วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ก.ย.–ธ.ค. 2559
*The Journal of KMUTNB., Vol. 26, No. 3, Sep.–Dec. 2016*

บทความวิจัย

# การจัดลำดับความสำคัญข้อบกพร่องด้วยกระบวนการการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่: กรณีศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

***ขวัญใจ อินหันต์****
*นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*
***ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง***
*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09-2424-8118 อีเมล: knodame@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.02.003
รับเมื่อ 14 กันยายน 2558 ตอบรับเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 3 ตุลาคม 2559
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญเชิงเปรียบเทียบของเกณฑ์ 3 ด้านที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ได้แก่ ความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: S) โอกาสในการเกิด (Occurrence: O) และ การตรวจจับ (Detection: D) และ 2) จัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง จาก FMEA ถ่วงน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Fuzzy AHP) ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกข้อบกพร่อง ได้แก่ ความรุนแรงของข้อบกพร่อง และเมื่อวิเคราะห์ถึงลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเสียหายภายหลังการบรรจุภัณฑ์ จะมีความสำคัญที่สุด ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของลำดับความสำคัญข้อบกพร่องที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการวิเคราะห์ FMEA แบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่งผลให้สามารถแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์ในมิติที่สำคัญและเร่งด่วนได้ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ**: ฟัซซี่ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การอ้างอิงบทความ: ขวัญใจ อินหันต์ และ ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, "การจัดลำดับความสำคัญข้อบกพร่องด้วยกระบวนการการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่: กรณีศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 3, หน้า 427–436, ก.ย.–ธ.ค. 2559

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ก.ย.–ธ.ค. 2559
*The Journal of KMUTNB., Vol. 26, No. 3, Sep.–Dec. 2016*

Research Article

# Prioritization of Failure Modes by Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): A Case Study Electronics Parts/Components Manufacturing Process

***Khuanchai Inhun****
*Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Bangkok, Thailand*

***Tritos Laosirihongtong***
*Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Bangkok, Thailand*

* Corresponding Author, Tel. 09-2424-8118, E-mail: knodame@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.02.003
Received 14 September 2015; Accepted 12 February 2016; Published online: 3 October 2016
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

**Abstract**

The objectives of this study are to: 1) evaluate the releative importance of three criteria (Severity, Occurrence, and Detection) used in the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and to 2) prioritize the failure modes from FMEA by applying Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). According to the experts in electronics manufacturing industry, Severity (S) is the most important criterion for FMEA while the damaged products after packaging is the most prioritized. The study also shows the degrees of prioritization which leads a company to take immediate preventive actions.

**Keywords**: Fuzzy, AHP, FMEA

Please cite this article as: K. Inhun and T. Laosirihongtong, "Prioritization of failure modes by using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP): a case study electronics parts/components manufacturing process," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 26, no. 3, pp. 427–436, Sep.–Dec. 2016 (in Thai).

**1. บทนำ**

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการแข่งขันทางการตลาดค่อนข้างสูงส่งผลให้การดำเนินงานของแต่ละบริษัทต้องพยายามปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว โดยเฉพาะการพยายามเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดของบริษัท การคัดเลือกข้อบกพร่องมีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิต และเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อทรัพยากร ต้นทุน เวลาในการผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า บริษัทจะต้องคาดการณ์ปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ตั้งแต่ก่อนการผลิต เพื่อสร้างประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการจัดการกระบวนการผลิตของบริษัทเพื่อนำไปสู่ความพึงพอใจจากลูกค้า

จากวิธีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ซึ่งเป็นการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องและคัดเลือกข้อบกพร่องจากค่าดัชนีความเสี่ยงของข้อบกพร่อง (Risk Priority Number: *RPN*) ที่มีค่าสูง เพื่อให้บริษัทได้นำมาดำเนินการแก้ไขและมีแนวทางในการจัดการกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในทรัพยากรและต้นทุนในการผลิตที่มีอยู่ แต่วิธี FMEA และค่า *RPN* มีข้อบกพร่องบางอย่างเช่น วิธี FMEA ไม่ได้พิจารณาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง (S, O, D) โดยถือว่าทั้งสามปัจจัยเสี่ยงนั้นมีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเท่า ๆ กัน หรือมีความเสี่ยงซ่อนอยู่และย่อมมีผลกระทบแตกต่างกันจากการรวมกันของสามปัจจัยเสี่ยง (S, O, D) ที่มีค่าแตกต่างกัน [1]–[5] อีกทั้งอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้นใช้วิธี FMEA และเกณฑ์การประเมินผลของปัจจัยเสี่ยงอ้างอิงมาจากอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งข้อบกพร่องเหล่านี้ร่วมกับการตัดสินใจในการประเมินผลคะแนนของปัจจัยเสี่ยงและข้อบกพร่องนั้นมาจากการตัดสินใจของทีมงานหนึ่ง ซึ่งการตัดสินใจของมนุษย์ย่อมประกอบไปด้วยความคลุมเครือและอาจทำให้การตัดสินใจนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และอาจส่งผลต่อการสูญเสีย ทรัพยากร ต้นทุนและเวลาในการผลิต จากการคัดเลือกข้อบกพร่องที่ผิดพลาดและไม่เกิดประสิทธิผลจากการดำเนินการแก้ไข

ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจมาประยุกต์ใช้ วิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี่ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Fuzzy AHP) เป็นการใช้ตัวเลขฟัซซี่เข้ามาแทนตัวเลขเดี่ยวที่ได้จากการประเมินผลและกำจัดความคลุมเครือที่เกิดขึ้นจากการตัดสินใจของผู้ประเมิน โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงและวิธีการลำดับความสำคัญข้อบกพร่องโดยวิธี Fuzzy AHP ภายใต้กรอบวิธี FMEA เป็นพื้นฐานในการกำหนดเกณฑ์ตัดสินใจ

**2. วิธีการวิจัย**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์คือไพวอต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ทำหน้าที่ในการหมุนแขนของหัวอ่าน-เขียนไปยังจานแม่เหล็ก

ไพวอตมีวัตถุดิบหลัก 3 ชิ้น คือ แกนหมุน (Shaft) ปลอกหุ้ม (Sleeve) และตลับลูกปืน (Bearing)

กระบวนการผลิตของไพวอตคือ การล้างวัตถุดิบ การประกอบ การอบร้อน และการตรวจสอบชิ้นงาน ก่อนบรรจุชิ้นงานและส่งขายผลิตภัณฑ์

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของสามปัจจัยเสี่ยงภายใต้กรอบวิธี FMEA และจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องโดยใช้วิธี Fuzzy AHP ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

**2.1 ผู้ประเมินผลความสำคัญ**

การประเมินผลได้จากความคิดเห็นของบุคลากรในระดับหัวหน้างานที่มีประสบการณ์ปฏิบัติงานมากกว่า 8 ปี และมีส่วนเกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ จึงได้เลือกผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 8 ส่วนงานมาทำการประเมินผล FMEA อย่างน้อยส่วนงานละ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 10 ท่าน [6] ดังตารางที่ 1

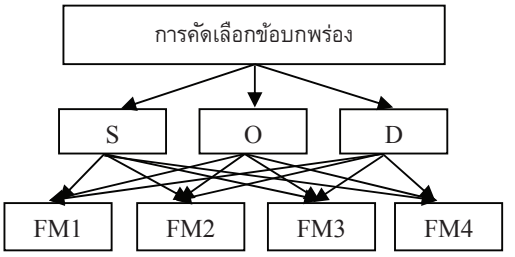
**ตารางที่ 1** ตำแหน่งงานและประสบการณ์การทำงานของผู้เชี่ยวชาญ

| ผู้เชี่ยวชาญ | ตำแหน่งงาน | ประสบการณ์การทำงานในบริษัท (ปี) |
|---|---|---|
| 1 | หัวหน้างานฝ่ายวิศวกรกระบวนการผลิต | 10 |
| 2 | หัวหน้างานฝ่ายวิศวกรกระบวนการผลิต | 8 |
| 3 | หัวหน้างานฝ่ายวิศวกรบริการลูกค้า | 10 |
| 4 | หัวหน้างานฝ่ายวิศวกรบริการลูกค้า | 8 |
| 5 | หัวหน้างานฝ่ายรับประกันคุณภาพ | 12 |
| 6 | หัวหน้างานฝ่ายผลิต | 13 |
| 7 | หัวหน้างานฝ่ายควบคุมการผลิต | 10 |
| 8 | หัวหน้างานฝ่ายควบคุมคุณภาพ | 11 |
| 9 | หัวหน้างานฝ่ายควบคุมคุณภาพวัตถุดิบขาเข้า | 13 |
| 10 | หัวหน้างานฝ่ายซ่อมบำรุง | 14 |

### 2.2 โครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจ

การประยุกต์รวมวิธี Fuzzy [7] กับวิธี AHP [8] โดยคงรูปแบบการแยกปัญหาด้วยโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ ซึ่งช่วยให้สามารถมองเห็นภาพรวมของปัญหาและประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของแต่ละปัจจัยเสี่ยงหรือข้อบกพร่องจากการเปรียบเทียบเชิงคู่ จากนั้น Chang [9] ได้นำเสนอวิธีการใหม่โดยการใช้ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Numbers: TFN) ในวิธี Fuzzy AHP สำหรับการเปรียบเทียบเชิงคู่และการใช้วิธีการวิเคราะห์ขอบเขตสำหรับค่าขอบเขตสังเคราะห์ฟัซซี่ของการเปรียบเทียบเชิงคู่

การประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงและจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องตามขั้นตอนของวิธี Fuzzy AHP โดยมีเกณฑ์ตัดสินใจรองภายใต้กรอบวิธี FMEA [10] ซึ่งสามปัจจัยเสี่ยงคือ S, O, D และมีทางเลือกเป็นข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จึงสามารถสร้างเป็นโครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** โครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจ

โดยที่

S คือความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity)

O คือโอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุ (Occurrence)

D คือการควบคุมสาเหตุที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Detection)

FM1 คือวัตถุดิบที่ไม่ดี (Non-conforming Material) ชิ้นงานที่มีการประกอบผิดปกติหรือค่าของชิ้นงานผิดข้อกำหนดของลูกค้า

FM2 คือขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (Wrong Process) ชิ้นงานที่มีค่าของชิ้นงานแปรปรวนของหรือผิดข้อกำหนดของลูกค้า

FM3 คือข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (Wrong Condition) ชิ้นงานที่ลักษณะภายนอกหรือมีค่าของชิ้นงานผิดข้อกำหนดของลูกค้า

FM4 คือผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (Damaged Goods) ชิ้นงานที่ไม่สามารถใช้งานได้เมื่อส่งมอบถึงลูกค้า

### 2.3 การแทนค่าด้วยตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Numbers: TFNs)

นำตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม [11] ดังตารางที่ 2 มาแทนค่าการใช้ตัวเลขเดี่ยวแบบ AHP จากการประเมินคะแนนการเปรียบเทียบระดับความสำคัญ เพื่อช่วยให้

การประเมินคะแนนนั้นมีความใกล้เคียงกับดุลยพินิจของมนุษย์

**ตารางที่ 2** ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม [11], [12]

| ระดับการให้ความสำคัญ (Linguistic Scale) | ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Scale) | ตัวเลข AHP (AHP Scale) |
|---|---|---|
| มีความสำคัญเท่ากัน | (1,1,3) | 1 |
| มีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อย | (1,3,5) | 3 |
| มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง | (3,5,7) | 5 |
| มีความสำคัญมากกว่ามาก | (5,7,9) | 7 |
| มีความสำคัญมากกว่ามากที่สุด | (7,9,9) | 9 |

### 2.4 การหาค่าอัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio: *CR*)

ตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผลในการประเมินคะแนนทั้งในเกณฑ์ตัดสินใจรองและทางเลือกโดยเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดขึ้นโดย Saaty [8], [10] ก่อนนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป จากสมการที่ (1) และ (2)

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{1}$$

เมื่อ $$CI = \frac{(\lambda max - n)}{n-1} \tag{2}$$

โดยที่

*CR* คือค่าอัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

*CI* คือค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

*RI* คือค่าเฉลี่ยดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Average Random Index) ดังตารางที่ 3

$\lambda max$ คือผลรวมของผลหารด้วยจำนวนหลักเกณฑ์ตัดสินใจ

*n* คือจำนวนหลักเกณฑ์ตัดสินใจ

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Average Random Index: *RI*) [8]

| ขนาดเมติกซ์ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่า *RI* | 0 | 0 | 0.52 | 0.89 | 1.11 | 1.25 | 1.35 | 1.4 | 1.45 | 1.49 |

Saaty [8], [12] ได้กำหนดค่า *CR* ที่ยอมรับได้สำหรับตารางเมทริกซ์ที่มีขนาดที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้คือ

1. ค่า *CR* มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 สำหรับตารางเมทริกซ์ที่มีขนาดเป็น 3 × 3

2. ค่า *CR* มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08 สำหรับตารางเมทริกซ์ที่มีขนาดเป็น 4 × 4

3. ค่า *CR* มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 สำหรับตารางเมทริกซ์ที่มีขนาดมากกว่า 4 × 4 ขึ้นไป

ถ้าค่า *CR* มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่ยอมรับได้ หมายถึง ผลการประเมินผลและวิเคราะห์นั้นมีความสอดคล้องกัน และสามารถยอมรับได้

แต่ถ้าค่า *CR* มีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ แสดงว่าผลการประเมินและวิเคราะห์นั้นไม่มีความสอดคล้องกัน ควรมีการทำการทบทวนและทำการประเมินผลใหม่อีกครั้ง

### 2.5 การวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ

กำหนดให้ $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ เป็นเซตของวัตถุหรือทางเลือก (Object Set)

และ $G = \{g_1, g_2, ..., g_n\}$ เป็นเซตของเป้าหมายหรือหลักเกณฑ์ตัดสินใจ (Goal Set)

โดยแต่ละทางเลือกจะถูกนำมาวิเคราะห์สำหรับแต่ละหลักเกณฑ์ตัดสินใจตามลำดับ

ดังนั้น ค่า *m* Extent Analysis สำหรับแต่ละทางเลือกสามารถกำหนดได้เป็น $M^1_{gi}, M^2_{gi}, M^m_{gi}$, สำหรับ $i = 1, 2, ..., n$

เมื่อ $M^j_{gi}$ ($j = 1, 2, ..., m$) เป็นตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม และ $M^m_{gi}$ เป็นค่าการวิเคราะห์ขอบเขตของทางเลือกที่ *i* สำหรับหลักเกณฑ์ตัดสินใจที่ [9], [13], [14] ซึ่งขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

2.5.1 การคำนวณค่าขอบเขตสังเคราะห์ฟัซซี่ สำหรับวัตถุที่ $i$ จากสมการที่ (3)–(6)

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[ \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} \quad (3)$$

โดยที่ $$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left[ \sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right]^{-1} \quad (4)$$

และ $$\left[ \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \quad (5)$$

เมื่อ $$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left( \sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \quad (6)$$

2.5.2 การคำนวณหาระดับของความเป็นไปได้ของ $S_i \geq S_j$

เมื่อ $S_i = (l_i, m_i, u_i), S_j = (l_j, m_j, u_j); i \neq j$ จากสมการที่ (7)

$$V(S_i \geq S_j) = \begin{cases} 1 & m_i \geq m_j \\ 0 & l_j \geq u_i \\ \dfrac{(l_j - u_i)}{(m_i - u_i) - (m_j - l_j)} & other \end{cases} \quad (7)$$

2.5.3 การคำนวณหาระดับของความเป็นไปได้ของ $S_i \geq S_j$ เมื่อ $i \neq j$ อื่นๆ จากสมการที่ (8)

$$S_i \geq S_j \mid j = 1, 2, ..., m;\ i \neq j \quad (8)$$
$$= min\ V(M \geq M_i \mid i = 1, 2, 3, ..., k)$$

2.5.4 การคำนวณหาเวกเตอร์ความสำคัญ จากสมการที่ (9)

$$W_i' = min V(S_i \geq S_j \mid j = 1, 2, ..., m; i \neq j) \quad (9)$$

จะได้เวกเตอร์ความสำคัญ $W'$ ของเมทริกซ์ดังสมการที่ (10)

$$W' = (W_1', W_2', ..., W_n')^T \quad (10)$$

และทำการ Normalization ด้วยสมการที่ (11)

$$W_i = \frac{W_i'}{\sum_{i=1}^{n} W_i'} \quad (11)$$

จากนั้นจะได้เวกเตอร์ความสำคัญใหม่ ดังสมการที่ (12)

$$W = (W_1, W_2, ..., W_n)^T \quad (12)$$

โดยที่

$W_1, W_2, ..., W_n$ คือค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบที่ต้องการ

**2.6 การคำนวณหาค่า *RPN* โดยค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง**

พิจารณาลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องด้วยค่า *RPN* เช่นเดียวกับวิธี FMEA ซึ่ง Hu และคณะ [14] ได้นำเสนอ ค่า *RPN* ที่ได้พิจารณาจากค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของแต่ละปัจจัยเสี่ยงคูณกับค่าคะแนนความเสี่ยงตามวิธี FMEA และบวกรวมเข้าด้วยกัน ดังสมการที่ (13)

$$RPN = W_s \times S_s \times W_o \times S_o \times W_D \times S_D \quad (13)$$

โดยที่

$W_s, W_o, W_D$ คือค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของแต่ละปัจจัยเสี่ยง

$S_s, S_o, S_D$ คือค่าคะแนนความเสี่ยงตามวิธี FMEA

**2.7 การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง**

เปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่ได้จากวิธี FMEA และวิธี Fuzzy AHP

**3. ผลการวิจัย**

จากการแทนค่าตัวเลขเดี่ยวแบบ AHP ที่ได้จากการประเมินผลคะแนนของผู้เชี่ยวชาญด้วยตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม และนำมาหาค่า *CR* ตามสมการที่ (1) และ (2)

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่านและดำเนินการหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงและข้อบกพร่องตามสมการที่ (3)–(12)

ผลการคำนวณตามสมการที่ (1)–(12) สามารถประมวณผล โดยใช้ Microsoft Office Excel ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้คือ

**3.1 ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบในเกณฑ์ตัดสินใจรอง**

3.1.1 ค่า *CR*

ตามกรอบวิธี FMEA ปัจจัยเสี่ยงมีสามปัจจัย ดังนั้นตารางเมทริกซ์จะขนาด 3 × 3 และค่า *CR* ที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 (ถ้าค่า *CR* มีค่ามากกว่า 0.05 ผู้เชี่ยวชาญต้องทำการประเมินผลใหม่อีกครั้ง)

ค่าเฉลี่ยของ ค่า *CR* ที่คำนวณได้จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่าน มีค่าเท่ากับ 0.02 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

3.1.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง

S มีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเท่ากับ 0.61

O มีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเท่ากับ 0.03

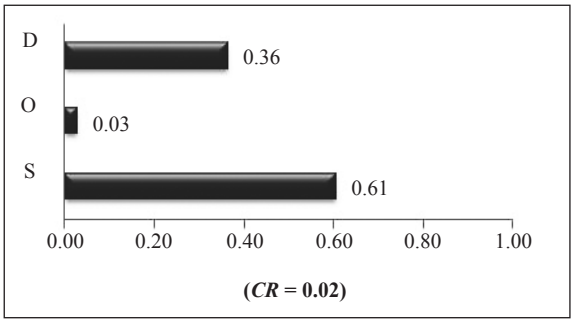
D มีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบเท่ากับ 0.36

ผลการคำนวณค่า *CR* และผลการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง ดังรูปที่ 2

**3.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบในลำดับชั้นทางเลือก**

3.2.1 ค่า *CR*

ข้อบกพร่องมีสี่ปัจจัย ดังนั้นตารางเมทริกซ์จะขนาด 4 × 4 และค่า *CR* ที่ยอมรับได้จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.08 (ถ้าค่า *CR* มีค่ามากกว่า 0.08 ผู้เชี่ยวชาญต้องทำการประเมินผลใหม่อีกครั้ง)




**รูปที่ 2** ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงภายใต้กรอบวิธี FMEA

ค่าเฉลี่ยของ ค่า *CR* ที่คำนวณได้จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่าน มีค่าเท่ากับ 0.06 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

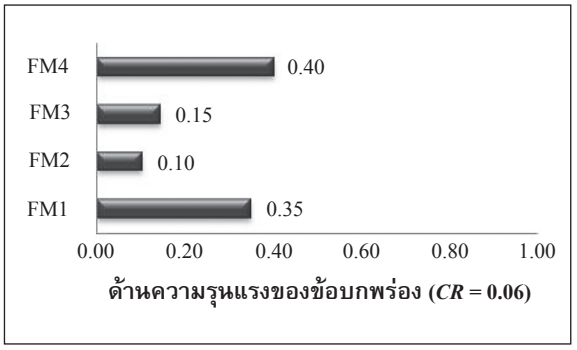
3.2.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของข้อบกพร่อง

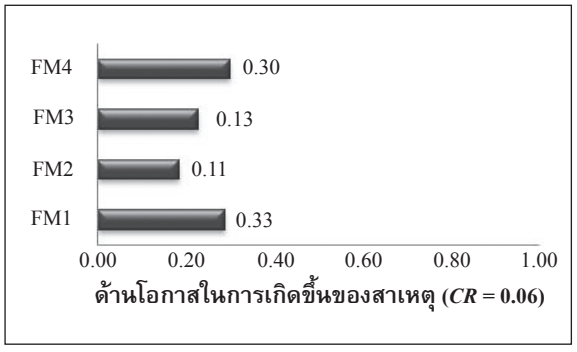
FM1, FM2, FM3 และ FM4 มีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบที่ประเมินภายใต้เกณฑ์ของปัจจัยเสี่ยงดังตารางที่ 4

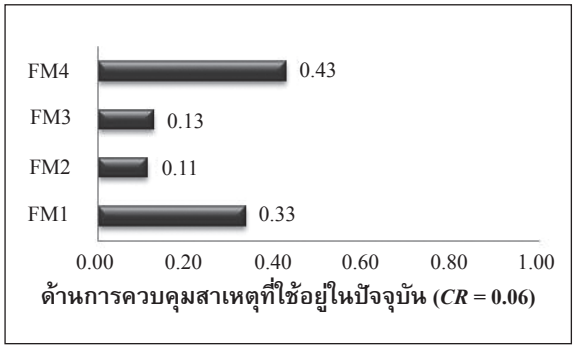
**ตารางที่ 4** ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของข้อบกพร่องภายใต้เกณฑ์ของปัจจัยเสี่ยง

| ข้อบอกพร่อง | ค่าน้ำหนักตามเกณฑ์ | | |
|---|---|---|---|
| | S | O | D |
| วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) | 0.35 | 0.29 | 0.33 |
| ขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2) | 0.10 | 0.19 | 0.11 |
| ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) | 0.15 | 0.23 | 0.13 |
| ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (FM4) | 0.40 | 0.30 | 0.43 |

ผลการคำนวณค่า *CR* และผลการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของข้อบกพร่อง ดังรูปที่ 3




**รูปที่ 3** ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ

### 3.3 ค่า *RPN*

3.3.1 ค่าคะแนนของปัจจัยเสี่ยง และค่า *RPN* ตามวิธี FMEA

FMEA ของผลิตภัณฑ์ที่มีการจัดทำโดยทีมงานของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา มีผลการประเมินคะแนนของปัจจัยเสี่ยง และผลคูณค่า *RPN* ของข้อบกพร่อง ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ค่า *RPN* ตามวิธี FMEA

| ข้อบอกพร่อง | S | O | D | ค่า *RPN* ตามวิธี FMEA |
|---|---|---|---|---|
| วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) | 5 | 2 | 5 | 50 |
| ขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2) | 2 | 3 | 6 | 36 |
| ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) | 3 | 4 | 6 | 72 |
| ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (FM4) | 4 | 2 | 7 | 56 |

3.3.2 ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง และค่า *RPN* ตามวิธี Fuzzy AHP

จากค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงตามหัวข้อ 3.1.2 ได้แก่ S = 0.61, O = 0.03, D = 0.36

สามารถนำมาคำนวณค่า *RPN* ของข้อบกพร่อง ตามสมการที่ (13) ได้เช่น ค่า *RPN* ของ FM1 คือ

$$RPN_{FM1} = (0.61 \times 5) + (0.03 \times 2) + (0.06 \times 5) = 4.91$$

จะได้ค่า *RPN* ที่พิจารณาจากค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ค่า *RPN* โดยถ่วงน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

| ข้อบอกพร่อง | ค่า *RPN* ตามวิธี Fuzzy AHP |
|---|---|
| วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) | 4.91 |
| ขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2) | 3.49 |
| ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) | 4.12 |
| ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (FM4) | 5.03 |

### 3.4 ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง

จากค่า *RPN* ตามวิธี FMEA และวิธี Fuzzy AHP สามารถเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง ดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องตามวิธี FMEA และวิธี FMEA โดยถ่วงน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบจาก Fuzzy AHP

| ข้อบอกพร่อง | ค่า *RPN* ตามวิธี FMEA | ลำดับความสำคัญ ตามวิธี FMEA | ค่า *RPN* ตามวิธี Fuzzy AHP | ลำดับความสำคัญ ตามวิธี Fuzzy AHP |
|---|---|---|---|---|
| วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) | 50 | 3 | 4.91 | 2 |
| ขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2) | 36 | 4 | 3.49 | 4 |
| ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) | 72 | 1 | 4.12 | 3 |
| ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (FM4) | 56 | 2 | 5.03 | 1 |

## 4. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงและข้อบกพร่องด้วยวิธี Fuzzy AHP จะเห็นได้ว่า

ปัจจัยเสี่ยงตามวิธี FMEA นั้นไม่ได้คำนึงถึงค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบซึ่งนำเสนอด้วยค่าที่เท่ากันทั้งสามปัจจัย [1]–[5] จากผลการประเมินตามวิธี Fuzzy AHP ดังรูปที่ 2 พบว่า ปัจจัยเสี่ยงที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบมากที่สุดได้แก่ ความรุนแรงของข้อบกพร่อง (S) รองลงมาคือ โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุ (O) และการควบคุมสาเหตุที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (D) ซึ่งลำดับความสำคัญนี้แสดงให้เห็นว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงมีค่าแตกต่างกัน และในธุรกิจที่แตกต่างกันย่อมส่งผลให้ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบและลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงมีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน

ลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง สามารถพิจารณาได้จากค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบและค่า *RPN* ซึ่งจากการประเมินผลตามวิธี Fuzzy AHP [8]–[14] จะได้ค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 3 และจากการคำนวณค่า *RPN* ที่พิจารณาจากค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง [15] ดังตารางที่ 6 พบว่า ข้อบกพร่องที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเสียหาย (FM4) รองลงมาคือ วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) และขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2)

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่ได้จากค่า *RPN* ตามวิธี FMEA ดังตารางที่ 5 พบว่า ข้อบกพร่องที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดได้แก่ ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเสียหาย (FM4) วัตถุดิบที่ไม่ดี (FM1) และขั้นตอนการผลิตที่ผิดปกติ (FM2)

จากลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องที่ได้จากวิธี Fuzzy AHP และวิธี FMEA นั้นมีความแตกต่างกัน ส่งผลต่อการคัดเลือกข้อบกพร่องเพื่อนำมาดำเนินการแก้ไขแตกต่างกันด้วยเช่นกัน จากวิธี FMEA ข้อกำหนดในกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ (FM3) เป็นข้อบกพร่องที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นลำดับแรก ซึ่งผลประเมินคะแนนจากทีมงานของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษานี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ แต่จากวิธี Fuzzy AHP ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเสียหาย (FM4) เป็นข้อบกพร่องที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นลำดับแรก ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้เชี่ยวชาญของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กรณีศึกษา ได้เล็งเห็นความสำคัญของความเสียหายของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นภายหลังการผลิตและการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อลูกค้าและบริษัทกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการคัดเลือกข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจพื้นฐานสำหรับความสำคัญของค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบของปัจจัยเสี่ยง

บนกรอบวิธี FMEA ด้วยวิธี Fuzzy AHP ซึ่งการศึกษาเพิ่มเติมในครั้งต่อไปนั้นสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หมวดอื่นๆ และเกณฑ์การตัดสินใจมิติอื่นๆ เพื่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการผลิตมากยิ่งขึ้น

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

[1] K.-S. Chin, et al., "Failure model and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach," *Computers & Operations Research*, vol. 36, pp. 1768–1779, 2009.

[2] H.-C. Liu, et al., "Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and gray theory," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 4403–4415, 2011.

[3] N. R. Sankar and B. S. Prabhu, "Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effect analysis," *International Journal of Quality & reliability Management*, vol. 18, pp. 324–335, 2001.

[4] S. M. Seyed-Hosseini, N. Safaei, and M. J. Asgharpour, "Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 91, pp. 872–881, 2006.

[5] Y.-M. Wang, et al., "Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 1195–1207, 2009.

[6] C.-W. Chang, et al., "Using expert technology to select unstable slicing machine to control wafer slicing quality via fuzzy AHP," *Expert Systems with Application*, vol. 34, pp. 2210–2220, 2008.

[7] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, pp. 338–353, 1965.

[8] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

[9] D. Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 95, pp. 649–655, 1996.

[10] S. Jomthanachai, W. Rattanamanee, and R. Sinthavalai, "An application of failure mode and effect analysis technique for production quantity verification system in rubberwood processing factory: a case study," *The Journal of KMUTNB*., vol. 26, no. 1, pp. 61–73, Jan.–Apr. 2016 (in Thai).

[11] H. K. Chiou, G. H. Tzeng, and D. C. Cheng, "Evaluating sustainable fishing development strategies using fuzzy MCDM approach," *Omega-International Journal of Management Science*, vol. 33, pp. 223–234, 2005.

[12] T. L. Saaty, "How to make a decision the analytic hierarchy process," *Interfaces*, vol. 2, pp. 19–43, 1994.

[13] C. Kahraman, U. Cebeci, and Z. Ulukan, "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP," *Logistics Information Management*, vol. 16, pp. 382–394, 2003.

[14] A. C. Kutlu, and M. Ekmecioglu, "Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 61–67, 2012.

[15] A. H. Hu, et al., "Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 7142–7147, 2009.