

การวิเคราะห์จุดรวมพลหนีไฟด้วยวิธีค่าน้ำหนักข้อมูลของเอนโทรปีและเทคนิค  
เรียงลำดับตามอุดมคติ

**An Analysis of Fire Assembly Point using Information Entropy Weight and  
Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution**

วัฒนา จันทะโคตร และ กสิณ รังสิกรรพุม\*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ. อุบลราชธานี 34190  
E-mail: kasinphd@gmail.com\*

Wattana Chanthakhot and Kasin Ransikarbum\*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
Ubonratchathani University, Ubonratchathani, 34190,  
E-mail: kasinphd@gmail.com\*

Received 21 Apr 2020; Revised 14 Jun 2020

Accepted 19 Jun 2020; Available online 27 Jun 2020

**บทคัดย่อ**

การเลือกจุดรวมพลหนีไฟที่เหมาะสมในการวางแผนการจัดการเหตุฉุกเฉินส่งผลต่อทั้งการลดความเสี่ยงต่อผู้  
อพยพจากการเกิดเพลิงไหม้และการป้องกันความผิดพลาดในการบริหารจัดการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยงานวิจัย  
นี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ตำแหน่งจุดรวมพลในกรณีเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบ  
หลายปัจจัยในการวิเคราะห์กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งประกอบไปด้วยทางเลือก  
4 จุดรวมพล และอาคารหลักที่อาจเกิดเพลิงไหม้ 5 อาคาร โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการ  
เลือกจุดรวมพลหนีไฟจาก 7 ปัจจัย คือ 1) ระยะทางจากพื้นที่อาคารเพลิงไหม้ไปจุดรวมพล 2) ขนาดความจุของจุดรวม  
พล 3) ระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดสารไวไฟในโรงงานกับจุดรวมพล 4) ระยะห่างระหว่างทางออกไปนอกพื้นที่โรงงาน  
กับจุดรวมพล 5) ความกว้างของถนนที่เข้าถึงจุดรวมพล 6) จำนวนเส้นทางการอพยพที่เชื่อมต่อกับจุดรวมพล และ 7)  
ระยะห่างระหว่างห้องพยาบาลกับจุดรวมพล ด้วยเทคนิคค่าน้ำหนักข้อมูลของเอนโทรปีซึ่งใช้ความเข้มข้นของข้อมูลใน  
การวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักโดยแปรผันตามข้อมูลที่ใช้ ซึ่งพบว่าปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดคือระยะห่างระหว่างทางออกไป  
นอกพื้นที่โรงงานกับจุดรวมพล ส่วนปัจจัยที่สำคัญน้อยที่สุดคือความกว้างของถนนที่เข้าถึงจุดรวมพล โดยผลการ  
วิเคราะห์จุดรวมพลทั้ง 4 จุดด้วยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ พบว่าจุดรวมพลที่ 2 บริเวณพื้นที่โรงอาหารใกล้บ้อม  
ยามของกรณีศึกษาเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนการหนีไฟและ  
วิเคราะห์ความเหมาะสมของจุดรวมพลในกรณีศึกษาของอาคาร และสถานที่อื่น ๆ ได้ต่อไป

**คำหลัก:** จุดรวมพลหนีไฟ การวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย ค่าน้ำหนักข้อมูลของเอนโทรปี เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ

## Abstract

Selection of suitable fire assembly point during an emergency management plan can help to reduce the risk for fire evacuees and prevent mismanagement of relevant departments. In this research, we analyze the suitability of the fire assembly point using the multi-criteria decision analysis technique for a case study of the home appliance factory. The case study comprises of 4 possible assembly points and 5 buildings that may be the start of fire. Initially, we evaluate the relative weight of seven key criteria deemed important for the selection of the fire assembly point, which are 1) the distance between a working area under fire and an assembly point, 2) the capacity of an assembly point, 3) the distance between harmful fire sources and an assembly point, 4) the distance between an exit of the factory area and an assembly point, 5) the width of the main road connected to an assembly point, 6) the number of possible routes connected to an assembly point, and 7) the distance between a medical room and an assembly point. The Information Entropy Weight technique is then used to evaluate the criteria weight based on the intensity of available data. Our analysis shows that the most important criterion is the distance between an exit of the factory area and an assembly point, whereas the width of the main road connected to an assembly point is the least important criterion. Next, we analyze four possible assembly points using the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) and find that the second assembly point being an area in front of the cafeteria close to the guard house of the case study is the best alternative. The results from this study can be applied to fire evacuation planning and to selection problems for muster points of other facilities.

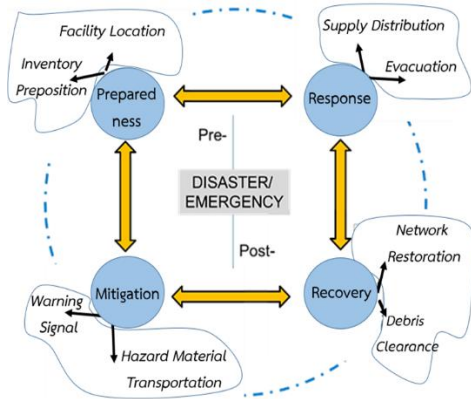
**Keywords:** Fire assembly point, Multi-criteria decision analysis, Information Entropy weight, Technique for order preference by similarity to ideal solution

## 1. บทนำ

การวางแผนจัดการเหตุฉุกเฉิน (Emergency Planning) เป็นเรื่องสำคัญสืบเนื่องมาจากความรุนแรงของอุบัติภัยต่างๆ ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเพลิงไหม้ ถือเป็นอุบัติภัยร้ายแรงประเภทหนึ่ง ที่นำมาซึ่งการบาดเจ็บต่อร่างกาย การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน โดยจากข้อมูลจากกระทรวงอุตสาหกรรม [1] ระบุว่ามีการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทยบ่อยครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 – 2558 โดยมีการเกิดอัตรภัยขึ้นในประเทศไทยกว่า 52,000 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต 1,740 คน ผู้บาดเจ็บ 4,532 คน คิดเป็นมูลค่าความเสียหายกว่า 31,000 ล้านบาท [1] โดยปัจจุบันหน่วยงานของภาครัฐบาลและภาคเอกชนได้ตระหนักถึงความสำคัญในการป้องกันอัตรภัยมากขึ้น รวมถึงการรณรงค์ด้าน

ความปลอดภัยในการใช้อาคารต่าง ๆ [2-7] ทั้งนี้ ในขั้นตอนการจัดการเหตุฉุกเฉิน (Emergency Management) ได้มีการแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการหลักดังแสดงในรูปที่ 1 โดยพิจารณาจากช่วงก่อนเกิดเหตุในการลดความรุนแรงจากเหตุฉุกเฉินให้น้อยลง (Mitigation Phase) ช่วงการเตรียมการสำหรับเหตุฉุกเฉิน (Preparedness Phase) รวมถึงช่วงหลังการเกิดเหตุฉุกเฉินที่เน้นการตอบสนองทันทีหลังจากเกิดเหตุ (Response Phase) และการแก้ไขเหตุการณ์ให้กลับมาอยู่ในสภาพปกติเช่นเดิม (Recovery Phase) โดยจุดประสงค์ของ Mitigation Phase คือการป้องกันก่อนเกิดเหตุขึ้น ส่วนจุดประสงค์ของ Preparedness Phase คือการความพร้อมก่อนเกิดเหตุฉุกเฉิน ในขณะที่เดียวกันหลังจากที่เกิดเหตุฉุกเฉินแล้ว จุดประสงค์ของ Response Phase คือการตอบสนองกับเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้น โดยมีการจัดการกับ

ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุ และสุดท้ายจุดประสงค์ของ Recovery Phase คือการแก้ไขเหตุการณ์ให้กลับมาในสภาพปกติให้เร็วที่สุดซึ่งรวมถึงการซ่อมแซมความเสียหายต่อทรัพย์สินด้วย [8-9] โดยในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาการวิเคราะห์จุดรวมพลหนีไฟในช่วงก่อนเกิดเหตุฉุกเฉินใน Mitigation Phase ของกระบวนการจัดการเหตุฉุกเฉิน



รูปที่ 1 กระบวนการจัดการเหตุฉุกเฉิน [8]

ทั้งนี้ ในการเกิดเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ รวมถึงการเกิดเพลิงไหม้ มีความจำเป็นที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผู้อพยพควรได้รับคำแนะนำที่ถูกต้องล่วงหน้าเกี่ยวกับจุดรวมพล (Assembly Point) เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้อพยพเกิดการกระจัดกระจาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อ การตรวจนับ การตรวจสอบรายชื่อของผู้อพยพ รวมถึงความเสี่ยงอันตรายในการค้นหาผู้ประสบภัยโดยไม่จำเป็น โดยได้มีการนิยามจุดรวมพลว่าหมายถึงจุดนัดหมายที่ปลอดภัยที่ผู้อพยพจากบริเวณที่เกิดเหตุสามารถอพยพมารวมกันเพื่อรายงานและนับจำนวนได้ ทั้งนี้ได้มีการกำหนดเงื่อนไขและปัจจัยที่เกี่ยวกับการอพยพไปจุดรวมพลไว้ในข้อปฏิบัติต่าง ๆ เช่นการอพยพควรเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ปลอดภัยโดยใช้บันไดหนีไฟ และห้ามใช้ลิฟต์ รวมถึงการไม่ควรอพยพไปที่จุดอัปในอาคาร รวมถึงหนีไฟขึ้นไปบนชั้นดาดฟ้า เป็นต้น โดยการ

พิจารณาเลือกจุดรวมพลนั้น เกี่ยวข้องกับหลากหลายปัจจัยซึ่งอาจมีความขัดแย้งกัน เช่น ขนาดที่เหมาะสมต่อการรองรับจำนวนผู้อพยพ รวมทั้งจำนวนทางเลือกของจุดรวมพลในการหลบหลีกปัจจัยความเสี่ยงต่างๆ นอกจากนี้จุดรวมพลควรเป็นจุดที่เข้าถึงได้ง่ายโดยตำแหน่งของจุดรวมพลควรอยู่ในระยะที่ห่างไกลจากจุดที่เกิดเหตุ นอกจากนี้การพิจารณาจุดรวมพลควรคำนึงถึงโอกาสในการเจอความเสี่ยงภัยอื่น ๆ เพื่อให้การอพยพสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว [6-7] เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านการจัดการเหตุฉุกเฉินมีอยู่อย่างจำกัด [8-9] โดยเฉพาะในประเทศไทย นอกจากนี้ ไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษาระวิเคราะห์ตำแหน่งของจุดรวมพลในแวดวงวิจัยที่พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัญหาการเลือกจุดรวมพลที่เหมาะสมภายใต้หลากหลายปัจจัย โดยทำการศึกษาโดยใช้กรณีศึกษาของ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งประกอบไปด้วยทางเลือก 4 จุดรวมพล และอาคารหลัก 5 อาคาร โดยทำการวิเคราะห์การเกิดเหตุฉุกเฉินในแต่ละอาคาร แล้วทำการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกจุดรวมพล ด้วยเทคนิคค่าน้ำหนักข้อมูลของเอนโทรปี (Information Entropy Weight : IEW) ร่วมกับการวิเคราะห์จุดรวมพลด้วยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution : TOPSIS)

## 2. ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (MCDA) โดยวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกจุดรวมพลด้วยเทคนิคเทคนิคค่าน้ำหนักข้อมูลของเอนโทรปี (IEW) จากนั้นทำการวิเคราะห์จุดรวมพลด้วยเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS) ตามลำดับ

### 2.1 การตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Decision Analysis: MCDA)

เครื่องมือการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย (MCDA) เหมาะกับการวิเคราะห์การตัดสินใจที่เน้น

การวิเคราะห์ทางเลือกที่ดีที่สุดภายใต้ปัจจัยที่ขัดแย้งกัน ทั้งนี้เครื่องมือ MCDA มีหลากหลายวิธี เช่นการประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล (DEA) โดยวัฒนาและกสิณ [10] ซึ่งทำการศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการอัคริภัยในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย และนิรุทธิ์และกสิณ [11] ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น การประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) โดย Chaiphaphan และ Ransikarbun [12] ทำการวิเคราะห์ปัจจัยของการวางผังของตลาดสด และ Khamhong และคณะ [13] ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านทางเลือกเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ และการใช้เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS) เช่น กิตติและกสิณ [14] ทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของชิ้นงานบนเครื่องพิมพ์สามมิติ เป็นต้น โดยมีข้อดีข้อเสียต่างกัน เช่นวิธีการ DEA มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพซึ่งอาจแยกความแตกต่างระหว่างทางเลือกไม่ได้ ในขณะที่ AHP มีข้อเสียทางด้านการใช้ข้อมูลที่เป็นเชิงข้อคิดเห็นซึ่งอาจมีความผิดพลาดในการให้ข้อมูล เป็นต้น [21] ทั้งนี้ Ho [15] ได้แนะนำว่างานวิจัยเกี่ยวกับ MCDA ควรเป็นการบูรณาการเครื่องมือต่างๆ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาข้อเสียของแต่ละเครื่องมือที่มีอยู่ โดยในงานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการการใช้เครื่องมือเทคนิคข้อมูลของเอนโทรปี (IEW) ร่วมกับเทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS)

## 2.2 เทคนิคข้อมูลของเอนโทรปี (IEW)

การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัย สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือทาง MCDA ต่าง ๆ ซึ่งปกติแล้วค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของปัจจัยอาจถูกกำหนดโดยใช้วิธีเชิงความคิดเห็น (Subjective Weight Method) เช่นวิธีการนับของบอร์ดา (Borda Count) วิธี Delphi หรือวิธี AHP เป็นต้น [16] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้วิจารณ์ญาณและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอาจทำให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้ขึ้นอยู่กับการศึกษาของบุคคล ซึ่งนักวิจัยได้แนะนำให้หลีกเลี่ยงการให้ค่าน้ำหนักโดยใช้ความรู้สึกเพื่อลดความลำเอียง (Bias) ที่อาจเกิดขึ้น และเพื่อเป็นการใช้

ข้อมูลที่มีอยู่ในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแทนการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในเชิงการใช้ข้อมูล [16] โดยการใช้วิธีเชิงข้อมูล (Objective Weight Method) ซึ่งวิธีการ IEW ได้ถูกคิดโดย Shannon [17] โดยเป็นหนึ่งวิธีที่ใช้ในการหาค่าถ่วงน้ำหนักโดยใช้ความเข้มข้นของข้อมูลที่มีอยู่แล้วในการสังเคราะห์เป็นค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้รับความนิยมในหลายงานวิจัย โดยแสดงขั้นตอนของวิธี IEW ได้ดังแสดงในสมการที่ (1)-(4)

ขั้นตอนที่ 1: การปรับสเกลเมตริกซ์การตัดสินใจ (Normalize Decision Matrix) เรียกว่าค่าโปรเจคชัน (Projection value -  $P$ ) โดย  $x_{ij}$  แสดงข้อมูลการทำการตัดสินใจใดๆ สำหรับทางเลือก  $i = 1, \dots, m$  และปัจจัย  $j = 1, \dots, n$  ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณค่า Entropy :  $e$  สำหรับแต่ละปัจจัย  $j = 1, \dots, n$  ดังแสดงในสมการที่ (2) โดยค่า Entropy ยิ่งน้อยแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายน้อย (Disorder Degree) ซึ่งแสดงว่ามีความสำคัญของข้อมูลค่าน้ำหนักมาก

$$e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณค่าระดับความแตกต่าง (Degree of divergence :  $div$ ) ของแต่ละปัจจัย  $j$  ดังแสดงในสมการที่ (3) โดยความเข้มข้นของข้อมูล ยิ่งมีค่ามาก แสดงถึงความสำคัญมากของข้อมูล

$$div_j = 1 - e_j \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 4: คำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัย ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$w_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (4)$$

**2.3 เทคนิคเรียงลำดับตามอุดมคติ (TOPSIS)**

เทคนิค TOPSIS ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Hwang และ Yoon [18] ซึ่งใช้หลักการเลือกทางเลือกจากระยะใกล้ที่สุดของคำตอบที่ดีที่สุด (Positive Ideal Solution : PIS) และระยะใกล้ที่สุดของคำตอบที่แย่ที่สุด (Negative Ideal Solution : NIS) ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการ TOPSIS โดยแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: สร้างตารางเมตริกซ์การตัดสินใจ โดยปรับสเกล ( $r_{ij}$ ) เพื่อเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นแบบไม่มีหน่วย และใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปัจจัยที่แตกต่างกันได้โดยตรง ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 2: จากข้อมูลน้ำหนักของปัจจัยที่ได้จากสมการที่ (4) และข้อมูลการทำการตัดสินใจที่ได้ทำการปรับสเกลแล้วในสมการที่ (5) ทำการสร้างเมตริกซ์การทำการตัดสินใจแบบปรับสเกลที่ถ่วงน้ำหนักแล้ว ' $v_{ij}$ ' ดังแสดงในสมการที่ (6)

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 3: ทำการคำนวณค่าคำตอบในอุดมคติทางบวกซึ่งเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (PIS) แทนด้วย  $A^*$  และคำนวณคำตอบในอุดมคติทางลบซึ่งเป็นคำตอบที่แย่ที่สุด (NIS) แทนด้วย  $A'$  ดังแสดงในสมการที่ (7) และ (8) ตามลำดับ โดย  $J$  คือเซตของปัจจัยแบบที่ยิ่งค่ามากยิ่งขึ้น ส่วน  $J'$  คือเซตของปัจจัยแบบที่ยิ่งค่าน้อยยิ่งขึ้น

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\}; v_j^* = \max(v_{ij}), j \in J \quad (7)$$

$$A' = \{v_1', \dots, v_n'\}; v_j' = \min(v_{ij}), j \in J \quad (8)$$

ขั้นตอนที่ 4: คำนวณตัววัดการแยก (Separation Measure) สำหรับแต่ละทางเลือก โดยหาค่าตัววัดการแยกจากคำตอบในอุดมคติทางบวก ( $S_i^*$ ) และค่าตัว

วัดการแยกจากคำตอบในอุดมคติทางลบ ( $S_i'$ ) ดังแสดงในสมการที่ (9) และ (10) ตามลำดับ

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (9)$$

$$S_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j')^2} \quad (10)$$

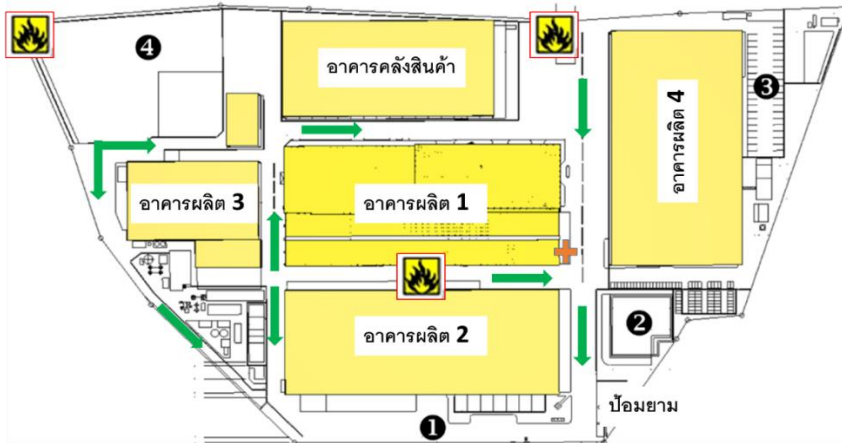
ขั้นตอนที่ 5: คำนวณค่าความใกล้เคียงสัมพัทธ์ (Relative Closeness) ที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละทางเลือก แทนด้วย ' $C_i^*$ ' ดังแสดงในสมการที่ (11) และ (12) โดยค่าที่ได้จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่ง 0 หมายถึงทางเลือกที่แย่สุด โดยเป็นทางเลือกที่ไกลจาก PIS และใกล้ NIS ที่สุด ในขณะที่ 1 แสดงถึงทางเลือกที่ดีที่สุด โดยเป็นทางเลือกที่ใกล้ PIS และไกล NIS มากที่สุด ซึ่งสามารถทำการจัดอันดับ (Ranking) ของทางเลือกได้ตามลำดับ

$$C_i^* = \frac{S_i'}{S_i^* + S_i'} \quad (11)$$

$$C_i^* = \begin{cases} 1 & \text{if } A_i = A^* \\ 0 & \text{if } A_i = A' \end{cases} \quad (12)$$

**3. กรณีศึกษาและการเก็บข้อมูล**

ในงานวิจัยนี้ ใช้กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเครื่องใช้ในบ้าน (Home Appliance Factory) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยโรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษา ประกอบไปด้วยอาคารหลักรวม 5 อาคาร ซึ่งเป็นอาคารส่วนผลิตหลัก 4 อาคาร และอาคารส่วนคลังสินค้าหลัก 1 อาคาร โดยมีบริเวณพื้นที่รอบโรงงานที่สามารถนำมากำหนดเป็นทางเลือก (Alternative) ของจุดรวมพลได้ 4 จุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 นอกจากนี้ มีส่วนบริเวณแหล่งสารไวไฟ 3 แห่ง แทนด้วยตำแหน่งกองไฟ บริเวณห้องพยาบาล แทนด้วยเครื่องหมายกากบาท และมีทิศทางการใช้ถนนภายในโรงงาน แทนด้วยลูกศรตามเส้นทางต่างๆ



รูปที่ 2 กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 แสดงทางเลือกจุดรวมพลในโรงงาน

	ตำแหน่ง
1	บริเวณด้านหน้าโรงงานใกล้อาคารผลิต 2
2	บริเวณพื้นที่โรงอาหารใกล้บ่อมยาม
3	บริเวณลานจอดรถบัส ใกล้อาคารผลิต 4
4	บริเวณพื้นที่หลังโรงงานใกล้อาคารคลังสินค้า

ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัย 7 ปัจจัย [6-7] ดังแสดงในตารางที่ 2 คือ 1) ระยะทางจากพื้นที่อาคารไปจุดรวมพล (A) 2) ขนาดความจุจุดรวมพล (B) 3) ระยะห่างระหว่างจุดอันตรายบริเวณพื้นที่โรงงานกับจุดรวมพล (C) 4) ระยะห่างระหว่างทางออกไปนอกพื้นที่โรงงานกับจุดรวมพล (D) 5) ความกว้างของถนนที่เข้าถึงจุดรวมพล (E) 6) จำนวนเส้นทางการอพยพที่เชื่อมต่อกับจุดรวมพล (F) และ 7) ระยะห่างระหว่างห้องพยาบาลกับจุดรวมพล (G) โดยลักษณะของปัจจัยแบบ Max แสดงว่าค่ายิ่งมากยิ่งดี ในขณะที่ปัจจัยแบบ Min แสดงว่าค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์จุดรวมพล

ปัจจัย	คำอธิบาย	ลักษณะ
A	ระยะทางพื้นที่อาคารเพลิงไหม้กับจุดรวมพล (เมตร)	Min
B	ขนาดความจุของจุดรวมพล (ตารางเมตร)	Max
C	ระยะห่างจุดแหล่งสารไวไฟกับจุดรวมพล (เมตร)	Max
D	ระยะห่างทางออกนอกโรงงานกับจุดรวมพล (เมตร)	Min
E	ความกว้างของถนนที่เข้าถึงจุดรวมพล (เมตร)	Max
F	จำนวนเส้นทางการอพยพเชื่อมต่อกับจุดรวมพล (เส้นทาง)	Max
G	ระยะห่างระหว่างห้องพยาบาลกับจุดรวมพล (เมตร)	Min

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจริงของแต่ละทางเลือกจุดรวมพลเมื่อเทียบกับปัจจัยต่าง ๆ โดยการสัมภาษณ์ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจของโรงงานกรณีศึกษา และกำหนดรูปแบบการเกิดเหตุฉุกเฉินเพลิงไหม้ที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละอาคาร รวม 5 อาคาร โดยแสดงผลการเก็บข้อมูลในตารางที่ 3 ทั้งนี้ข้อมูลของปัจจัยที่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้แต่ละอาคาร คือปัจจัย A ระยะทางพื้นที่อาคารเพลิงไหม้กับ

จุดรวมพล ในขณะที่ข้อมูลปัจจัยอื่น ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากตำแหน่งการเกิดเหตุฉุกเฉินที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยที่เหลือ

ตารางที่ 3 ข้อมูลปัจจัยเทียบกับทางเลือกจุดรวมพล

ปัจจัย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4
กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 1				
A	350	200	380	370
B	1500	1200	2500	1800
C	130	210	200	60
D	60	100	380	610
E	8	8	6	6
F	2	3	2	1
G	250	120	326	430
กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 2				
A	55	100	400	450
B - G	ข้อมูลเหมือนกรณีอาคารผลิต 1			
กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 3				
A	260	380	560	190
B - G	ข้อมูลเหมือนกรณีอาคารผลิต 1			
กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 4				
A	330	110	80	440
B - G	ข้อมูลเหมือนกรณีอาคารผลิต 1			
กรณีเพลิงไหม้อาคารคลังสินค้า				
A	430	280	310	200
B - G	ข้อมูลเหมือนกรณีอาคารผลิต 1			

#### 4. ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

##### 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยด้วย IEW

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยโดยวิธี IEW แสดงในตารางที่ 4 – 8 โดยแสดงค่าเอนโทรปี ( $e_j$ ) ค่าระดับความแตกต่าง ( $div_j$ ) และค่าน้ำหนักปัจจัย ( $w_j$ ) สำหรับแต่ละกรณีการเกิดเหตุฉุกเฉินในแต่ละอาคาร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีความเข้มข้นของข้อมูลสูงสุด ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเป็นปัจจัยเดียวกันในทุกกรณีการเกิดเหตุฉุกเฉิน คือระยะห่างทางออกนอกโรงงานกับจุดรวม

พล ส่วนปัจจัยที่มีความเข้มข้นของข้อมูลต่ำสุด คือความกว้างของถนนที่เข้าถึงจุดรวมพล ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ มีความเข้มข้นของข้อมูลและลำดับความสำคัญที่แตกต่างกัน ขึ้นกับบริเวณอาคารที่เกิดเหตุฉุกเฉิน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย IEW กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 1

ปัจจัย	$e_j$	$div_j$	$w_j$	ลำดับ
A	0.980	0.020	0.044	6
B	0.973	0.027	0.058	5
C	0.934	0.066	0.143	2
D	0.771	0.229	0.499	1
E	0.993	0.007	0.016	7
F	0.953	0.047	0.103	4
G	0.937	0.063	0.137	3

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย IEW กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 2

ปัจจัย	$e_j$	$div_j$	$w_j$	ลำดับ
A	0.804	0.196	0.308	2
B	0.973	0.027	0.042	6
C	0.934	0.066	0.103	3
D	0.771	0.229	0.361	1
E	0.993	0.007	0.012	7
F	0.953	0.047	0.074	5
G	0.937	0.063	0.099	4

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย IEW กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 3

ปัจจัย	$e_j$	$div_j$	$w_j$	ลำดับ
A	0.942	0.058	0.116	4
B	0.973	0.027	0.054	6
C	0.934	0.066	0.132	2
D	0.771	0.229	0.462	1
E	0.993	0.007	0.015	7
F	0.953	0.047	0.095	5
G	0.937	0.063	0.127	3

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย IEW กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 4

ปัจจัย	$e_j$	$div_j$	$w_j$	ลำดับ
A	0.851	0.149	0.253	2
B	0.973	0.027	0.045	6
C	0.934	0.066	0.112	3
D	0.771	0.229	0.390	1
E	0.993	0.007	0.013	7
F	0.953	0.047	0.080	5
G	0.937	0.063	0.107	4

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย IEW กรณีเพลิงไหม้อาคารคลังสินค้า

ปัจจัย	$e_j$	$div_j$	$w_j$	ลำดับ
A	0.974	0.026	0.056	6
B	0.973	0.027	0.057	5
C	0.934	0.066	0.141	2
D	0.771	0.229	0.493	1
E	0.993	0.007	0.016	7
F	0.953	0.047	0.101	4
G	0.937	0.063	0.135	3

ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยด้วยวิธี IEW แสดงให้เห็นว่าการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในแต่ละอาคารที่ตำแหน่งแตกต่างกัน ควรมีการพิจารณาและให้ความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการเหตุฉุกเฉินที่แตกต่างกันด้วย

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ TOPSIS เริ่มจากการปรับสเกลของตารางเมตริกซ์การทำการตัดสินใจ จากนั้นทำการวิเคราะห์ตารางเมตริกซ์การทำการตัดสินใจแบบปรับสเกลที่ถ่วงน้ำหนักโดยใช้ข้อมูลของค่าน้ำหนักปัจจัยสำหรับกรณีการเกิดเหตุเพลิงไหม้อาคารต่าง ๆ จากวิธีการ IEW แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณค่า PIS และค่า NIS เพื่อคำนวณค่าตัววัดการ

แยกจากคำตอบในอุดมคติทางบวก ( $S_i^*$ ) และค่าตัววัดการแยกจากคำตอบในอุดมคติทางลบ ( $S_i'$ ) รวมถึงค่าความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ( $C_i^*$ ) ดังแสดงผลในตารางที่ 9 - 13 สำหรับแต่ละกรณีการเกิดเหตุเพลิงไหม้ในแต่ละอาคาร ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 1

ทางเลือก	$S_i^*$	$S_i'$	$C_i^*$	ลำดับ
1	0.055	0.381	0.873	2
2	0.034	0.366	0.914	1
3	0.226	0.174	0.435	3
4	0.392	0.010	0.024	4

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 2

ทางเลือก	$S_i^*$	$S_i'$	$C_i^*$	ลำดับ
1	0.039	0.340	0.896	2
2	0.034	0.318	0.904	1
3	0.238	0.128	0.350	3
4	0.347	0.007	0.020	4

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 3

ทางเลือก	$S_i^*$	$S_i'$	$C_i^*$	ลำดับ
1	0.051	0.356	0.874	2
2	0.043	0.339	0.887	1
3	0.216	0.161	0.426	3
4	0.363	0.058	0.138	4

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS กรณีเพลิงไหม้อาคารผลิต 4

ทางเลือก	$S_i^*$	$S_i'$	$C_i^*$	ลำดับ
1	0.120	0.302	0.716	2
2	0.030	0.322	0.915	1
3	0.176	0.211	0.544	3
4	0.346	0.007	0.021	4

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วย TOPSIS กรณีเพลิงไหม้อาคารคลังสินค้า

ทางเลือก	$S_i^*$	$S_i'$	$C_i^*$	ลำดับ
1	0.057	0.376	0.868	2
2	0.035	0.361	0.912	1
3	0.223	0.172	0.436	3
4	0.387	0.023	0.055	4

ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์จุดรวมผลด้วยวิธี TOPSIS พบว่ามีการแสดงผลในลักษณะเดียวกัน โดยพบว่าทางเลือกจุดรวมผลบริเวณพื้นที่โรงอาหารใกล้ปั๊อมยาม (จุดที่ 2) เป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งมีความโดดเด่นทางด้านปัจจัยระยะห่างทางออกนอกโรงงาน และระยะห่างของห้องพยาบาลกับจุดรวมผล ส่วนทางเลือกที่เหมาะสมน้อยที่สุด คือบริเวณพื้นที่หลังโรงงานใกล้อาคารคลังสินค้า (จุดที่ 4) ซึ่งพบว่ามีข้อเสียทางด้านระยะห่างจุดแหล่งสารไวไฟ และ ระยะห่างทางออกนอกโรงงานกับจุดรวมผล

#### 4.3 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยด้วยวิธี IEW พบว่าปัจจัยที่มีความเข้มข้นของข้อมูลสูงสุด คือปัจจัย D (ระยะห่างทางออกนอกโรงงานกับจุดรวมผล) โดยมีปัจจัยที่สำคัญรองลงมาแตกต่างกันไปขึ้นกับกรณีศึกษาของอาคารที่เกิดเพลิงไหม้ ซึ่งผลรวมของค่าน้ำหนักของปัจจัยสองลำดับแรก พบว่ามีค่าเกิน 0.50 สำหรับทุกกรณีอาคาร ซึ่งผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ได้ มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดขององค์การป้องกันไฟ

ระดับชาติ (National Fire Protection Association : NFPA) [19] ที่แนะนำว่าเส้นทางการอพยพไปยังจุดที่ปล่อยออก (Exit Discharges) โดยเป็นจุดในการนำผู้อพยพออกไปข้างนอกสู่ทางสาธารณะหรือพื้นที่ที่เปิดโล่งภายนอกที่ปลอดภัย ควรเป็นจุดรวมผลที่อยู่ใกล้กับจุดที่ปล่อยออก นอกจากนี้จากข้อมูลของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [20] ได้แนะนำว่าที่ตั้งของจุดรวมผลต้องเป็นสถานที่ปลอดภัยจากอันตรายที่เกิดจากเพลิงไหม้หรือภัยประเภทอื่น ๆ เช่น การถล่มของอาคาร หรือเศษกระจก และวัสดุที่อาจตกหล่นจากอาคาร เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ได้

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ทางเลือกของจุดรวมผล พบว่าจุดรวมผลอันดับแรกที่ดีที่สุดคือทางเลือกที่ 2 (บริเวณพื้นที่โรงอาหารใกล้ปั๊อมยาม) และรองลงมาเป็นทางเลือกที่ 1 (บริเวณพื้นที่ด้านหน้าโรงงานใกล้อาคารผลิต 2) ซึ่งจากข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ [6-7] ทางด้านการจัดการการอพยพหนีไฟ ได้แนะนำว่าควรมีการกำหนดจุดรวมผลอย่างน้อย 2 จุด เพื่อใช้สำหรับเป็นทางเลือกในกรณีที่จุดหนึ่งไม่สามารถใช้งานได้นั่นเอง ดังนั้นผลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเหตุฉุกเฉินที่เหมาะสมได้ต่อไป

#### 5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาดำแหน่งจุดรวมผลในการหนีไฟในกรณีเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยในการวิเคราะห์กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน โดยพิจารณาทางเลือกจุดรวมผล 4 ทางเลือก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจ 7 ปัจจัย และทำการวิเคราะห์กรณีการเกิดเหตุเพลิงไหม้ใน 5 อาคาร โดยผลจากการวิเคราะห์ทางเลือกของจุดรวมผลด้วยวิธีการ TOPSIS ร่วมกับ IEW พบว่าปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดคือระยะห่างระหว่างทางออกไปนอกพื้นที่โรงงานกับจุดรวมผล โดยผลการวิเคราะห์จุดรวมผลทั้ง 4 จุดพบว่าจุดรวมผลที่ 2 บริเวณพื้นที่โรงอาหารใกล้ปั๊อมยามของกรณีศึกษาเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนการหนีไฟและวิเคราะห์ความเหมาะสมของจุดรวมผลในกรณีศึกษาของอาคาร และ

สถานที่อื่น ๆ ได้ต่อไป

สำหรับทิศทางงานวิจัยในอนาคต สามารถขยายงานวิจัยได้ในหลายแนวทาง ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้ 1) การนำเครื่องมืออื่น ๆ ทางด้านการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยในการวิเคราะห์ปัจจัยจากวิธีเชิงความคิดเห็น (Subjective Weight Method) เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับงานวิจัยนี้ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร 2) เป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้กรณีศึกษาของโรงงานอื่น ๆ ซึ่งอาจมีการพิจารณาปัจจัยที่แตกต่างกันจากงานวิจัยนี้ และอาจส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ในอาคารที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลกับข้อมูลของทางเลือกต่าง ๆ ของจุดรวมผลด้วยในทุกปัจจัย ซึ่งจะทำให้เห็นข้อดีและข้อเสียของแต่ละจุดรวมผล เมื่ออาคารที่เกิดเพลิงไหม้เปลี่ยนแปลงไป และ 3) ในท้ายที่สุด อาจทำการประยุกต์ใช้แนวทางในงานวิจัยนี้ในการวิเคราะห์สถานที่ตั้งของหน่วยงานสนับสนุนด้านการตอบโต้ภัยพิบัติ เช่น สถานที่ตั้งของหน่วยดับเพลิงหรือประยุกต์ใช้วิธีการ IEW และ TOPSIS สำหรับการวิเคราะห์หาทางเลือกในปัญหาต่าง ๆ หนึ่ง ๆ ร่วมด้วย

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงานบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 4887 พระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัยเล่ม 7 ศูนย์สั่งการดับเพลิงในอาคาร .2559, 14 ธันวาคม. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 133 ตอนพิเศษ 291ง, 2559
- [2] เอกสารความปลอดภัยและอาชีวอนามัย การอพยพหนีไฟ สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย, ข้อมูลจาก [www.tosh.or.th](http://www.tosh.or.th) (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 พฤษภาคม 2562)
- [3] แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย บริษัท ปตท จำกัดมหาชน, ข้อมูลจาก [www.eia.onep.go.th/](http://www.eia.onep.go.th/) (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 กุมภาพันธ์ 2563)

- [4] แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่องมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, ข้อมูลจาก [www.exten.pn.psu.ac.th/](http://www.exten.pn.psu.ac.th/) (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 กุมภาพันธ์ 2563)
- [5] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, คู่มือประชาชนในการเตรียมตัวให้รอดปลอดภัยพิบัติ. บริษัท เวิร์ค พรีนติ้ง จำกัด, นครปฐม, 2560
- [6] Guidance Document – Fire Assembly Points, , ข้อมูลจาก [www.kerryfireandrescue.ie/](http://www.kerryfireandrescue.ie/) (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2563)
- [7] Fire Evacuation Procedures: Choosing an Assembly Point, ข้อมูลจาก [www.fireaction.co.uk/](http://www.fireaction.co.uk/) (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2563)
- [8] Ransikarbum, K., and Mason, S. J., Multiple-objective analysis of integrated relief supply and network restoration in humanitarian logistics operations, International Journal of Production Research, 54(1), 49-68, 2016
- [9] Ransikarbum, K., and Mason, S. J., Goal programming-based post-disaster decision making for integrated relief distribution and early-stage network restoration. International Journal of Production Economics, 182, 324-341, 2016
- [10] วัฒนา จันทะโคตร และกสิณ รังสิกรรพุม, การศึกษาประสิทธิภาพการจัดการอัคคีภัยในประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล, วารสารวิจัย มข., 20(3), กรกฎาคม-กันยายน, 2563
- [11] นิรุทธ์ วัฒนะแสง และกสิณ รังสิกรรพุม, การเลือกที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนไทยด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบล้อมกรอบข้อมูล, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ม. อุบลราชธานี, 13, 2563
- [12] Chaiyaphan, C., and Ransikarbum, K., Criteria Analysis of Food Safety using the Analytic Hierarchy Process (AHP)-A Case study of Thailand's Fresh Markets. In E3S Web of

- Conferences (Vol. 141, p. 02001). EDP Sciences, 2019
- [13] Khamhong, P., Yingvivananpong, C., and Ransikarbun, K., Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP)-based Criteria Analysis for 3D Printer Selection in Additive Manufacturing. In 2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C) (pp. 1-5). IEEE, 2019
- [14] กิตติ พิเศษลา และกสิณ รังสิกรรพุม, การวางแผนกระบวนการผลิตชิ้นงานสามมิติด้วยวัสดุ ABS ในเครื่อง FDM ภายใต้การวิเคราะห์แบบล้อมกรอบ ข้อมูลและเทคนิคการเรียงลำดับการตัดสินใจ, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 22(1), มกราคม – เมษายน, 2563
- [15] Ho, W., Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications- A Literature Review, European Journal of Operational Research, 186, 211-228, 2008
- [16] Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H., and Gao, C., Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. Procedia Engineering, 26, 2085-2091, 2011
- [17] Verdu, S., Fifty years of Shannon theory. IEEE Transactions on information theory, 44(6), 2057-2078., 1998
- [18] Hwang, C. L., and Yoon, K., Methods for multiple attribute decision making. In Multiple attribute decision making (58-191). Springer, Berlin, Heidelberg, 1981
- [19] National Fire Protection Association, NFPA 101, Life safety code, National Fire Protection Association, Massachusetts, USA., 2009
- [20] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. EIT Standard 3002-51. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 2551
- [21] กสิณ รังสิกรรพุม เอกสารประกอบการเรียนวิชาการทำการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2563