยัดไฟฟ้า	(6.88,7.88,8.88)	7.88
6.มาตรฐานที่รองรับ	(5,6,7)	6
12.ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	(5.26,6.26,7.26)	6.26
13.ความดังของเสียง	(5.7,6.7,7.7)	6.7
14.สามารถดูดควันได้หมด	(6.52,7.52,8.52)	7.52
15.ทำความสะอาดง่าย	(5.96,6.96,7.96)	6.96
16.การติดตั้งง่าย	(4.74,5.74,6.74)	5.74
17.เคลื่อนย้ายง่าย	(4.16,5.16,6.16)	5.16
18.สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย	(5.76,6.76,7.76)	6.76
19.บำรุงรักษาง่าย	(5.84,6.84,7.84)	6.84

ภาคผนวก ค

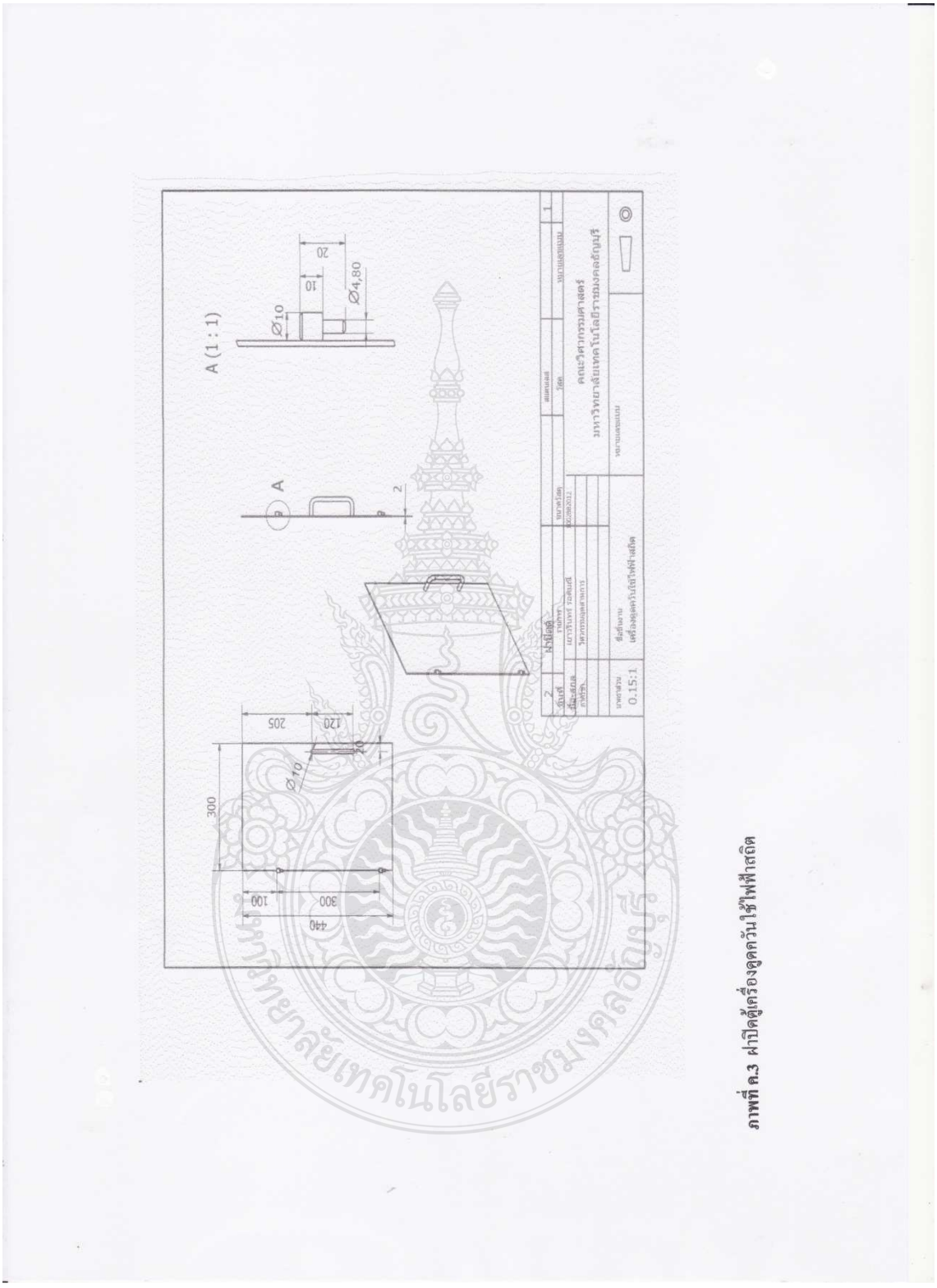
การออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต



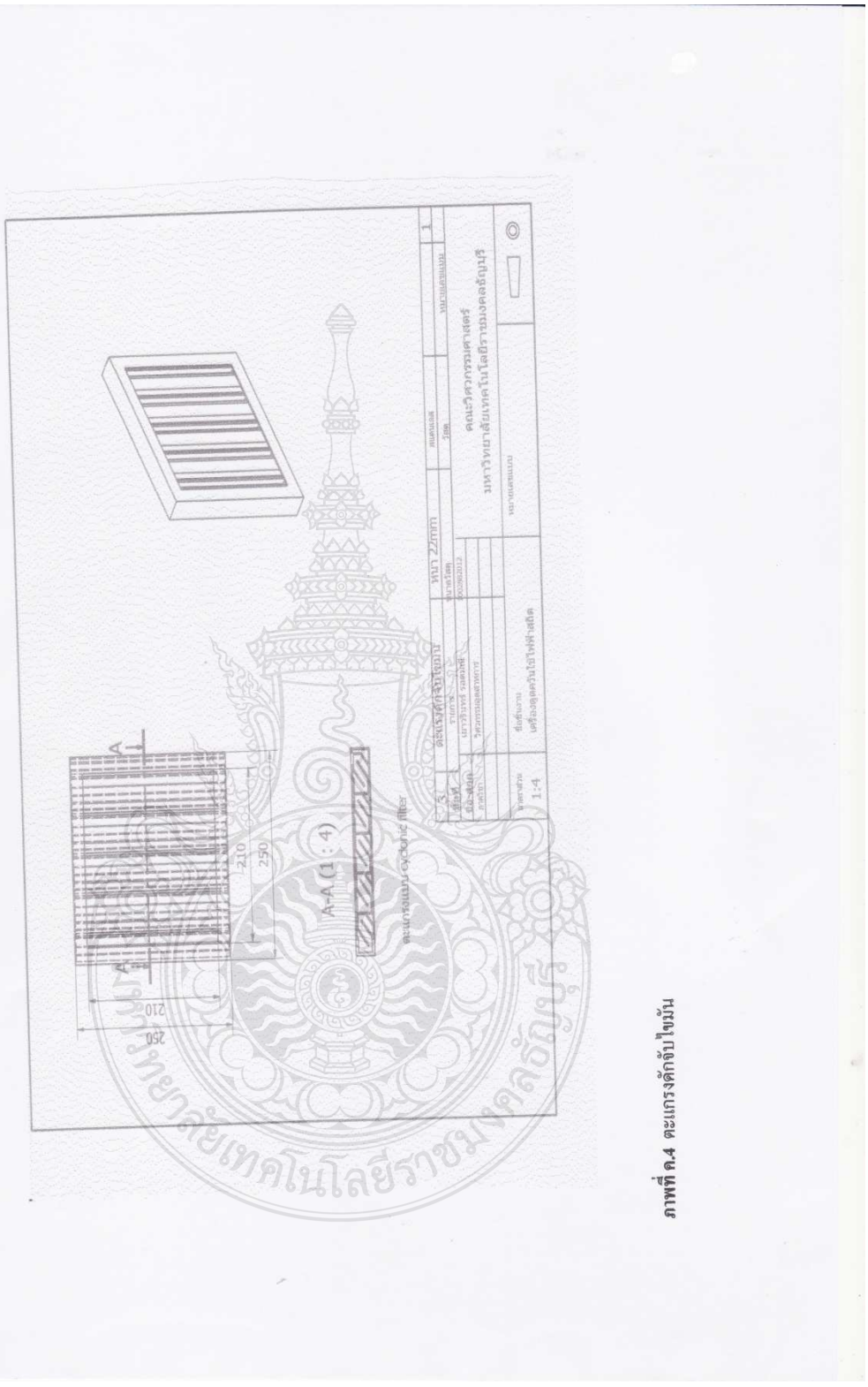
ภาพที่ ค.1 เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต



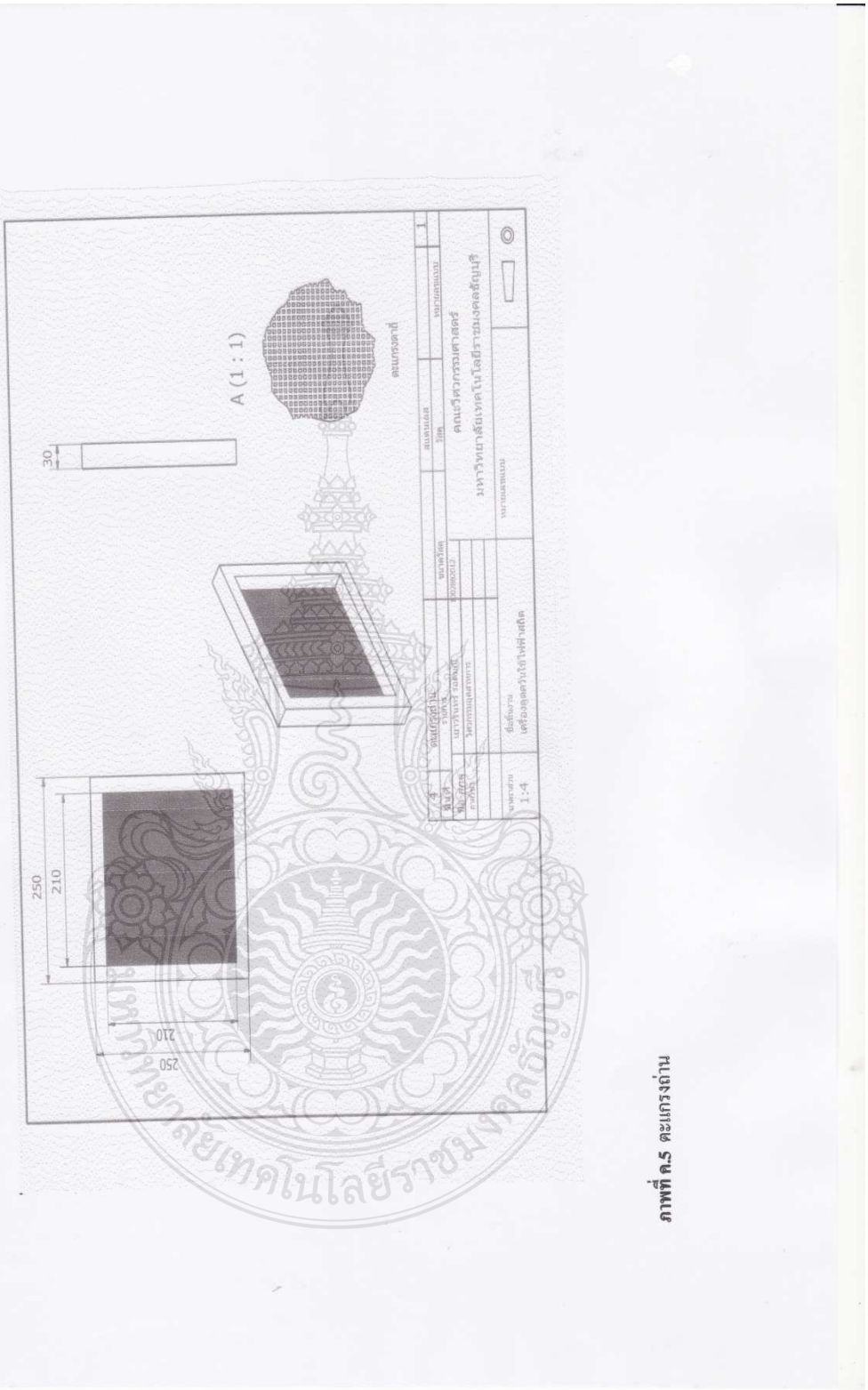
ภาพที่ ค.2 โครงสร้างเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต



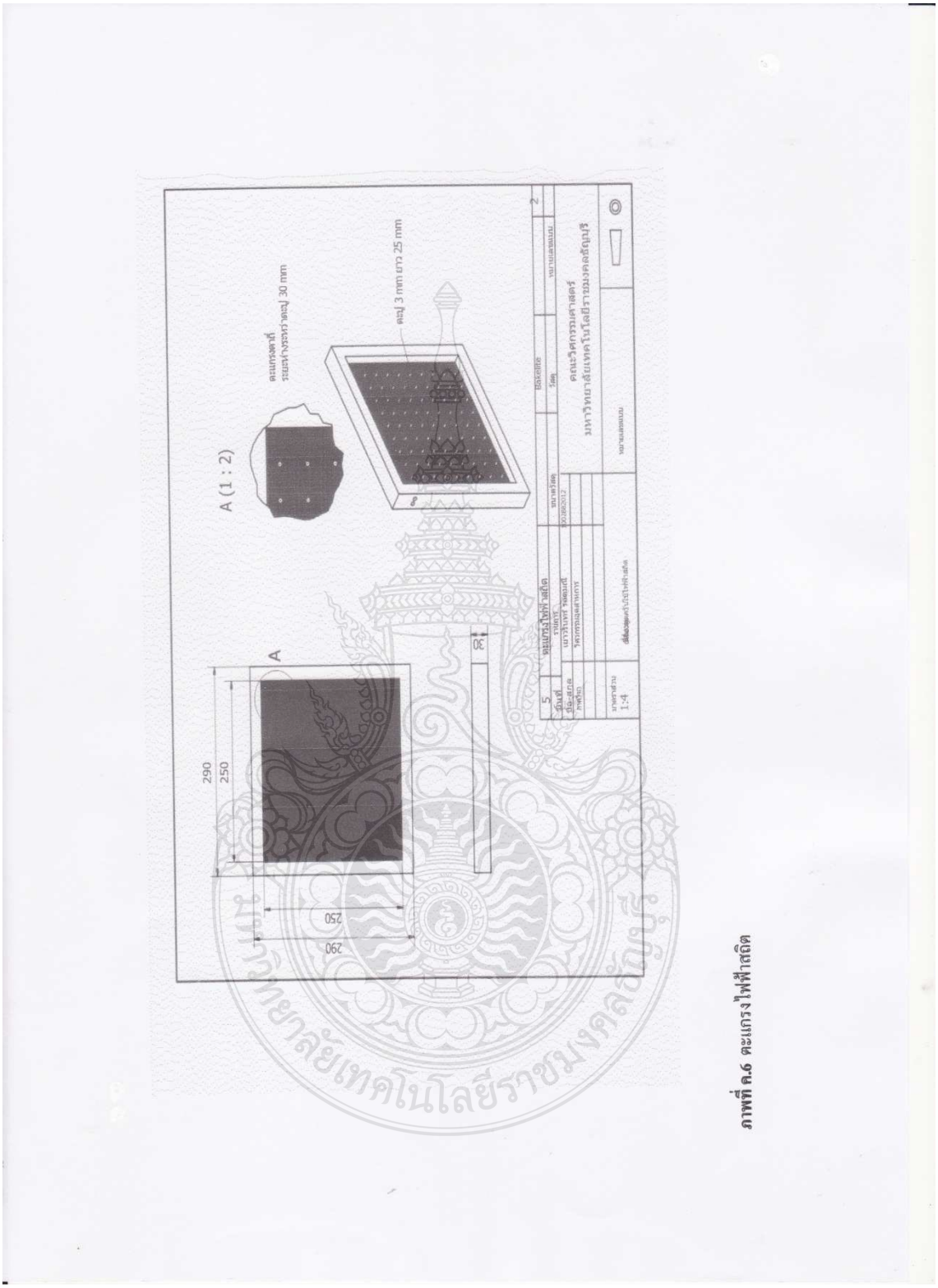
ภาพที่ ค.3 ฝาปิดตู้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต



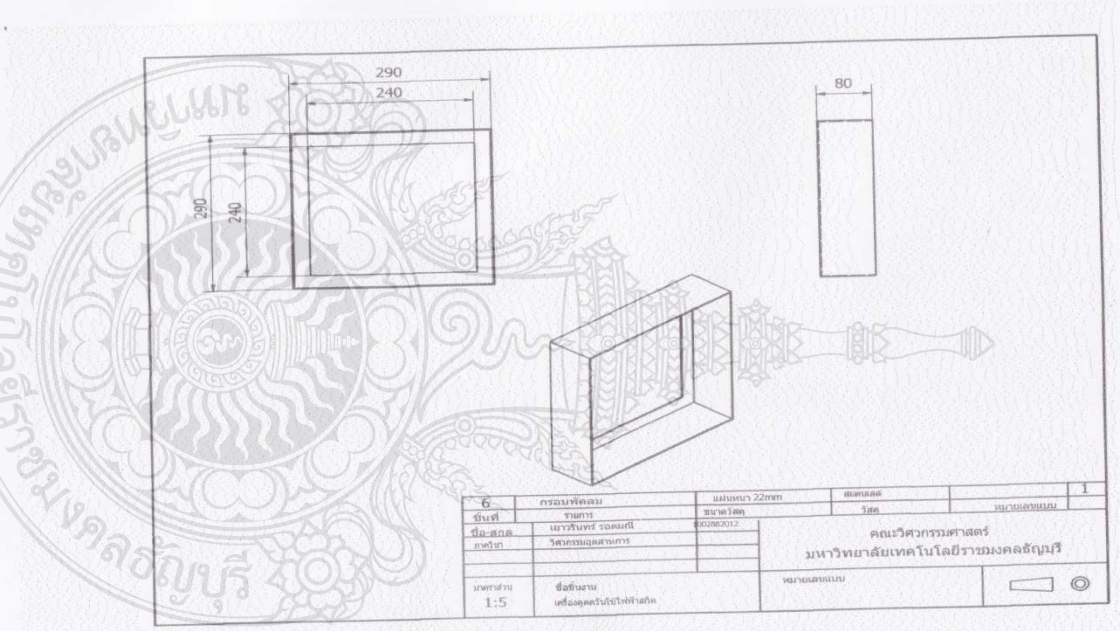
ภาพที่ ค.4 ตะแกรงดักจับไขมัน



ภาพที่ 5.9 แสดง



ภาพที่ ค.6 ตะแกรงไฟฟ้าสถิต



ภาพที่ ค.7 กรอบพัดลม

ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

เยาวรินทร์ รอดมณี. 2554. “การพัฒนาเครื่องดักควันด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ,” **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2554 20-21 ตุลาคม 2554**.

เยาวรินทร์ รอดมณี. 2555. “การประยุกต์ใช้ฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันแบบไฟฟ้าสถิต,” **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม) 2555.**

NETWORK 2011 @ RMUTT
ie
รวมบทคัดย่อ
การประชุมวิชาการข่ายงาน
วิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011
20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน
รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฏิภาณ จุ้ยเจิม
ดร.สุดารัตน์ วงศ์กีรเกียรติ
ดร.ปุณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิชภรณ์ วิชกูล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมื่นวณิชกูล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ
ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

ผศ.ชานนท์ มูลวรรณ
อ.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอขจายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิปาล
รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรทินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์
ผศ.ดร.อรรถพล สมุทคุปต์
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจารุวณิช
รศ.ดร.วิมลิน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วัสสนัย วรรธนัจฉริยา
ผศ.ดร.อภิชาต โสภาแดง
ดร.กรกฎ ใยบัวเทศ ทิพยาวงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป
รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์
รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล
รศ.สันติรัฐ นันสะอาง
ผศ.ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
ดร.วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์
ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น
อ.ปรัชาญา เพียสุระ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แหลมหลักสกุล
ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ
รศ.ดร. ฤดี มาสุจันท์
ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข
ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม
ดร.ชุมพล ยวงใย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทร์มณี
ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินต๊ะวงค์
ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ
ผศ.มนวิภา อาวิพันธุ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ
ผศ.เดช เหมือนขาว
ผศ.สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล
ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
ดร.ปภากร สุนานนท์
ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์
อ.นรา สมัตถภาพงศ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
ผศ.ดร.สวัสดิ์ ภาระราช
รศ.ดร.จิรศิริรพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์
ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัมฤทธิ์
ผศ.ดร.เสมอจิตร หอมรสสุคนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
ดร.ภาณุ บูรณจารุกร
อ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
ผศ.ศิษฏา สิมารักษ์
ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล
อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป
ผศ.ดร.บพิธ บุปผโชติ
ดร.นิดา ชัยมูล
ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช
ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์
ดร.จิรพรรณ เลี่ยงโรคาพาธ
ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์
ผศ.สินี สุขกรมใส
อ.ศิลปชัย วัฒนเสย
อ.พรรคพงษ์ แก่นณรงค์
ผศ.ดร.เพียงจันทร์ จริงจิตร
ดร.พิษณุ มนัสปิติ
อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผศ.ดร. กฤษดา พิศัลยบุตร
อ.นุกูล อุบลบาน
ดร.เลิศเลขา ธนะชัยขันธ์
อ.นันทวรรณ อ่ำเอียม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รศ.ธนรัตน์ แต้วัฒนา
ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
ดร.สิริเดช ชาตินิยม
ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผศ.พัฒนพงศ์ อริยสิทธิ์
อ.จักร์พันธ์ กัณหา
อ.ธนิน ศรีวะรมย์
อ.วรพจน์ พันธ์คง
ดร.ธริณี มณีศรี
อ.ชวลิต มณีศรี
อ.พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์
อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ
ผศ.สุขุม โฆษิตชัยมงคล
ดร.กัญจนา ทองสนิท
ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม
ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์
ผศ.วันชัย ลีลากวีวงศ์
ผศ.สุวัฒน์ เณรโต
ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
รศ.สมชาย ชูโฉม
ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์
ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
ผศ.ดร.รัญชนา สินธวาลัย
ผศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์
ผศ.เจริญ เจตวิจิตร
ผศ.ยอดดวง พันธ์นรา
รศ.วนิดา รัตนมณี
ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา
ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล
ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี
ผศ.ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
ผศ.ดร.องุ่น สังขพงศ์
ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ
ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

อ.จิตลดา ชิ้มเจริญ
อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์
อ.อรอุมา กอสนาน
อ.นิศากร สมสุข
อ.อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม
ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี
ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์
ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง
ผศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์
ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล
ดร.สัณณ์ โอฬาพิริยะกุล

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์
ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผศ.ชัยพฤกษ์ อาภาเวท
อ.เจษฎา วงศ์อ่อน
ผศ.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง
ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด
ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ
ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ
ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์
ผศ.สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์
รศ.มานพ ตันตระบัณฑิตย์
ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์
ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์
ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง
ดร.ระพี กาญจนะ
ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง

สารบัญ (ต่อ)

QMA14 การลดของเสียในกระบวนการผลิตใบพัดอัดอากาศของเครื่องยนต์เครื่องบินพาณิชย์ 107
กฤษดา ประสพชัยชนะ ประสงค์ สุขสวัสดิ์

QMA15 การทดลองเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการลดอัตราความผิดพลาดใน 108
การอ่านเขียน ของฮาร์ดดิกส์ไดร์ฟ
นิพนธ์ จิระพัฒน์พิศาล

QMA16 การลดปริมาณความบกพร่องของผลิตภัณฑ์แผ่นล็อคเฟืองท้ายรถกระบะบน 109
แม่พิมพ์ต่อเนื่องโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม
สาวิตรี วงค์สาย ช่อแก้ว จตุรานนท์ กฤษดา อัศวรุ่งแสงกุล

QMA17 ระบบสารสนเทศเพื่อการควบคุมคุณภาพการผลิตสำหรับวิสาหกิจชุมชนเชียงใหม่ 110
ชัยวัฒน์ กิตติเดชา พุทสายัน นราพินิจ

QMA18 การพัฒนาเครื่องดักควันด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ 111
เยาวรินทร์ รอดมณี ระพี กาญจนะ

QMA19 การปรับปรุงระบบบริหารหน่วยปฏิบัติการทดสอบลูกถ้วยไฟฟ้า 112
ตามแนวทางมาตรฐาน มอก. 17025:2548
จุฬารักษ์ วรรณปิยะรัตน์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

QMA20 การลดของเสียในกระบวนการผลิตปั๊มน้ำโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า 113
ยอดนภา เกษเมือง ปิยะบุตร วานิชพงพันธ์

QMA22 การประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปัง 114
เพื่อสุขภาพ
วิลาสินี มีมุข ระพี กาญจนะ

QMA23 การประยุกต์ใช้กระบวนการทางสถิติควบคุมคุณภาพของกระบวนการตรวจสอบผ้า 115
ธวัชชัย ว่องไวยิ่งเจริญ ดลธรรม เอมกานนท์ ปิยะพงษ์ ค้าคูณ
ณัฐพล มีแก้ว ประนาท เธียรธิติพฤฒิ

การพัฒนาเครื่องดักควันด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ
Electrostatic Precipitator Development by Using Quality Function Deployment

เยาวรินทร์ รอดมณี[1]* ระพี กาญจนะ[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Email : yaowarin_fight@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องดักควันโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต ที่ใช้วงจรทวีแรงดันเป็นแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันสูง เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการหาความต้องการของลูกค้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และสร้างแบบสอบถาม โดยนำมาหาระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าจากแบบสอบถาม ต่อจากนั้นทำการแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค เพื่อนำเข้าสู่การดำเนินการวิจัยตามแนวทางของเทคนิคบ้านคุณภาพ(House of Quality) โดยกลุ่มตัวอย่างของลูกค้าที่ทำการศึกษาได้แก่ ผู้ขายอาหารที่ใช้เครื่องดักควันแบบใช้ภายนอกอาคาร ในเขตอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จำนวน100 ท่าน ที่ระดับความเชื่อมั่น95% และความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม90% ผลที่ได้จากการศึกษาความต้องการของลูกค้านั้น ได้นำมาวิเคราะห์พบว่าระดับปัจจัยที่ลูกค้าให้ความสำคัญมากที่สุดคือความปลอดภัยในการใช้งานมีค่าคะแนนความสำคัญ 4.17 ความสามารถในการดักควันได้หมดมีค่าคะแนนความสำคัญ4.10 และราคามีค่าคะแนนความสำคัญ 4.04 รองลงมา จากการนำความต้องการของลูกค้ามาแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคทำให้ได้ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือปัจจัยการใช้วัสดุที่มีคุณภาพโดยมีค่าลำดับความสำคัญคือ9.57 ปัจจัยผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมีค่าลำดับความสำคัญคือ 7.31 และปัจจัยราคาจัดจำหน่ายสินค้ามีค่าลำดับความสำคัญ 7.23 รองลงมา จากการผลการวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงเครื่องดักควันให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า

คำหลัก เครื่องดักควัน, การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ, บ้านคุณภาพ

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554
20-21 ตุลาคม 2554

การพัฒนาเครื่องดักควันด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ

Electrostatic Precipitator Development by Using Quality Function Deployment

เยาวรินทร์ รอดมณี[1]* ระพี กาญจนะ[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Email : yaowarin_fight@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องดักควันโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต ที่ใช้วงจรทวีแรงดันเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ(Quality Function Deployment: QFD) ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการหาความต้องการของลูกค้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และสร้างแบบสอบถาม โดยนำมาหาระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าจากแบบสอบถาม ต่อจากนั้นทำการแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคเพื่อนำเข้าสู่การดำเนินการวิจัยตามแนวทางของเทคนิคบ้านคุณภาพ(House of Quality) โดยกลุ่มตัวอย่างของลูกค้าที่ทำการศึกษาได้แก่ ผู้ขายอาหารที่ใช้เครื่องดักควันแบบใช้ภายนอกอาคาร ในเขตอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จำนวน100 ท่าน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม90% ผลที่ได้จากการศึกษาความต้องการของลูกค้านั้น ได้นำมาวิเคราะห์พบว่าระดับปัจจัยที่ลูกค้าให้ความสำคัญมากที่สุดคือความปลอดภัยในการใช้งานมีค่าคะแนนความสำคัญ 4.17 ความสามารถในการดักควันได้หมดมีค่าคะแนนความสำคัญ4.10 และราคามีค่าคะแนนความสำคัญ 4.04 รองลงมา จากการนำความต้องการของลูกค้ามาแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคทำให้ได้ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือปัจจัยการใช้วัสดุที่มีคุณภาพโดยมีค่าลำดับความสำคัญคือ9.57 ปัจจัยผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมีค่าลำดับความสำคัญคือ 7.31 และปัจจัยราคาจัดจำหน่ายสินค้ามีค่าลำดับความสำคัญ 7.23 รองลงมา จากการผลการวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงเครื่องดักควันให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า

คำหลัก เครื่องดักควัน, การแปลงหน้าที่เชิง
คุณภาพ, บ้านคุณภาพ

1.บทนำ

ปัจจุบันในสังคมที่เร่งรีบในปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาให้ความนิยมซื้อความสะดวกในเรื่องอาหารการกินด้วยการซื้ออาหารจากร้านขายอาหาร จึงทำให้จำนวนร้านขายอาหารมีมากขึ้นตามความต้องการของผู้ซื้อ ในการประกอบอาหารแต่ละครั้งผลที่ได้นอกจากอาหารแล้วยังมีละอองไขมัน, ฝุ่นละออง, กลิ่นและควัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งควันนั้นก็คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

สถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย(เบื้องต้น)2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [1]

รูปที่1 สถิติปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นทุกปี การเผาไหม้ที่เกิดจากการประกอบอาหารจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออก ไซด์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยจะมาในรูปแบบของควัน, ละอองไขมัน และกลิ่นที่เป็นพิษ อีกทั้งยังสามารถฟุ้งกระจายไปได้ไกล การต่อปล่องระบายควันสูงนั้น อาจไม่แก้ปัญหาในระยะยาวแต่กลับสร้างมลพิษเพิ่มในอากาศ โดยเฉพาะร้านค้าที่อยู่ใกล้ชุมชน ในปัจจุบันจึงมีวิธีการหลากหลายที่จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต การปรับปรุงการผลิต การใช้ซ้ำ การรีไซเคิล การใช้พลังงานสะอาด หรือการดักจับ และกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [2]

การดักจับ และกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือการเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปล่อยจากระบบใดก็ตามมาเก็บไว้ในที่

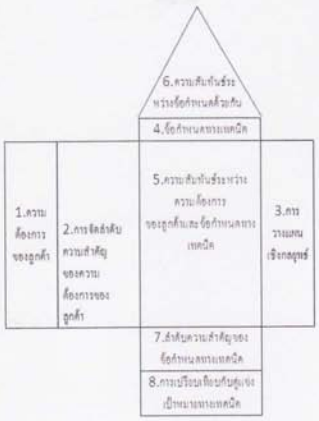
หนึ่งโดยไม่ปล่อยให้ออกสู่บรรยากาศโดยทั่วไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดักจับหลังจากเชื้อเพลิงถูกการเผาไหม้แล้ว ซึ่งปัจจุบันเครื่องดักควันที่ใช้กันตามร้านค้าเป็นเพียงเครื่องที่ดักควันออกไปจากร้านเท่านั้น ไม่ได้มีการสลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดักไขมัน และดูดกลิ่น จากงานวิจัยของ วาทิต จิตรชอบค้า 2554 [3] ที่ได้สร้างเครื่องดักควัน เพื่อดักควันจากการประกอบอาหาร โดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิตและใช้วงจรทวีแรงดันเป็นต้นกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง หลักการคือเมื่อควันหรือฝุ่นละอองถูกส่งผ่านยังปล่องควันก็จะถูกกรองด้วยตะแกรงดักจับไขมันและและตะแกรงดักจับฝุ่นละออง จากนั้นก็จะผ่านมายังตะแกรงขั้วบวกและขั้วลบ อนุภาคของควันหรือฝุ่นละอองจะได้รับประจุลบจากขั้วที่มีแรงดันไฟฟ้าสูง อนุภาคที่มีประจุนี้จะผลักกันเอง และถูกผลักโดยขั้วไฟฟ้าแรงดันสูงเนื่องจากประจุเหมือนกันจะผลักกัน จากนั้นอนุภาคก็จะลอยขึ้นมาเกาะที่ขั้วบวก ด้วยแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสอง จึงติดอยู่กับแผงประจุบวกไม่ลอยออกไป

ผลการวิจัยเครื่องดักควันที่สร้างขึ้นสามารถสลายคาร์บอนไดออกไซด์ได้เกือบหมดแต่ไม่ได้สลายกลิ่นที่ปล่อยออกมา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาเครื่องดักจับควันโดยมีแนวคิดมุ่งเน้นการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบสลายคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิต และดูดกลิ่นโดยใช้ถ่าน โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อให้ได้เครื่องดักควันที่สามารถดมมลภาวะทางอากาศที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนและตรงกับความต้องการของลูกค้า

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดโครงสร้างเพื่อจัดการออกแบบ วางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเน้นที่การตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก โดยเทคนิคนี้จะช่วยระบุความต้องการของลูกค้าได้อย่างชัดเจน และช่วยประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เพื่อสามารถกำหนดหน้าที่ผลิตภัณฑ์และสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว [4]

บ้านคุณภาพ(House of Quality: HOQ) เป็นตารางแรกของQFDโดยเกิดขึ้นจากการนำผลสำรวจความต้องการของลูกค้า (WHATs) และระดับความสำคัญของความต้องการของแต่ละข้อมาทำการพิจารณาข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ (Hows) ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้โดยนำมาเขียนอยู่ในรูปของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (WHATs VS HOWs) และข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆนั้นจะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน โดยเขียนเป็นเมตริกซ์รูปสามเหลี่ยมเหนือเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่าง WHATsกับ HOWsอันเปรียบเสมือนหลังคาของบ้านคุณภาพ [4]



รูปที่2 แสดงส่วนประกอบของบ้านคุณภาพ

ส่วนแรก ทางด้านซ้ายมือของบ้านคุณภาพ คือความต้องการของลูกค้า

ส่วนที่สอง ทางด้านซ้ายมือของบ้านคุณภาพคิดกับความต้องการของลูกค้า เป็นการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า

ส่วนที่สี่ ทางด้านบนตารางเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค เป็นการแจกแจงความต้องการของลูกค้าให้เป็นการกระทำเพื่อให้ลูกค้าได้รับในสิ่งที่ต้องการ

ส่วนที่ห้า ส่วนกลางของบ้านคุณภาพ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค

ส่วนที่หก ทางด้านหลังคาของบ้านคุณภาพ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคด้วยกันเอง

ส่วนที่เจ็ด ทางด้านล่างของบ้านคุณภาพ เป็นการนำค่าคะแนนที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค คะแนนความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นตัวบอกความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ (Absolute Technical Requirement Importance: AI)

ส่วนที่แปด ล่างสุดของบ้านคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์ทางเทคนิค การเปรียบเทียบกับคู่แข่ง เป้าหมายทางเทคนิค[6]

โดยเทคนิคบ้านคุณภาพจะถูกนำมาใช้เพื่อตอบคำถามและค้นหาว่า

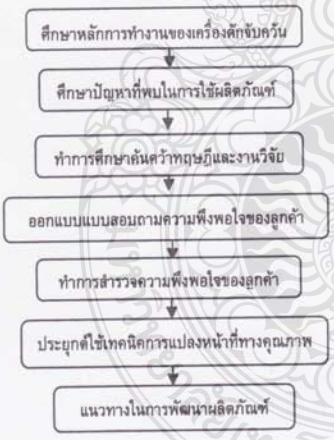
- อะไร (What) คือสิ่งที่ลูกค้าต้องการอย่างแท้จริงจากผลิตภัณฑ์เครื่องดักควัน
- อะไร (What) ในตัวผลิตภัณฑ์เครื่องดักควันที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

นอกจากที่ผู้วิจัยทำการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยแล้ว ยังได้ทำการสำรวจงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้การแปลง

หน้าที่เชิงคุณภาพ ได้แก่ อมรรัตน์ (2546) ใช้เทคนิคQFDทำการปรับปรุงสินค้าของโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา ผลการประเมินหลังการปรับปรุงพบว่ามีความพึงพอใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.1 ผลที่ได้ยังช่วยลดความซับซ้อนในการผลิตได้ [7] นอกจากนี้ วันชัย (2550) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์โรงงานยางปูพื้นปลอดภัยโดยใช้เทคนิคQFD ทำให้สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านวัตถุดิบที่ใช้ จากยางธรรมชาติเป็นยางสังเคราะห์NBR, สารเคมี, สารให้สี, รูปแบบ, ลวดลายและสีสันที่สวยงามและหลากหลายขึ้น ผลการประเมินพบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเพิ่มขึ้นร้อยละ19.98% และ จุฑากาญจน์ (2551) ได้พัฒนาเทียนหอมโดยใช้เทคนิค QFD พบว่าลูกค้าต้องการเทียนที่มีกลิ่นหอมมากที่สุด และข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือวัตถุดิบที่มีคุณภาพและประเภทกลิ่นที่ใช้นั้นรองลงมา ทำให้สามารถนำไปผลิตเป็นเทียนหอมที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า [8] ในปี พ.ศ. 2553 สมศักดิ์ได้ใช้เทคนิค QFD ทำการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รถยนต์บรรทุก 2ตัน ทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น36% ด้านนวัตกรรมผลิตภัณฑ์เพิ่ม12.45%เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เดิม [9]

3.วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่3



รูปที่3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 แบบสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อเครื่องดักควัน ได้ดำเนินการดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โดยศึกษาในส่วนของหลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องดักควันที่สลายควันโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิตโดยใช้วงจรทวีแรงดันเป็นตัวจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นพื้นฐานสำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.ศึกษาปัญหาจากการใช้เครื่องดักควัน โดยปรึกษาผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

3.ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยอย่างมีประสิทธิภาพ

4.สร้างแบบสอบถามเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างให้ค่าคะแนนน้ำหนักความสำคัญ (Importance Rating: IMP) โดยแบบสอบถามแบ่งเป็น3ส่วน คือส่วนที่1เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 4ข้อ ส่วนที่2 เป็นประสบการณ์การใช้เครื่องดักควันจำนวน 7 ข้อ ส่วนที่3 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อเครื่องดักควัน โดยให้ลูกค้าเป้าหมายให้คะแนนความสำคัญจากข้อมูลความต้องการ ในการประเมินให้คะแนนเป็นแบบเลือกระดับให้คะแนน 1-5(Rating) โดยที่ 5 หมายถึงสำคัญมากที่สุด 1หมายถึง ไม่สำคัญ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน3ท่านตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามก่อนจะนำไปสำรวจความต้องการของลูกค้า

5.สำรวจความต้องการของลูกค้า ในอำเภอธัญบุรี จำนวน189,407คน [10] โดยใช้เกณฑ์การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากตารางของTaro Yamane โดยกำหนดความคลาดเคลื่อน 90% จากตารางของTaro Yamane จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทำแบบสอบจากลูกค้ามีจำนวน 100 ชุด

3.2 ประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

ประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) โดยการสร้างบ้านคุณภาพ ซึ่งจะประกอบไปด้วยความต้องการของลูกค้า (WHATs), ข้อกำหนดทางเทคนิค (HOWs) และเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (WHATs VS HOWs)

4.ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้าจำนวน100คน เป็นชาย36คน หญิง64คน จากการสำรวจคะแนนความพึงพอใจในเครื่องดักควันจากลูกค้าโดยใช้แบบสอบถาม จะได้ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆที่มีอิทธิพลหรือมีผลต่อการตัดสินใจซื้อของลูกค้า และค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาใช้เป็นค่าคะแนนความสำคัญ (Importance Rating: IMP) ในบ้านคุณภาพ แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมีลักษณะเป็นการเลือกให้ระดับคะแนน ดังนั้นการสรุปค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลประเภทนี้จะต้องทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Geometric Mean) จึงจะให้ค่าเฉลี่ยที่น่าเชื่อถือที่สุด [11] ดังนี้

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[n]{N_1 \times N_2 \times N_3 \times \ldots \times N_n} \quad (1)$$

เมื่อ N คือค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

n คือจำนวนข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) จากแบบสอบถามโดยเรียงลำดับตามความสำคัญ

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	ค่าIMP	เรียงลำดับค่าIMP
ราคา	4.84	3
ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.17	1
ความสวยงาม	2.72	19
มีอายุการใช้งานนาน	3.93	4
ประหยัดไฟฟ้า	3.50	12
มาตรฐานรับรอง	3.43	15
ขนาดของเครื่อง	3.68	9
คุณภาพวัสดุ	3.70	7
ปริมาตรวัสดุที่ปล่อยออกมา	3.56	10
ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา	3.50	13
ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา	3.47	14
ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	3.39	16
ความดังของเสียง	3.55	11
สามารถดูดควันได้หมด	4.10	2
ทำความสะอาดง่าย	3.84	5
การติดตั้งง่าย	3.15	17
เคลื่อนย้ายง่าย	2.80	18
สามารถหาชุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย	3.69	8
บำรุงรักษาง่าย	3.78	6

จากผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่าลูกค้าให้ระดับความสำคัญต่อคุณลักษณะของเครื่องดักควันในระดับมากดังนี้ คือ (1) ความปลอดภัยในการใช้งาน (2) สามารถดักควันได้หมด และ (3) ราคาเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ตามด้วย (4) มีอายุการใช้งานนานมีความสำคัญระดับปานกลาง ตามด้วยเรื่องคุณลักษณะด้วยความสวยงามของผลิตภัณฑ์ลูกค้าได้ให้ระดับความสำคัญน้อยที่สุด

4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย QFD

หลังจากได้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและระดับความสำคัญของความต้องการแต่ละประเด็น (IMP) มาทำการพิจารณาโดยแบ่งเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ (Technical Requirement) ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าดังตารางที่2 ซึ่งข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อจะมีการกำหนดค่าเป้าหมาย (Target Value) โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ของค่าเป้าหมายว่าจะมีความเป็นไปได้ในลักษณะใด [12]

-แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับลดลง ใช้สัญลักษณ์ ↑

-แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับคงที่ ใช้สัญลักษณ์ ○

-แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับเพิ่มขึ้นใช้สัญลักษณ์ ↓

ตารางที่2 แสดงค่าเปอร์เซนต์สำคับความสำคัญโดยการเปรียบเทียบของข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	%เน้นหนักความสำคัญโดยการเปรียบเทียบ	เป้าหมาย
ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	7.23	ราคาไม่เกิน10,000บาท
มีสายดิน	2.47	มีสายดินติดตั้งไว้อย่างแน่นหนา
มีการรับประกันสินค้า	6.82	รับประกันการใช้งาน1ปี
หลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	5.53	300 วัตต์
ค่าแมคราฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	7.31	มอก.
สามารถใช้กับลมเย็นและละอองต่างทั่วไป	4.36	มีขนาดใกล้เคียงกับแสที่ใช้ทั่วไป
ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	9.57	ใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน
ปริมาตรวัสดุที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	6.79	น้อยมากจนแทบไม่มี
ขนาดงานไฟฟ้าต่ำ	3.57	สามารถสอดรับได้หมด
ขนาดดักจับไขมัน	4.47	สามารถดักจับละอองไขมันขนาดเล็กมากๆ
ขนาดดักจับฝุ่นละออง	4.34	สามารถดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กมากๆ
ขนาดกลิ่น	4.07	สามารถดูดกลิ่นขนาดเล็กๆได้
ความดังขณะเครื่องทำงาน	2.29	มีเสียงดังเล็กน้อย
ปริมาตรวัสดุขนาด หน่วย m^2	4.04	น้อยมากจนแทบไม่มี
ทำความสะอาดได้ง่าย	5.58	ทำความสะอาดได้ง่าย
ติดตั้งได้ง่าย	4.69	ติดตั้งใช้งานไม่นาน
เคลื่อนย้ายได้ง่าย	4	สามารถถอดออกเคลื่อนย้ายได้
หาชุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	5.99	มีชุปกรณ์ขนาดมาตรฐานภายในประเทศ
บำรุงรักษาได้ง่าย	7.08	บำรุงรักษาได้ง่าย

โดยจากตารางที่2 ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพโดยมีเป้าหมายคือใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน รวมถึงผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และราคาจำหน่ายสินค้าเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญรองลงมา

ความสัมพันธ์ร่วมกันของข้อกำหนดทางเทคนิคมีการใช้ความสัมพันธ์เป็นสัญลักษณ์2แบบคือ "+"มีความสัมพันธ์แบบเสริมกันและ "-" มีความสัมพันธ์แบบหักล้างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคเป็นการตั้งคำถามว่ "ถ้าเราทำการควบคุมข้อกำหนดทางเทคนิคดังกล่าว จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความต้องการของลูกค้าหรือไม่" คะแนนความสัมพันธ์ใช้เป็นตัวเลขมีความหมายดังนี้ [13]

-หมายเลข9 หมายถึง มีความสัมพันธ์มาก

-หมายเลข3 หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง

-หมายเลข1 หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย

-ช่องว่าง หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

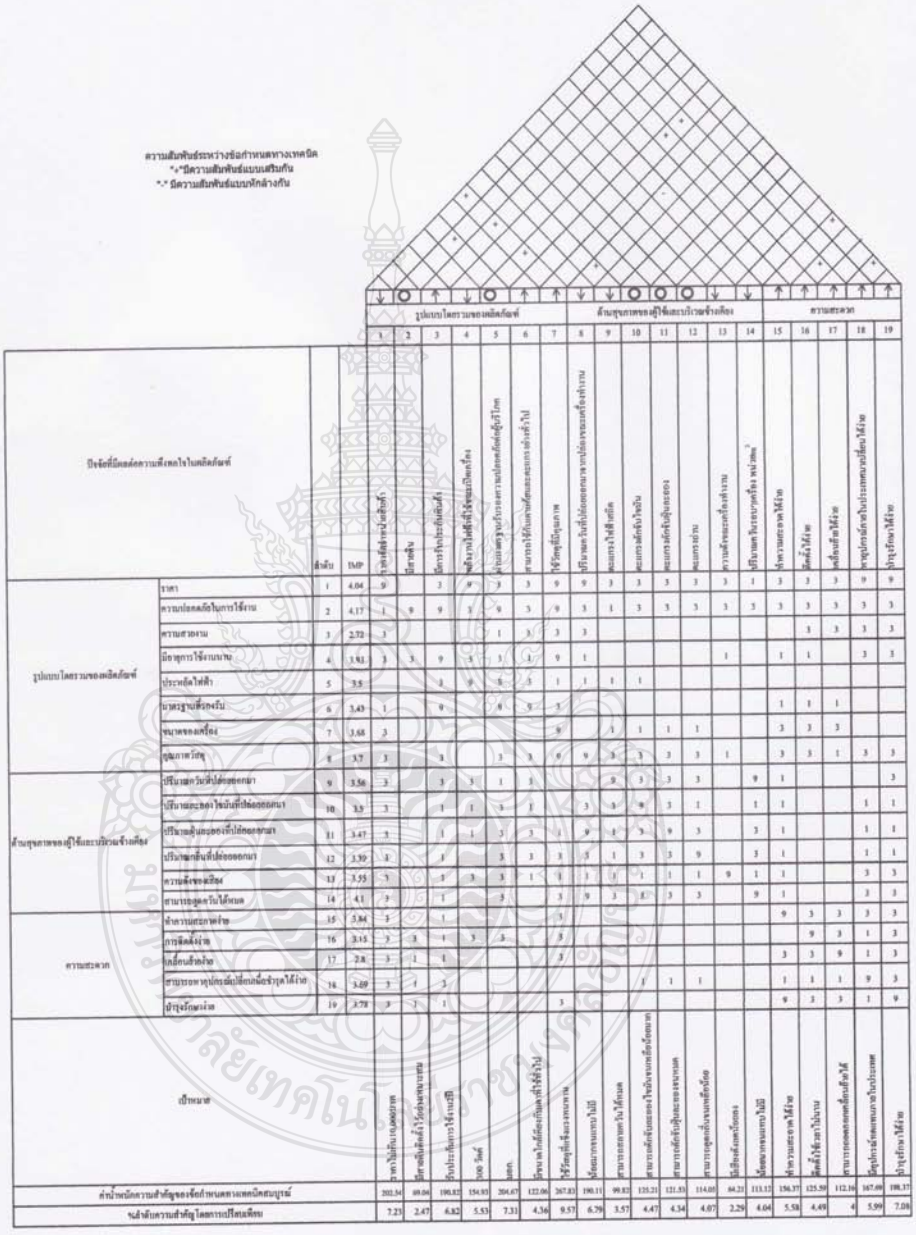
ค่าน้ำหนักความสำคัญ(Absolute Technical Importance Requirement: AI) เป็นการหาความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อโดยใช้สูตร

$$AI = \sum(\text{ค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคต่อความต้องการของลูกค้า} \times \text{IMP}) \quad (2)$$

จากนั้นนำค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคมาหาโดยเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความสัมพันธ์จาก

$$\%\text{Relative} = (AI/\sum AI) \times 100 \quad (3)$$

นำค่าที่คำนวณได้และข้อมูลทั้งหมดมาใส่ลงในบ้านคุณภาพดังรูปที่4



ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์		ลำดับ	IMP	1 ราคาไม่เกิน 10,000 บาท	2 มีสาขาสิ้น	3 มีการรับประกันสินค้า	4 ผลิตงานได้ตามที่ต้องการ	5 ทำงานตามรูปแบบความสนใจของลูกค้า	6 สามารถใช้กับเครื่องและอุปกรณ์อื่นๆได้	7 ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	8 ปริมาณงานที่ปล่อยออกมาจากเครื่องจักรแต่ละงาน	9 ขนาดของใส่ได้เหมาะ	10 ขนาดของพื้นที่ในเครื่อง	11 ขนาดของพื้นที่ปฏิบัติงาน	12 ขนาดของงาน	13 ความสะดวกในการทำงาน	14 ปริมาณความร้อนจากเครื่องจักร หน่วย/เซนติเมตร^3	15 ทำความสะอาดได้ง่าย	16 มีพื้นที่ว่างได้มาก	17 พื้นที่ผิวเรียบได้ง่าย	18 อายุการใช้งานของเครื่องจักรได้นาน	19 ใช้งานได้ง่าย
รูปแบบโครงของผลิตภัณฑ์	ราคา	1	4.04	9		3	9	3	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9
	ความปลอดภัยในการใช้งาน	2	4.17	1	9	9	3	9	3	9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ความสวยงาม	3	2.72	3				1	3	3	3								3	3	3	3
	มีอายุการใช้งานนาน	4	3.91	3	3	9	3	3	1	9	1					1		1	1		3	3
	ประหยัดไฟฟ้า	5	3.5			3	9	9	3	1	1	1	1									
	มาตรฐานที่รองรับ	6	3.43	1		9		9	9	3								1	1	1		
	ขนาดของเครื่อง	7	3.68	3						9		1	1	1	1			3	3	3		
	คุณภาพวัสดุ	8	3.7	3		3		3	3	9	9	3	3	3	3	1		3	3	1	3	3
ด้านสุขภาพของผู้ใช้และบริเวณข้างเคียง	ปริมาณความร้อนของเครื่องจักร	9	3.56	3		3	3	1	3			9	3	3	3		9	1				3
	ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา	10	3.5	3		1	1	3	3		3	3	9	3	1		3	1			1	1
	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา	11	3.47	3		1	3	3	3	1	9	3	3	9	3		3	1			1	1
	ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	12	3.39	3		3		3	3	3	3	1	3	3	9		3	1			1	1
	ความดังของเสียง	13	3.55	3		3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1			3	3
	สามารถดูดควันได้หมด	14	4.1	3		1		3		3	9	3	3	3	3		9	1			3	3
ความสะดวก	ทำความสะอาดง่าย	15	3.84	3		1				3								9	3	3	3	3
	การติดตั้งง่าย	16	3.15	3	3	1	3	3		3									9	3	1	3
	เคลื่อนย้ายง่าย	17	2.8	3	1	1				3								3	3	9	1	3
	สามารถหาอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนได้ง่าย	18	3.69	3	1	3						1	1	1				1	1	1	9	3
	ใช้วัสดุรักษาง่าย	19	3.78	3	3	1				3								9	3	3	1	9
เป้าหมาย				ราคาไม่เกิน 10,000 บาท	มีสาขาสิ้นสุดทั่วประเทศ	มีการรับประกันการใช้งาน 1 ปี	100 วัตต์	80 เดซิเบล	ใช้กับเครื่องและอุปกรณ์ได้ทั่วไป	ใช้วัสดุที่เหมาะสม	ไม่ต่ำกว่า 190.11	ไม่ต่ำกว่า 99.82	สามารถเคลื่อนย้ายได้	สามารถเคลื่อนย้ายได้	สามารถดูดควันได้	ไม่เกิน 114.05	ไม่เกิน 84.21	ไม่เกิน 113.12	ไม่ต่ำกว่า 156.37	ไม่ต่ำกว่า 125.59	ไม่ต่ำกว่า 112.16	ไม่ต่ำกว่า 167.69	ใช้งานได้ 198.37
ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดความเหมาะสมสมบูรณ์				202.34	69.04	190.82	154.93	204.47	122.06	267.83	190.11	99.82	125.21	121.33	114.05	84.21	113.12	156.37	125.59	112.16	167.69	198.37
ร้อยลำดับความสำคัญโดยการเปรียบเทียบ				7.23	2.47	6.82	5.53	7.31	4.36	9.57	6.79	3.57	4.47	4.34	4.07	2.29	4.04	5.58	4.48	4	5.99	7.08

รูปที่4บ้านคุณภาพที่ได้จากการสำรวจ

จากรูปบ้านคุณภาพจะเห็นได้ว่าการให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคส่วนใหญ่จะเป็นความสัมพันธ์แบบเสริมกันยกเว้นปัจจัยปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงานกับปัจจัยปริมาณควันรอบๆเครื่องที่มีความสัมพันธ์แบบหักล้างกัน และระดับความต้องการของลูกค้าที่มีต่อแต่ละปัจจัย(IMP) อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันมาก ระดับปัจจัยที่ลูกค้าให้ความสำคัญมากที่สุดคือความปลอดภัยในการใช้งาน 4.17 รองลงมาคือสามารถดูดควันได้หมด 4.10 ส่วนความสวยงามนั้นมีค่าคะแนนความสำคัญน้อยที่สุด2.72 ดังนั้นการให้คะแนนความสัมพันธ์ของความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคุมในการผลิต โดยข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีเปอร์เซนต์ลำดับความสำคัญมากที่สุดคือใช้วัสดุที่มีคุณภาพ9.57 รองลงมาคือผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค 7.31 และน้อยที่สุดคือความดังขณะเครื่องทำงาน 2.29

5.สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อการพัฒนารูปแบบและคุณสมบัติของเครื่องดักควันให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ พบว่าปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณาเพื่อการพัฒนาเครื่องดักควันคือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพที่ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน, ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการใช้งานและสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าและราคาจัดจำหน่ายสินค้าที่มีความเหมาะสมไม่แพงจนเกินไป ควรจะไม่เกิน 10,000บาท เป็นปัจจัยที่มีค่า Atมากที่สุด 3 อันดับแรก ผลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดักควันต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1.ความต้องการของลูกค้าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอจึงควรมีการประยุกต์ใช้QFDในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า

2.รูปแบบความต้องการของลูกค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยและทีมงาน

3.ในการนำผลการวิจัยนี้ไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ควรใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) โดยใช้หลักทางสถิติร่วมด้วย เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายและเวลาลงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ ด้วยการได้รับความร่วมมือจากร้านขายอาหารที่เอื้อเฟื้อเวลาในการทำแบบสอบถาม บิดา มารดา และดร.ระพี กาญจนะ, ดร.บุญทัน ศรีบุญเรือง, ผศ.ศรีไร จารุภิญโญ และ ดร.อภินันท์ วัลภา ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลสนับสนุนในการทำวิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย (เบื้องต้น) 2553.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน www.dede.go.thเข้าถึงเมื่อ 6 มิถุนายน 2554

[2] Anders Hansson and Marten Bryngelsson, Expert Opinionsoncarbondioxide capture and Storage-A framing of uncertainties and possibilities, Energy Policy 37 (2009) 2273)2282

[3] วาทิต จิตรชอบค้า. 2553.การสร้างและหาความสามารถ เครื่องดักจับควัน.ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี

[4] มณฑธิ ศาสนันทน์. 2546. การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย. สมาคมส่งเสริมเทคโนยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ

[5] วันชัย ลีลากวีวงศ์.2550. การพัฒนาโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ(QFD) กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางปูพื้นปลอดภัย.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิยาลัยศิลปากร ,นครปฐม

[6] Sireli, Y., Kauffmann, P., & Ozan, E (2007). "Integrate of Kano's Model Into QFD for Multiple Product Design,"IEEE

[7] จุฑากาญจน์ ดวงตาคำ.2551.การพัฒนาเทียนหอมด้วยเทคนิควางกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและวิศวกรรมคุณค่า.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

[8] อมรรัตน์ ปินตา.2548.การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD): กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ.

[9] สมศักดิ์ สุวรรณมิตร.2553. การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์รถยนต์บรรทุก2ตันโดยใช้เทคนิคQFD.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

[10] อำเภอธัญบุรี-วิกิพีเดีย th.wikipedia.org/wiki/อำเภอธัญบุรี วันที่ เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม 2554

[11] อภิชาติ จำปา.2541. การประยุกต์เทคนิคควอลิตี ฟังก์ชันดีพลอยเมนต์สำหรับการปรับปรุงงานขาย: กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อโพลีเอทิลีน.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย , กรุงเทพ

[12] นฤชยา สาดแฟ้ง.2550.การออกแบบผลิตภัณฑ์จากข้าวและการพัฒนากระบวนการผลิตด้วยเทคนิการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและการออกแบบการ ทดลอง.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

[13] เพ็ญประภา เลิศล้ำไตรภพ.2550.การประยุกต์ใช้เทคนิคบ้านคุณภาพสำหรับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์หม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่ควบคุมด้วยระบบพัซซี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี >>>>>>

ที่ วร มส / 2555

8 สิงหาคม 2555

เรื่อง ตอบรับตีพิมพ์บทความลงในวารสาร

เรียน นางสาวเยาวรินทร์ รอดมณี

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง "การประยุกต์ใช้ฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดักควันแบบไฟฟ้าสถิต" เพื่อขอตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ทางกองบรรณาธิการ ได้พิจารณาแล้วเห็นควรให้ตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (ตรกฎาคม – ธันวาคม) 2555 ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต แสงสวัสดิ์)
หัวหน้ากองบรรณาธิการ
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
โทรศัพท์: 0 2549 3493 โทรสาร: 0 2549 3479 e-mail: varasan_rmutt@hotmail.com

การประยุกต์ใช้ฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันแบบไฟฟ้าสถิต

The Application of Fuzzy Quality Function Deployment for Design Electrostatic Hood

เยาวรินทร์ รอดมณี[1] ระพี กาญจนะ[2]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันจำนวนร้านที่รับทำเครื่องดูดควันมีจำนวนมากขึ้น เนื่องจากผู้ประกอบการร้านขายอาหารนิยมใช้เครื่องดูดควันมากขึ้น เครื่องดูดควันจึงเป็นสินค้าที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูง จากการศึกษาพบว่าเครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไปไม่มีระบบบำบัดอากาศ ซึ่งมลภาวะจากการประกอบอาหารก็เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหามลภาวะทางอากาศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต โดยนำเอาเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ(QFD) มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบโดยการหาความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นวิธีที่แปลงความต้องการของลูกค้าไปสู่แนวทาง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าและข้อได้เปรียบทางการตลาด โดยนำมาใช้ร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซตเพื่อลดความคลุมเครือในการประเมินของลูกค้าและทีมพัฒนา กลุ่มตัวอย่างคือผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ใช้เครื่องดูดควันภายนอกอาคาร จำนวน100ราย เริ่มแรกสำรวจความต้องการของลูกค้า พบว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด จากนั้นแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นคุณลักษณะวิศวกรรมในFuzzy QFDเฟสที่1 ทำให้ทราบข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญคือใช้วัสดุที่มีคุณภาพรองลงมา ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และราคาจัดจำหน่ายสินค้า จากข้อกำหนดทางเทคนิคแปลงเข้าสู่ Fuzzy QFDเฟสที่2 คือการกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบ พบว่า ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาวัสดุที่ใช้ทำโครง และวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น จากผลการวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการออกแบบเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

คำสำคัญ: ทฤษฎีฟัซซีเซต, การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต

Abstract

At present, there are many electrostatic hood makers to serve more requirement food entrepreneur. Hood is a product with a highly competitive market. The study found that the hood is used in food store, no air treatment system. Pollution from cooking, which is one cause of air pollution. Therefore, this research was conducted to design an electrostatic hood by applying quality function deployment (QFD) was used as a tool in design to find the needs of the customers .As a way to convert customer needs to development guidelines for the product to be a quality up to add value and the advantages of the market. The theory used in conjunction with fuzzy sets in order to reduce ambiguity in the evaluation of the customer and development team using a sample group is that some entrepreneurs store food with hood outside building, 100. The initial survey the needs of customers found that customers to the importance to electricity saving most followed by the safety of the use and can inhale the smoke all. Then convert customer requirements into engineering attributes in Fuzzy QFD the phase 1. To the terms of the most important technical material is used as a quality, followed by the safety certification standards and

[1]นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี

[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี

consumer prices. From technical requirements to convert into Fuzzy QFD Phase 2 is the characteristic of the components found that factors that is the most weight is size fan , followed by materials used to frame and materials used to filter dust.This research has the design guidelines for hood using electrostatic to meet customer needs.

Keywords: Fuzzy set, Quality Function Deployment, Electrostatic Precipitator

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้ประกอบการร้านขายอาหารนิยมใช้เครื่องดูดควันมากขึ้น กอปรกับจำนวนร้านที่รับทำก็มีตั้งแต่ร้านขนาดเล็กไปจนถึงบริษัทที่รับทำครบวงจรจำนวนมาก เครื่องดูดควันจึงเป็นสินค้าที่มีการแข่งขันทางการตลาดสูง และจากการศึกษาพบว่าเครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไปไม่มีระบบบำบัดอากาศ ซึ่งมลภาวะจากการประกอบอาหารก็เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหามลภาวะทางอากาศ

ในการประกอบอาหารแต่ละครั้งนอกจากจะได้อาหารแล้วยังได้ละอองไขมัน ฝุ่นละออง และก๊าซต่างๆ ซึ่งรวมแล้วถือว่าเป็นมลพิษทางอากาศ จากงานวิจัยของ Deborah Gross PhDที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากการประกอบอาหาร พบว่าอาหารที่ปล่อยควันออกมามากที่สุดนั่นคืออาหารที่มีไขมันสูงที่ประกอบอาหารด้วยวิธีการใช้ความร้อนสูงโดยเฉพาะการใช้เตาแก๊ส ในการทำแฮมเบอร์เกอร์ทุก1,000 ปอนด์จะมีควันและอนุภาคอื่นออกมา125 ปอนด์ หากใช้น้ำมันในการประกอบอาหารจะยิ่งทำให้เพิ่มควันที่ออกมาด้วย โดยไก่ทุกๆ 1,000ปอนด์ที่ปรุงด้วยน้ำมันพืนั้นจะปล่อยควันออกมาถึง45ปอนด์ ควันเหล่านี้นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ แต่ยังประกอบด้วยสารก่อมะเร็งที่ชื่อคาร์ซิโนเจนอีกด้วย[11]

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงคิดออกแบบเครื่องดูดควันที่สามารถลดหรือกำจัดมลพิษทางอากาศที่มาจากการประกอบอาหาร โดยใช้หลักการเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต เนื่องจากเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต เป็นเครื่องมือกำจัดอนุภาคที่มีข้อได้เปรียบ เมื่อเทียบกับเครื่องมือชนิดอื่นคือห้องตกอนุภาค, ไซโคน, ถุงกรองและสครับเบอร์ในเรื่องของมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนสูงถึง99% ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำสามารถทำงานได้ดีที่อุณภูมิสูงถึง800องศาเซลเซียส [1] และใช้ได้กับอัตราการไหลของอากาศสูง [อุปกรณ์ควบคุมมลพิษชนิดอนุภาค] ซึ่งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้กำจัดอนุภาคอย่างแพร่หลาย อาทิเช่นกำจัดอนุภาคแขวนลอยจากเตาเผาชีวมวล, อนุภาคควันและฝุ่นแป้งจากการเผาไหม้ฟืนไม้ยางพารา [2] เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมที่สินค้ามีผู้ผลิตมากรายก่อให้เกิดการแข่งขันทางการตลาดสูง ผู้บริโภคมีโอกาสในการตัดสินใจและเปรียบเทียบสินค้าจากผู้ผลิตมากขึ้น [3]เป้าหมายของผู้ผลิต คือผลิตสินค้าที่สามารถทำให้ลูกค้าพึงพอใจที่จะซื้อ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดโครงสร้างเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลักโดยการรวบรวมและสำรวจความต้องการ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินของลูกค้าจัดเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งการแปลงให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณนั้น เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมนักเนื่องจากความคิดเห็นของแต่ละคนมีน้ำหนักหรือความรู้สึกต่างกัน[4] ในการวิจัยนี้จึงได้ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวแทนทางภาษาหรือข้อมูลที่ไม่แน่นอนเพื่อเปลี่ยนเป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์[12] โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เพื่อช่วยให้สามารถออกแบบและตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตได้ดีที่สุด งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจความต้องการของลูกค้าเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต และเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิง

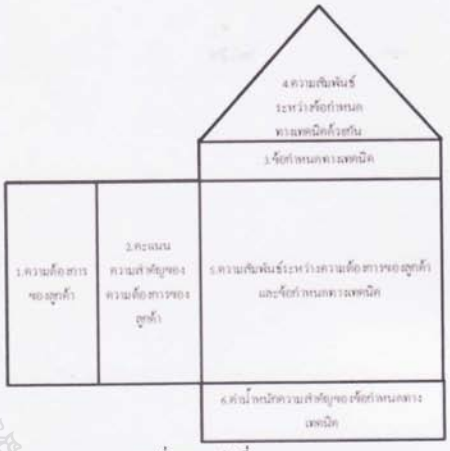
คุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซต ในการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เทคนิคที่นิยมใช้คือการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ได้รับการพัฒนาโดย Dr.Yoji Akao ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกที่อู่ต่อเรือของบริษัทมิตซูบิชิ ประเทศญี่ปุ่น [5] สำหรับในประเทศไทยได้มีการนำQFDมาใช้ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมานี้ โดยบริษัทผลิตอิฐทนไฟในเครือซีเมนต์ไทย [6]

QFDเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมให้ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ขั้นตอนของQFDนั้นจะเน้นในเรื่อง อะไรคือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ(whats)และเราจะปรับปรุงอย่างไร(hows)[13] QFDประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลกระบวนการตัดสินใจ2กลุ่ม คือ 1.การรวบรวมความต้องการของลูกค้ากลุ่มตัวอย่าง2.การกำหนดความสัมพันธ์ของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค[14] โดยเทคนิคนี้สามารถช่วยสร้างความเชื่อมโยงคุณภาพระหว่าง ลูกค้า ผู้ผลิต รวมถึงแผนกต่างๆของผู้ผลิตได้อย่างมีระบบ โดยทั่วไปQFDถูกใช้ในบริษัทเนื่องจาก 1. ลดเวลาในการออกแบบและพัฒนา 2.ให้ความสนใจในความต้องการของลูกค้า 3.ช่วยพัฒนาการสื่อสารของบุคคลทุกระดับในการดำเนินการ[15] ส่งผลให้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินการได้อย่างเชื่อมโยงรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า

มีทั้งหมด4เฟส (4Phase) ประกอบด้วยเฟสที่1 การวางแผนผลิตภัณฑ์ เฟสที่2การออกแบบผลิตภัณฑ์ เฟสที่3การวางแผนการผลิต เฟสที่4การวางแผนปฏิบัติการผลิต



รูปที่1QFDเฟสที่1

1. ความต้องการของลูกค้า

2. การจัดลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เป็นการนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณ เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่ลูกค้าให้ความสำคัญ

3. ข้อกำหนดทางเทคนิค เป็นการแจกแจงความต้องการของลูกค้าให้เป็นการกระทำเพื่อให้ลูกค้าได้รับในสิ่งที่ต้องการ

4. ทางด้านหลังคา เป็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคด้วยกันเอง

5. ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค

6. เป็นการนำค่าคะแนนที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค คะแนนความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นตัวบอกความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ (Absolute Technical Requirement Importance: AI) [7]

รูปที่2QFDเฟสที่2

1.ความต้องการทางเทคนิคคือข้อกำหนดทางเทคนิคจากเฟสที่1

2.คะแนนความสำคัญของความต้องการทางเทคนิคคือค่าคะแนนAIที่ได้จากเฟสที่1

3.ข้อกำหนดส่วนประกอบเป็นการระบุรายละเอียดของข้อความต้องการทางเทคนิค

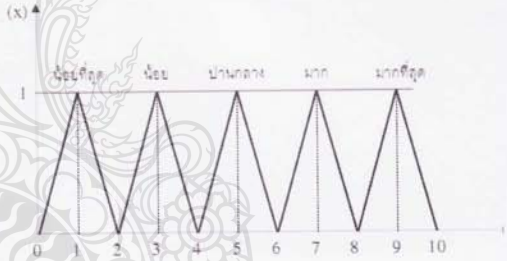
4.อยู่ตรงกลางเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบ

5.ข้อกำหนดความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบเป็นหาค่าชั่นเดียวกับเฟสที่1

ปัญหาหลักของQFDคือการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ่านข้อแตกต่างของข้อกำหนดทางเทคนิคและความต้องการของลูกค้า ทั้งขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ออกแบบและลูกค้า [16] การให้คะแนนในการประเมินของลูกค้าเป็นข้อเสียบเปรียบที่สำคัญ และทำให้การสรุปผลที่ผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นง่ายมาก เนื่องจากใช้ความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลทำให้ยากที่จะระบุออกมาเป็นตัวเลข[8]จากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการที่ไม่แน่ชัดของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค จึงได้นำFuzzy setมาใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากสามารถแก้ปัญหากับความไม่แน่นอนและความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคและระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคได้ดี

ระบบฟัซซี เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักฟัซซีลอจิก ที่คิดค้นโดย L.A.Zadeh ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือไม่ชัดเจน [9]

ทฤษฎีฟัซซีเซตร่วมกับการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ(fuzzy QFD)เป็นการนำข้อมูลการประเมินของลูกค้าและทีมงาน ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ แปลงเป็นค่าเชิงปริมาณโดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก[17] โดยเริ่มจากการแทนที่ตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน คลุมเครือ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมใช้ในการเทียบค่าความเป็นสมาชิก โดยมีการกำหนดระดับของพจน์ทางภาษาไว้5ระดับคือ น้อยมาก น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด แต่ในการเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ต่างกันไม่ส่งผลถึงผลลัพธ์ที่ได้



รูปที่2ฟังชั่นความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้คือเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยใช้หลักการของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatics Precipitator)ซึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดฝุ่นผงที่ลอยอยู่ในอากาศ โดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตในการแยกอนุภาคออกจากกระแสของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปจะมีขั้วไฟฟ้า2ชนิดคือ 1.ขั้วปล่อยประจุ 2.ขั้วเก็บ สำหรับการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตคือ การปล่อยให้อากาศไหลผ่านขั้วไฟฟ้า เพื่อใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคที่เจือปนอยู่ในอากาศก่อนที่จะผ่านอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปใน

สนามไฟฟ้าสถิต ทำให้อนุภาคคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บกักที่พื้นผิวของขั้วเก็บที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค [10]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้FuzzyQFDแบบ4เฟส โดยทำในเฟสที่1และ2เท่านั้น

3.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการประยุกต์ใช้Fuzzy QFD

1.สำรวจความต้องการของลูกค้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร จำนวน100คน ซึ่งเพียงพอต่อการวิจัยที่ระดับความเชื่อมั่น95% คลาดเคลื่อน10%

2.หาค่าคะแนนความสำคัญ (Important Rating: IMP) นำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณ ผลที่ได้นำไปใช้ใช้ใน ทฤษฎีฟัซซี่เซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่1

3.2 การประยุกต์ใช้Fuzzy QFD เฟสที่1 ประกอบด้วย ความต้องการของลูกค้า, คะแนนความสำคัญ, ข้อกำหนดทางเทคนิค, เป้าหมายและทิศทางของข้อกำหนดทางเทคนิค ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค, ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค และค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

3.3การประยุกต์ใช้Fuzzy QFD เฟสที่2 ประกอบด้วย ความต้องการทางเทคนิค, คะแนนความสำคัญของความต้องการทางเทคนิค, ข้อกำหนดส่วนประกอบ, ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบ และข้อกำหนดความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบ

4.ผลการวิจัย

4.1สำรวจความต้องการของลูกค้าระหว่างวันที่25-30 มิย.2554 เป็นเวลา6วันโดยใช้แบบสอบถามและใช้วิธีสัมภาษณ์ตัวต่อตัว จากนั้นนำค่าที่ลูกค้าประเมินมาคำนวณหาค่าคะแนนความสำคัญโดยใช้สูตร [11]

$$\widetilde{W}_i = \frac{1}{n} \otimes \left(w_{i1} \oplus w_{i2} \oplus \ldots \oplus w_{in} \right) \qquad (3)$$

$\widetilde{W}_i$ คือค่าคะแนนความสำคัญ

$\widetilde{W}_{in}$ คือ ค่าการประเมินจากแบบสอบถาม

n คือ จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม

ตัวอย่าง การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยราคา

$$\widetilde{W}_i = \frac{1}{100} \times (0,1,2) \ominus (4 \times (2,3,4)) \ominus (15 \times (4,5,6)) \ominus (38 \times (6,7,8)) \ominus (42 \times (8,9,10))$$

$$= (6.32, 7.32, 8.32)$$

ในการแปลงตัวเลขฟัซซีให้อยู่ในรูปของตัวเลขธรรมดา ใช้สูตร

$$A = \frac{(a_l + 2a + a_u)}{4}$$

ตัวอย่าง การแปลงตัวเลขฟัซซีให้อยู่ในรูปของตัวเลขธรรมดาของปัจจัยราคา

$$A = \frac{(6.32 + (2 \times 7.32) + 8.32)}{4}$$

$$= 7.32$$

ตารางที่1ค่าระดับคะแนนความสำคัญ

ความต้องการของลูกค้า	ค่าIMP(fuzzy)	ค่าIMP (crisp)	ลำดับที่
ราคา	(6.32,7.32,8.32)	7.32	4
ความปลอดภัยในการใช้งาน	(6.54,7.54,8.54)	7.54	2
ความสวยงาม	(4,5,6)	5	19
มีอายุการใช้งานนาน	(6.14,7.14,8.14)	7.14	5
ประหยัดไฟฟ้า	(6.88,7.88,8.88)	7.88	1
มาตรฐานที่รองรับ	(5,6,7)	6	16
ขนาดของเครื่อง	(5.44,6.44,7.44)	6.44	11

ความต้องการของลูกค้า	ค่าIMP(fuzzy)	ค่าIMP (crisp)	ลำดับที่
คุณภาพวัสดุ	(5.74,6.74,7.74)	6.74	9
ปริมาณควันที่ปล่อยออกมา	(5.44,6.44,7.44)	6.44	12
ปริมาณละอองไขมันที่ปล่อยออกมา	(5.38,6.38,7.38)	6.38	13
ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมา	(5.3,6.3,7.3)	6.3	14
ปริมาณกลิ่นที่ปล่อยออกมา	(5.26,6.26,7.26)	6.26	15
ความดังของเสียง	(5.7,6.7,7.7)	6.7	10
สามารถดูดควันได้หมด	(6.52,7.52,8.52)	7.52	3
ทำความสะอาดง่าย	(5.96,6.96,7.96)	6.96	6
การติดตั้งง่าย	(4.74,5.74,6.74)	5.74	17
เคลื่อนย้ายง่าย	(4.16,5.16,6.16)	5.16	18
สามารถหาอุปกรณ์เปลี่ยนเมื่อชำรุดได้ง่าย	(5.76,6.76,7.76)	6.76	8
บำรุงรักษาง่าย	(5.84,6.84,7.84)	6.84	7

ผลจากการประเมินความต้องการของลูกค้า ดังตารางที่1 พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญกับประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด

4.2 Fuzzy QFD เฟสที่1

ความต้องการของลูกค้าจากแบบสอบถามจะถูกแปลงเข้าสู่ข้อกำหนดทางเทคนิค, เป้าหมายและทิศทาง ดังตารางที่2

ตารางที่2ข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	ราคาไม่เกิน10,000 บาท	↓
มีสายดิน	มีสายดินติดตั้งไว้อย่างเหมาะสม	○
มีการรับประกันสินค้า	รับประกันการใช้งาน 2ปี	↑
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	300 วัตต์	↓
ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	มอก.	○
สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	มีขนาดใกล้เคียงกับเตาที่ใช้ทั่วไป	↑
ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	ใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน	↑
ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	น้อยมากจนแทบไม่มี	↓
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	สามารถสลายควันได้หมด	↓
ตะแกรงดักจับไขมัน	สามารถดักจับละอองไขมันจนเหลือน้อยมาก	○
ตะแกรงดักจับฝุ่นละออง	สามารถดักจับฝุ่นละอองจนหมด	○
ตะแกรงถ่าน	สามารถดูดกลิ่นจนเหลือน้อย	○
ความดังขณะเครื่องทำงาน	มีเสียงดังลดน้อยลง	↓
ปริมาณควันรอบๆ เครื่อง หน่วยm^2	น้อยมากจนแทบไม่มี	↓
ทำความสะอาดได้ง่าย	ทำความสะอาดได้ง่าย	↑

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
ติดตั้งได้ง่าย	ติดตั้งใช้เวลาไม่นาน	↑
เคลื่อนย้ายได้ง่าย	สามารถถอดออกเคลื่อนย้ายได้	↑
หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	มีอุปกรณ์ทดแทนภายในประเทศ	↑
บำรุงรักษาได้ง่าย	บำรุงรักษาได้ง่าย	↑

แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับลดลง ใช้สัญลักษณ์ ↑

แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับคงที่ ใช้สัญลักษณ์ ○

แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับเพิ่มขึ้นใช้สัญลักษณ์ ↓

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละปัจจัยทำโดยระดมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ5ท่าน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ โดยใช้สูตร [11]

$$\tilde{R}_j = \frac{1}{n} \otimes \left(r_{j1} \oplus r_{j2} \oplus \ldots \oplus r_{jn} \right) \quad (4)$$

$\tilde{R}_j$ คือค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค

r_{jn} คือค่าจากการประเมิน

n คือจำนวนผู้ทำการประเมิน

ตัวอย่าง การคำนวณค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความปลอดภัยในการใช้งานกับราคาจัดจำหน่ายสินค้า

$$\tilde{R}_j = \frac{1}{5} \otimes ((2,3,4) \oplus (2,3,4) \oplus (8,9,10) \oplus (8,9,10) \oplus (6,7,8))$$

$$= (5.2, 6.2, 7.2)$$

ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค [11]

$$\tilde{I}_j = \frac{1}{k} \otimes \left[(\tilde{R}_{j_1} \otimes \tilde{W}_1) \oplus (\tilde{R}_{j_2} \otimes \tilde{W}_2) \oplus \ldots \oplus (\tilde{R}_{j_n} \otimes \tilde{W}_n) \right] \quad (5)$$

$\tilde{I}_j$ คือค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์

k คือจำนวนความต้องการของลูกค้า

ตารางที่3ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่าAI(fuzzy)	ค่าAI (crisp)	ลำดับที่
ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	(28.07,37.77,52.6)	39.05	3
มีสายดิน	(10.23,18.39,28.98)	19	19
มีการรับประกันสินค้า	(21.31,30.96,43.88)	31.78	5
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะเปิดเครื่อง	(16.88,25.75,37.84)	26.56	12
ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	(27.94,38.44,52.75)	39.39	2
สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	(17.55,26.7,38.91)	27.47	10
ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	(27.97,38.96,52.96)	39.71	1
ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	(20.27,30.01,42.51)	30.7	7
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	(23.16,33.3,46.5)	34.07	4
ตะแกรงดักจับไขมัน	(20.76,30.48,43.25)	31.24	6
ตะแกรงดักจับฝุ่นละออง	(19.68,29.21,41.8)	29.98	8
ตะแกรงถ่าน	(18.59,28.02,40.38)	28.75	9
ความดังขณะเครื่องทำงาน	(13.4,21.99,33.29)	22.67	18
ปริมาณควันรอบๆเครื่องหน่วยm^2	(16.99,26.23,38.06)	26.88	11

ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่าAI(fuzzy)	ค่าAI (crisp)	ลำดับที่
ทำความสะอาดได้ง่าย	(16.69,25.54,37.82)	26.4	13
ติดตั้งได้ง่าย	(16.47,23.92,35.54)	24.96	16
เคลื่อนย้ายได้ง่าย	(15.33,23.64,35.22)	24.46	17
หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	(15.44,24.82,35.1)	25.05	15
บำรุงรักษาได้ง่าย	(15.73,24.48,36.5)	25.3	14

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ รองลงมา ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และราคาจัดจำหน่ายสินค้า

4.3 Fuzzy QFDเฟสที่ 2 เฟสนี้จะแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคเป็นกำหนดข้อกำหนดส่วนประกอบ ดังตารางที่2

ตารางที่2ข้อกำหนดส่วนประกอบ

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	เป้าหมาย
วัสดุที่ใช้ทำโครง	อลูมิเนียม
ขนาดของเครื่องดูดควัน	≤50x82cm
ขนาดพัดลม	≤10นิ้ว
จำนวนใบพัดพัดลม	≤6ใบ
ความเร็วมอเตอร์	≥350rpm
จำนวนวัตถุปลายแหลม	≥90อัน
ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง2ขั้ว	≥0.5cm
ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต	Bakelite
ชนิดของถ่าน	ถ่านกัมมันต์
ความหยาบของถ่าน	≥3mesh

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	เป้าหมาย
ความหนาของถ่าน	≥0.5cm
วัสดุที่ใช้กรองฝุ่น	ใยสังเคราะห์
วัสดุที่ใช้กรองไขมัน	แผ่นกรองอลูมิเนียม
ค่าความต่างศักย์	≥16.7kv

ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคกับข้อกำหนดส่วนประกอบ และค่าระดับน้ำหนัก ใช้สูตรเช่นเดียวกับเฟสที่1

ตารางที่5ค่าระดับน้ำหนัก

ส่วนประกอบที่สำคัญ	ข้อกำหนดส่วนประกอบ	ค่าระดับน้ำหนัก (fuzzy)	ค่าระดับน้ำหนัก (crisp)	ลำดับที่
โครง	วัสดุที่ใช้ทำโครง	(60.63,116.38,206.93)	125.08	2
	ขนาดของเครื่องดูดควัน	(44.4,92.41,176.06)	101.32	8
	ขนาดพัดลม	(60.25,117.42,209.36)	126.11	1
พัดลม	จำนวนใบพัดพัดลม	(46.69,97.26,180.2)	105.35	5
	ความเร็วมอเตอร์	(46.63,97.01,179.88)	105.13	6
	จำนวนวัตถุปลายแหลม	(27.83,67.92,139.84)	75.88	13
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง2ขั้ว	(31.34,62.76,130.62)	71.87	14
	ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต	(46.63,95.86,177.03)	103.85	7
ตะแกรงถ่าน	ชนิดของถ่าน	(44.26,92.94,173.1)	100.81	9
	ความหยาบของถ่าน	(37.47,83.12,159.25)	90.74	10
	ความหนาของถ่าน	(37.47,83.12,159.25)	90.74	3

ส่วนประกอบที่สำคัญ	ข้อกำหนดส่วนประกอบ	ค่าระดับน้ำหนัก (fuzzy)	ค่าระดับน้ำหนัก (crisp)	ลำดับที่
คะแกรงดักจับไขมัน	วัสดุที่ใช้กรองไขมัน	(54.66,107.37,193.81)	115.8	4
วงจรทวีแรงดัน	ค่าความต่างศักย์	(32.13,76.12,150.13)	83.63	12

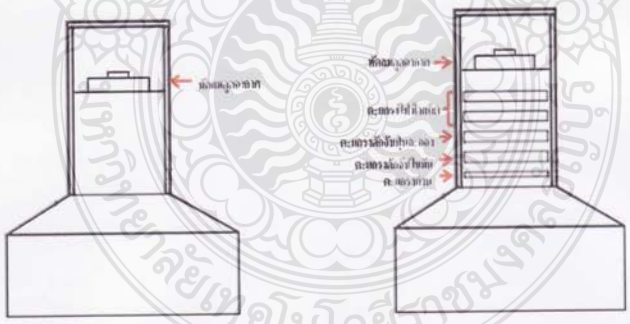
ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาวัสดุที่ใช้ทำโครง และวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น

5.สรุปผลการวิจัย

QFDเป็นเครื่องมืออย่างง่าย ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงใจลูกค้า ในการเลือกซื้อและนำมาใช้โดยนำfuzzy set ซึ่งสามารถลดความคลุมเครือของผู้ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการสำรวจความต้องการของลูกค้าพบว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด ในเฟสที่1 เป็นการออกแบบเพื่อค้นหาความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าที่มีต่อเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต พบว่าปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในการออกแบบมากที่สุดคือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพรองลงมาคือ ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค สำหรับเฟสที่2 เป็นการหาส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตส่วนประกอบที่ควรให้ความสำคัญในการออกแบบมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาคือชนิดของวัสดุที่ใช้ทำโครง นอกจากนี้ความต้องการของลูกค้าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอจึงควรมีการประยุกต์ใช้QFDในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งรูปแบบความต้องการของลูกค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยและทีมงาน งานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางที่ต้องใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และใช้หลักสถิติร่วมด้วย ในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ ด้วยการได้รับความร่วมมือจากร้านขายอาหารที่เอื้อเฟื้อเวลาในการทำแบบสอบถาม บิดา มารดา และคร.ระพี กาญจนะ, ผศ.ศรีไร จารุภิญโญ และ ดร.อภินันท์ วัลภา ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้ข้อมูลสนับสนุนในการทำวิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้



(a) (b)

รูปที่7(a) เครื่องดูดควันทั่วไปและ (b) เครื่องดูดควันใช้ ไฟฟ้าสถิตที่ปรับปรุงโดยใช้Fuzzy QFD

เอกสารอ้างอิง

[1]พานิช อินต๊ะ,2550.**วิธีการทำนายประสิทธิภาพการตกตะกอนรวมของตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตแบบสาย-แผ่นสำหรับการกำจัดอนุภาคฝุ่นจากเตาเผาชีวมวล.**การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประทศไทย ครั้งที่21.

[2]วชร กาลาสี,2549.**ประสิทธิภาภการดักจับอนุภาคของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ส่วนที่1: อนุภาคเขม่าควันและฝุ่นแป้ง.**การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประทศไทย ครั้งที่20.

[3]อมรรัตน์ ปินตา,2545.**การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ(QFD):กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหการ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[4]วรรณวนัช บุ่งสุด, 2548.**การสร้างเครื่องมือสำหรับจัดอันดับข้อกำหนดทางเทคนิคในการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพโดยใช้ตัวเลขฟัซซี.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรม ศาสตร์มหาบัณฑิต . มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[5]สุดารัตน์ ตรองพาณิชย์,2550. "การปรับปรุงคุณภาพในการบริการของธุรกิจทางด้านการขนส่งโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์:กรณีศึกษาการขนส่งแบตเตอรี่,"**วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.**ปีที่17 ฉบับที่ 3กย.-ธค. 2550

[6]รัตติกาล เชื้อบุญ,2550.**การประเมินศักยภาพการผลิตเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อการพาณิชย์ในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหการ.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[7]ดร.อรรคเจตต์ อภิชจรศิลป์,2553.**การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.**สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, กรุงเทพ

[8]สิทธิชัย เชิดชูมาลัยกิจ,2551.**การประยุกต์ใช้การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซตในการคัดเลือกผู้ขายวัตถุดิบ:กรณีศึกษาโรงงานผลิตท่อพลาสติก.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[9]ผศ.ดร.ผยุง มีสัจ,2552.**เอกสารประกอบการเรียนวิชาโครงข่ายประสาทเทียมและระบบฟัซซี.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://images.glaict2020.multiply.multiplycontent.com/attachment/0/TUZUjAooCxsAACpOfkM1/fuzzy_logic.pdf?key=glaict2020:journal:24&nmid=410395410 (17 กุมภา พันธ์ 2555)

[10]ผศ.ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ,2554.**เอกสารประกอบการเรียนวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมควบคุม** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.stou.ac.th/Schools/Shs/upload/54114-5.doc(2ตุลาคม 2554)

[11] Deborah Gross Ph.D.,2010.**Commercial cooking elevates hazardous pollutants in the environment** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100324085304.htm(2มีนาคม 2555)

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

[13] Ling-Zhong Lin,2011. **Fuzzy Group Decision-Making for Service Innovations in Quality Function Deployment.**[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.Springerlink.com(10 กุมภาพันธ์ 2555)

[14] Chin-Hung Liu,2007. "A fuzzy group decision-making approach in quality function deployment," **Qual Quant**. 42:527-540 2008

[15]Myint, S,(2003). "A framework of an intelligent quality function deployment (IQFD) for dis crete assem bly environment," **Computers & Industrial Engineering.** 45(2) 269-283.

[16] Ketan,2011. "Enhancing Product Planning via Utilizing Quality Function Deployment with Fuzzy Logic", **International Journal of Digital Content Technology and its Application** volume5 number3 March 2011

[17] Erol, I.,2003. "A Methodology for Selection Problems with Multiple,Conflicting Objectives and both Qualitative and Quantitative Criteria", **Int. J. Production Economics.** 86, 187–199

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวเยาวรินทร์ รอดมณี

วัน เดือน ปีเกิด 6 เมษยน 2526

ที่อยู่ 99/6999 ซอย 9 หมู่บ้านประดับดาว 6 หมู่ที่ 2 ถ.รัตนาธิเบศร์ ต.ท่าอิฐ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

การศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า แขนงไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาศรีนครินทรวิโรฒ ปี พ.ศ. 2548