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 จากนั้นแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นคุณลักษณะวิศวกรรมใน Fuzzy QFDเฟสที่ 1 ทำให้ทราบข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญคือ ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ รองลงมา ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และราคาจัดจำหน่ายสินค้า จากข้อกำหนดทางเทคนิคแปลงเข้าสู่ Fuzzy QFDเฟสที่ 2 คือการกำหนดคุณลักษณะของส่วนประกอบ พบว่า ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาวัสดุที่ใช้ทำโครง และวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น จากผลการวิจัยนี้ทำให้ได้แนวทางในการออกแบบเครื่องดักควันใช้ไฟฟ้าสถิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

คำสำคัญ : ทฤษฎีฟัซซีเซต, การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, เครื่องดักควันใช้ไฟฟ้าสถิต

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

[1]นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

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 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 จากการศึกษาพบว่าเครื่องดูดควันที่ใช้ตามร้านขายอาหารทั่วไปไม่มีระบบบำบัดอากาศ ซึ่งมลภาวะจากการประกอบอาหารก็เป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหามลภาวะทางอากาศ

ในการประกอบอาหารแต่ละครั้งนอกจากจะได้อาหารแล้วยังได้ละอองไขมัน ฝุ่นละออง และก๊าซต่างๆ ซึ่งรวมแล้วถือว่าเป็นมลพิษทางอากาศ จากงานวิจัยของ Deborah Gross PhDที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากการประกอบอาหาร พบว่าอาหารที่ปล่อยควันออกมามากที่สุดคืออาหารที่มีไขมันสูงการประกอบอาหารด้วยวิธีการใช้ความร้อนสูงโดยเฉพาะการใช้เตาแก๊ส ในการทำแฮมเบอร์เกอร์ทุก1,000 ปอนด์จะมีควันและอนุภาคอื่นออกมา25 ปอนด์ หากใช้น้ำมันในการประกอบอาหารจะยิ่งทำให้เพิ่มควันที่ออกมาด้วย โดยไก่ทุกๆ1,000ปอนด์ที่ปรุงด้วยน้ำมันพืนั้นจะปล่อยควันออกมาถึง45ปอนด์ ควันเหล่านี้นอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ แต่ยังประกอบด้วยสารก่อมะเร็งที่ชื่อคาร์ซิโนเจนอีกด้วย [11]

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงคิดออกแบบเครื่องดูดควันที่สามารถลดหรือกำจัดมลพิษทางอากาศที่มาจากการประกอบอาหาร โดยใช้หลักการเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต เนื่องจากเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต เป็นเครื่องมือกำจัดอนุภาคที่มีข้อได้เปรียบ เมื่อเทียบกับเครื่องมือชนิดอื่นคือห้องตกอนุภาค, ไซโคน, ถุงกรองและสครับเบอร์ ในเรื่องของประสิทธิภาพในการตกตะกอนสูงถึง 99% ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ สามารถทำงานได้ดีที่อุณภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส [1] และใช้ได้กับอัตราการไหลของอากาศสูง [อุปกรณ์ควบคุมมลพิษชนิดอนุภาค] ซึ่งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้กำจัดอนุภาคอย่างแพร่หลาย อาทิเช่นกำจัดอนุภาคแขวนลอยจากเตาเผาชีวมวล, อนุภาคควันและฝุ่นแป้งจากการเผาไหม้ฟืนไม้ยางพารา [2] เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมสินค้ามีผู้ผลิตมากราย ก่อให้เกิดการแข่งขันทางการตลาดสูง ผู้บริโภคมีโอกาสในการตัดสินใจและเปรียบเทียบสินค้าจากผู้ผลิตมากขึ้น [3] เป้าหมายของผู้ผลิต คือผลิตสินค้าที่สามารถทำให้ลูกค้าพึงพอใจที่จะซื้อ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ(Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดโครงสร้างเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่เน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก โดยการรวบรวมและสำรวจความต้องการ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินของลูกค้าจัดเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งการแปลงให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณนั้น เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมนักเนื่อง

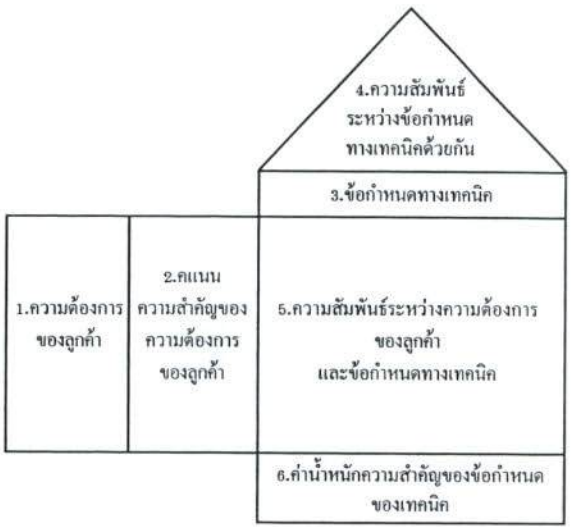
จากความคิดเห็นของแต่ละคนมีน้ำหนักหรือความรู้สึกต่างกัน [4] ในการวิจัยนี้จึงได้ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวแทนทางภาษาหรือข้อมูลที่ไม่แน่นอนเพื่อเปลี่ยนเป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์ [12] โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เพื่อช่วยให้สามารถออกแบบและตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตได้ดีที่สุด งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจความต้องการของลูกค้าเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้เครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต และเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับทฤษฎีฟัซซีเซต ในการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เทคนิคที่นิยมใช้คือการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ได้รับการพัฒนาโดยDr.Yoji Akao ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ครั้งแรกที่อู่ต่อเรือของบริษัทมิตซูบิชิ ประเทศญี่ปุ่น [5] สำหรับในประเทศไทย ได้มีการนำ QFD มาใช้ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมานี้ โดยบริษัทผลิตอิฐทนไฟในเครือซีเมนต์ไทย [6]

QFDเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมให้ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ขั้นตอนของ QFD นั้นจะเน้นในเรื่องอะไรคือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ(whats)และเราจะปรับปรุงอย่างไร (hows) [13] QFDประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลกระบวนการตัดสินใจ2กลุ่ม คือ 1.การรวบรวมความต้องการของลูกค้ากลุ่มตัวอย่าง 2.การกำหนดความสัมพันธ์ของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค [14] โดยเทคนิคนี้สามารถช่วยสร้างความเชื่อมโยงคุณภาพระหว่าง ลูกค้า ผู้ผลิต รวมถึงแผนกต่างๆของผู้ผลิตได้อย่างมีระบบ โดยทั่วไป QFD ถูกใช้ในบริษัทเนื่องจาก 1.ลดเวลาในการออกแบบและพัฒนา 2.ให้ความสนใจในความต้องการของลูกค้า 3.ช่วยพัฒนาการสื่อสารของบุคคลทุกระดับในการดำเนินการ [15] ส่งผลให้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินการได้อย่างเชื่อมโยงรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า

มีทั้งหมด 4 เฟส (4Phase) ประกอบด้วยเฟสที่1การวางแผนผลิตภัณฑ์ เฟสที่2การออกแบบผลิตภัณฑ์ เฟสที่3การวางแผนการผลิต เฟสที่4 การวางแผนปฏิบัติการผลิต



รูปที่ 1 QFD เฟสที่ 1

1. ความต้องการของลูกค้า

2. การจัดลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เป็นการนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณเพื่อดูว่าปัจจัยใดที่ลูกค้าให้ความสำคัญ

3. ข้อกำหนดทางเทคนิค เป็นการแจกแจงความต้องการของลูกค้าให้เป็นการกระทำเพื่อให้ลูกค้าได้รับในสิ่งที่ต้องการ

4. ทางด้านหลังคา เป็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคด้วยกันเอง

5. ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค

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

รูปที่ 2 QFD เฟสที่ 2

1.ความต้องการทางเทคนิคคือข้อกำหนดทางเทคนิคจากเฟสที่ 1

2.คะแนนความสำคัญของความต้องการทางเทคนิคคือค่าคะแนนAIที่ได้จากเฟสที่1

3.ข้อกำหนดส่วนประกอบเป็นการระบุรายละเอียดของข้อความต้องการทางเทคนิค

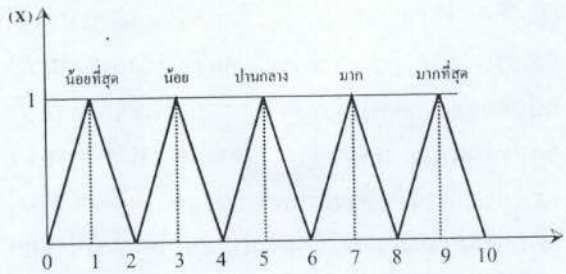
4.อยู่ตรงกลางเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบ

5.ข้อกำหนดความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบเป็นการหาค่าเช่นเดียวกับเฟสที่1

ปัญหาหลักของQFDคือการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ่านข้อแตกต่างของข้อกำหนดทางเทคนิคและความต้องการของลูกค้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ออกแบบและลูกค้า [16] การให้คะแนนในการประเมินของลูกค้าเป็นข้อเสียเปรียบที่สำคัญ และทำให้การสรุปผลที่ผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นง่ายมาก เนื่องจากใช้ความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลทำให้ยากที่จะระบุออกมาเป็นตัวเลข [8] จากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการที่ไม่แน่ชัดของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค จึงได้นำ Fuzzy set มาใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากสามารถแก้ปัญหากับความไม่แน่นอนและความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคและระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคได้ดี

ระบบฟัซซี เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักฟัซซีลอจิก ที่คิดค้นโดย L.A.Zadeh ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่ไม่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือไม่ชัดเจน [9]

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



รูปที่ 2 ฟังชั่นความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้คือเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตโดยใช้หลักการของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatics Precipitator)ซึ่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดฝุ่นผงที่ลอยอยู่ในอากาศ โดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตในการแยกอนุภาคออกจากกระแสของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปจะมีขั้วไฟฟ้า 2 ชนิดคือ 1.ขั้วปล่อยประจุ 2.ขั้วเก็บ สำหรับการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตคือ การปล่อยให้อากาศไหลผ่านขั้วไฟฟ้าเพื่อใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคที่เจือปนอยู่ในอากาศก่อนที่จะผ่านอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิตทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บกักที่พื้นผิวของขั้วเก็บที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค [10]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้ FuzzyQFD แบบ 4 เฟส โดยทำในเฟสที่1และ2เท่านั้น

3.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการประยุกต์ใช้ Fuzzy QFD

1.สำรวจความต้องการของลูกค้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการร้านขายอาหารที่ ใช้เครื่องดูดควันแบบติดตั้งภายนอกอาคาร จำนวน100คน ซึ่งเพียงพอต่อการวิจัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คลาดเคลื่อน 10%

2.หาค่าคะแนนความสำคัญ (Important Rating : IMP) นำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณ ผลที่ได้นำไปใช้ใช้ในทฤษฎีฟัซซี่เซตร่วมกับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเฟสที่1

3.2 การประยุกต์ใช้ Fuzzy QFD เฟสที่ 1 ประกอบด้วยความต้องการของลูกค้า, คะแนนความสำคัญ, ข้อกำหนดทางเทคนิค, เป้าหมายและทิศทางของข้อกำหนดทางเทคนิค ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค, ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิค และค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

3.3 การประยุกต์ใช้Fuzzy QFD เฟสที่ 2 ประกอบด้วยความต้องการทางเทคนิค, คะแนนความสำคัญของความต้องการทางเทคนิค, ข้อกำหนดส่วนประกอบ, ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคและข้อกำหนดส่วนประกอบ และข้อกำหนดความสำคัญของข้อกำหนดส่วนประกอบ

4.ผลการวิจัย

4.1สำรวจความต้องการของลูกค้าระหว่างวันที่ 25–30 มิย.2554 เป็นเวลา6วันโดยใช้แบบสอบถามและใช้วิธีสัมภาษณ์ตัวต่อตัว จากนั้นนำค่าที่ลูกค้าประเมินมาคำนวณหาค่าคะแนนความสำคัญโดยใช้สูตร [11]

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

$\tilde{W}_i$ คือ ค่าคะแนนความสำคัญ

w_{in} คือ ค่าการประเมินจากแบบสอบถาม

n คือ จำนวนผู้ทำแบบสอบถาม

ตัวอย่าง การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยราคา

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

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

ในการแปลงตัวเลขฟัซซีให้อยู่ในรูปของตัวเลขธรรมดาใช้สูตร

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

ตัวอย่าง การแปลงตัวเลขฟัซซีให้อยู่ในรูปของตัวเลขธรรมดาของปัจจัยราคา

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

$$= 7.32$$

ตารางที่ 1 ค่าระดับคะแนนความสำคัญ

ความต้องการของลูกค้า	ค่า IMP (fuzzy)	ค่า IMP (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
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 ดังตารางที่1พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญกับประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด

4.2 Fuzzy QFD เฟสที่ 1

ความต้องการของลูกค้าจากแบบสอบถามจะถูกแปลงเข้าสู่ข้อกำหนดทางเทคนิค, เป้าหมายและทิศทาง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
ราคาจัดจำหน่ายสินค้า	ราคาไม่เกิน 10,000 บาท	↓
มีสายดิน	มีสายดินติดตั้งไว้อย่างเหมาะสม	○
มีการรับประกันสินค้า	รับประกันการใช้งาน 2 ปี	↑
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขยะเปิดเครื่อง	300 วัตต์	↓
ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค	มอก.	○
สามารถใช้กับเตาแก๊สและตะแกรงย่างทั่วไป	มีขนาดใกล้เคียงกับเตาที่ใช้ทั่วไป	↑
ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ	ใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน	↑
ปริมาณควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องขณะเครื่องทำงาน	น้อยมากจนแทบไม่มี	↓
ตะแกรงไฟฟ้าสถิต	สามารถสลายควันได้หมด	↓
ตะแกรงดักจับไขมัน	สามารถดักจับละอองไขมันจนเหลือน้อยมาก	○
ตะแกรงดักจับฝุ่นละออง	สามารถดักจับฝุ่นละอองจนหมด	○
ตะแกรงถ่าน	สามารถดูดกลิ่นจนเหลือน้อย	○

ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมาย	ทิศทาง
ความดังขณะเครื่องทำงาน	มีเสียงดังลดน้อยลง	↓
ปริมาณควันรอบๆ เครื่องหน่วย m^2	น้อยมากจนแทบไม่มี	↓
ทำความสะอาดได้ง่าย	ทำความสะอาดได้ง่าย	↑
ติดตั้งได้ง่าย	ติดตั้งใช้เวลาไม่นาน	↑
เคลื่อนย้ายได้ง่าย	สามารถถอดออกเคลื่อนย้ายได้	↑
หาอุปกรณ์ภายในประเทศมาเปลี่ยนได้ง่าย	มีอุปกรณ์ทดแทนภายในประเทศ	↑
บำรุงรักษาได้ง่าย	บำรุงรักษาได้ง่าย	↑

แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับลดลง ใช้สัญลักษณ์ ↓
แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับคงที่ ใช้สัญลักษณ์ O
แนวโน้มค่าเป้าหมายปรับเพิ่มขึ้นใช้สัญลักษณ์ ↑
ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละปัจจัยทำโดยระดมความเห็นของผู้เชียวชาญ5ท่าน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์โดยใช้สูตร [11]

$$\tilde{R}_j = \frac{1}{n} \otimes (r_{ji} \oplus r_{j2} \oplus ... \oplus r_{jin}) \qquad (4)$$

$\tilde{R}_j$ คือค่าคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค

r_{jin} 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]

$$\tilde{I}_j = \frac{1}{k} \otimes \left[(\tilde{R}_{1j} \otimes \tilde{w}_1) \oplus (\tilde{R}_{2j} \otimes \tilde{w}_2) \oplus ... \oplus (\tilde{R}_j \otimes \tilde{w}_{i1}) \right] \qquad (5)$$

$\tilde{I}_j$ คือค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์

k คือจำนวนความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค

ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่า AI (fuzzy)	ค่า AI (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

ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่า AI (fuzzy)	ค่า AI (crisp)	ลำดับที่
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
ปริมาณควันรอบๆ เครื่อง หน่วย m^2	(16.99,26.23,38.06)	26.88	11
ทำความสะอาดได้ง่าย	(16.69,25.45,37.82)	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 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดส่วนประกอบ

ข้อกำหนดส่วนประกอบ	เป้าหมาย
วัสดุที่ใช้ทำโครง	อลูมิเนียม
ขนาดของเครื่องดักควัน ขนาดพัดลม	$\leq$50x82cm $\leq$10 นิ้ว
จำนวนใบพัดพัดลม	$\leq$6 ใบ
ความเร็วมอเตอร์	$\geq$350rpm
จำนวนวัตถุปลายแหลมระยะ	$\geq$90 อัน
ห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว	$\geq$0.5cm
ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนตะแกรงไฟฟ้าสถิต	Bakelite
ชนิดของถ่าน	ถ่านกัมมันต์
ความหยาบของถ่าน	$\geq$3mesh
ความหนาของถ่าน	$\geq$0.5cm
วัสดุที่ใช้กรองฝุ่น	ใยสังเคราะห์
วัสดุที่ใช้กรองไขมัน	แผ่นกรองอลูมิเนียม
ค่าความต่างศักย์	$\geq$16.7kv

ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการทางเทคนิคกับข้อกำหนดส่วนประกอบ และค่าระดับน้ำหนักใช้สูตรเช่นเดียวกับเฟสที่ 1

ตารางที่ 5 ค่าระดับน้ำหนัก

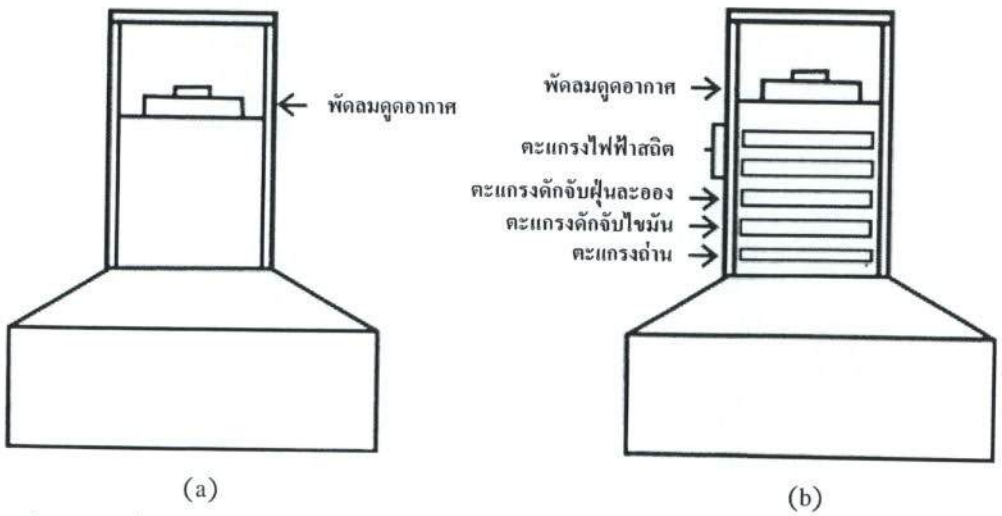
ส่วนประกอบที่สำคัญ	ข้อกำหนดส่วนประกอบ	ค่าระดับน้ำหนัก (fuzzy)	ค่าระดับน้ำหนัก (crisp)	ลำดับที่
โครง	วัสดุที่ใช้ทำโครง	(60.63,116.38,206.93)	125.08	2
	ขนาดของเครื่องดักควัน	(44.4,92.41,176.06)	101.32	8
	ขนาดพัดลม	(60.25,117.42,209.36)	126.11	1
พัดลม	จำนวนใบพัดพัดลม	(46.69,97.26,180.2)	105.35	5

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

ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาวัสดุที่ใช้ทำโครง และวัสดุที่ใช้กรองฝุ่น

5.สรุปผลการวิจัย

QFDเป็นเครื่องมืออย่างง่าย ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงใจลูกค้า ในการเลือกซื้อและนำมาใช้ โดยนำ fuzzy set ซึ่งสามารถลดความคลุมเครือของผู้ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการสำรวจความต้องการของลูกค้าพบว่าลูกค้าให้ความสำคัญกับการประหยัดไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือความปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถดูดควันได้หมด ในเฟสที่ 1 เป็นการออกแบบเพื่อค้นหาความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าที่มีต่อเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิต พบว่าปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในการออกแบบมากที่สุดคือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพรองลงมาคือ ผ่านมาตรฐานรับรองความปลอดภัยต่อผู้บริโภค สำหรับเฟสที่ 2 เป็นการหาส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องดูดควันใช้ไฟฟ้าสถิตส่วนประกอบที่ควรให้ความสำคัญในการออกแบบมากที่สุดคือขนาดพัดลม รองลงมาคือชนิดของวัสดุที่ใช้ทำโครง นอกจากนี้ความต้องการของลูกค้าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอจึงควรมีการประยุกต์ใช้QFDในการ



รูปที่ 7 (a) เครื่องดูดควันทั่วไปและ (b) เครื่องดูดควันใช้ ไฟฟ้าสถิตที่ปรับปรุงโดยใช้ Fuzzy QFD

พัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งรูปแบบความต้องการของลูกค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยและทีมงาน งานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางที่ต้องใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และใช้หลักสถิติร่วมด้วย ในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

[1]พานิช อินต๊ะ,2550.**วิธีการทำนายประสิทธิภาพการตกตะกอนรวมของตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตแบบสาย-แผ้นสำหรับการกำจัดอนุภาคฝุ่นจากเตาเผาชีวมวล**.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประทศไทย ครั้งที่ 21.

[2]วชร กาลาสี,2549.**ประสิทธิภาภการดักจับอนุภาคของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ส่วนที่ 1 : อนุภาคเขม่าควันและฝุ่นแป้ง**.การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประทศไทย ครั้งที่ 20.

[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**. ปีที่ 17 ฉบับที่ 3กย.-ธค. 2550

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

[7]ดร.อรรถเจตต์ 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 กุมภาพันธ์ 2555)

[10]ผศ.ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ,2554.**เอกสารประกอบการเรียนวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมควบคุม**

[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.stou.ac.th /Schools/Shs/upload/54114-5.doc (2 ตุลาคม 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 (2 มีนาคม 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.Springer link.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