การพัฒนาแบบจำลองโดยใช้เทคนิคฟัซซีเอเอชพีสำหรับการประเมินความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

Model Development using the Fuzzy AHP Technique for Construction Safety Assessment

ธนิตเชษฐ์ ดวงโสมา[1,*] สุทธิชัย เจริญกิจ[2] และ พลกฤษณ์ ค้าขาย[3]

[1,2,3] กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

**Corresponding author; E-mail address: tanitchet.do@crma.ac.th*

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล (PPE) ในโครงการก่อสร้าง มีความสำคัญในการที่จะช่วยลดอันตรายที่เกิดจากอุบัติเหตุจากการทำงานได้ แต่อย่างไรก็ตาม มีผู้ปฏิบัติงานบางกลุ่ม อาจยังมีการละเลยหรือไม่ปฏิบัติตาม ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อตนเองหรือผลเสียทางอ้อมต่อโครงการได้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อที่จะพัฒนากรอบงาน การประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามหลักความปลอดภัย ของโครงการก่อสร้างอาคารสูง ด้วยเทคนิคฟัซซีเอเอชพี (Fuzzy AHP) ซึ่งเป็นวิธีการที่ประยุกต์รวมเอาทฤษฎีฟัซซีเซท (Fuzzy Set) ที่มีความสามารถในการจัดการกับการตัดสินใจที่มีความคลุมเครือ เข้ากับวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ที่มีความสามารถในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในโครงการ พิจารณาเป็นลำดับชั้น จะได้ค่าน้ำหนักระดับความสำคัญของเกณฑ์หรือปัจจัย จากนั้นนำไปพัฒนาแบบจำลอง (Model) เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์รวมความปลอดภัยของโครงการ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล, เทคนิคฟัซซีเอเอชพี, การประเมินความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

Abstract

Personal Protective Equipment (PPE) in construction projects is very important because it can reduce the dangers of accidents. However, there are some workers that still neglect the safety rules. The results may cause disadvantages to the projects. Thus, this research aims to develop a framework for evaluating construction labor behavior using or not using PPE in a high-rise building construction project. In this research, the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP) technique is a method that combines Fuzzy Set Theory that can deal with ambiguous decision-making with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method which can deal with complex problems systematically. The research information on the decision weight was received from the security experts in terms of criteria or factor levels. Finally, this research developed a model that can calculate the total percentage of PPE used in the project.

Keywords: Personal Protective Equipment (PPE), Fuzzy AHP Technique, Construction Safety Assessment

1. บทนำ

ความปลอดภัยในงานก่อสร้างถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อโครงการเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องของการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment : PPE) ซึ่งถือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่ควรให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ถ้าโครงการใดที่ไม่มีการกวดขันเรื่องการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลที่มีประสิทธิภาพพอ อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างขึ้นได้ อันจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของบุคลากรในเรื่องของขวัญและกำลังใจในการทำงาน รวมถึงผลกระทบที่ใหญ่ขึ้นต่อโครงการทางด้านงบประมาณและระยะเวลา

การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ในโครงการก่อสร้างถือเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อความปลอดภัยของคนงาน ซึ่งกฎกระทรวง เรื่องกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. 2551 ให้นายจ้างจัดและดูแลให้ลูกจ้างใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตลอดเวลาที่ทำงาน และต้องจัดให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน [1] ในบางครั้งถึงแม้ว่านายจ้างจะจัดหาอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอแล้ว แต่ในส่วนของลูกจ้างเองก็ยังคงมีบางคนที่ละเลยและไม่ได้ปฏิบัติตามหลักการดังกล่าว สาเหตุอาจจะเนื่องมาจากความไม่คุ้นเคยกับอุปกรณ์ หรือทำให้การปฏิบัติงานไม่สะดวก ทำให้มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุต่อผู้ที่ไม่ได้สวมอุปกรณ์ ซึ่งมีตั้งแต่ไม่รุนแรงมาก จนอาจถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิต ข้อมูลสถิติโดยสำนักงานประกันสังคม พบว่า กิจการก่อสร้าง มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุกับลูกจ้างเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้นการกวดขันให้มีวินัยในเรื่องการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลสามารถที่จะช่วยลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ จึงมีผู้ศึกษาและเสนอวิธีการประเมินการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงานไว้หลายวิธี แต่ยังไม่มีการศึกษาเพื่อนำกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซีหรือฟัซซีเอเอชพี

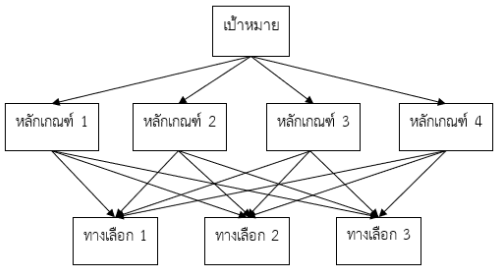
(Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Fuzzy AHP: FAHP) มาประยุกต์ใช้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนากรอบงาน (Framework) การประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้ อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลตามหลักความปลอดภัย ของโครงการก่อสร้างอาคารสูง ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญของการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล สำหรับเป็นแนวทางให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง สามารถที่จะประเมินโครงการตนเองในเรื่องของการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล เพื่อช่วยลดอันตรายหรืออุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นในโครงการก่อสร้าง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเอกสารและงสนวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึง กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) ทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process : Fuzzy AHP : FAHP) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์หรือเอเอชพี (Analytic Hierarchy Process: AHP) ถูกคิดค้นโดย Thomas L. Saaty (1980) มีรูปแบบในการแปลงค่าเชิงปริมาณลักษณะมาตราส่วน เพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้แบบมีเหตุผล หลักการทำงานของ AHP [2] เริ่มต้นด้วยการกำหนดเป้าหมายและสร้างโครงสร้างปัญหาที่ต้องการพิจารณา ออกมาเป็นแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy) ตามลำดับชั้นของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา จากเกณฑ์หลักสู่เกณฑ์รองตามลำดับ จัดเรียงลงมาเป็นชั้น ๆ จนถึงทางเลือก (Alternatives) ดังรูปที่ 1 [3] ซึ่งทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถมองเห็นองค์ประกอบของปัญหาและเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ อย่างเป็นเหตุผลในทุกปัจจัยที่พิจารณา ส่งผลให้การประเมินมีความรัดกุม ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การวินิจฉัยเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ต่าง ๆ เป็นการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair Wise Comparison) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญระหว่างเกณฑ์เป็นคู่ ๆ โดยใช้ค่าตัวเลข เพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าน้ำหนัก (Weight) ความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการใช้การเปรียบเทียบรายคู่ จะเป็นตารางเมทริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ของแต่ละปัจจัยที่พิจารณา ดังตารางที่ 1 [1]



รูปที่ 1 โครงสร้างลำดับชั้น AHP

ตารางที่ 1 ตารางเมทริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ขนาด n x n

เป้าหมายการตัดสินใจ		หลักเกณฑ์				
		A 1	A 2	A 3	→	A n
หลักเกณฑ์	A 1	1	3	1/5	-	-
	A 2	1/3	1	-	-	-
	A 3	5	-	1	-	-
	↓	-	-	-	1	-
	A n	-	-	-	-	1

A = $[a_{ij}]$ โดยที่ i = 1, 2, ..., n และ j = 1, 2, ..., n

การหาจำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบจากสมการที่ (1) [4]

จำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ = $\frac{[n^2-n]}{2}$ (1)

นอกจากตารางเมทริกซ์จะสามารถใช้ประโยชน์อธิบายการเปรียบเทียบแล้ว ยังสามารถทดสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : CI) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : CR) โดยสามารถหาค่าได้จากสมการที่ (2), (3) และ (4) [4]

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, w_j\right] \quad (2)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{max}-n)}{n-1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

โดยที่

CR : Consistency Ratio คือ อัตราค่าความสอดคล้องมีค่าไม่เกิน 10 %

CI : Consistency Index คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

RI : Average Random Index คือ ค่าเฉลี่ยดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง จากตารางที่ 2 [5]

λmax คือ ค่า Eigenvalues หรือ ค่าแลมด้าแมกซ์

n คือ จำนวนปัจจัย

โดยถ้าค่าความสอดคล้อง (CR) ที่ได้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คือ มีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งก็หมายความว่า ผลของค่าเฉลี่ยที่ได้มีความถูกต้องหรือมีความสอดคล้องกัน และการประเมินผลนั้นให้ผลที่ยอมรับได้ และในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราส่วนของความสอดคล้อง มีค่ามากกว่าค่าที่ยอมรับได้ ก็แสดงว่าผลของการทำการประเมินและวิเคราะห์นั้นขาดความสอดคล้อง ควรมีการทำการทบทวนหรือปรับปรุงการประเมินผลใหม่

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Average Random Index: RI) [5]

ขนาดเมทริกซ์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่า RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

2.2 ทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory)

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) ถูกคิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึงความไม่แน่นอน (Uncertainty) ซึ่งในทฤษฎีเซตปกติจะสามารถแยกได้ว่าตัวแปรใดเป็นหรือไม่เป็นสมาชิกของเซตนั้น ๆ แต่มีหลายปัญหาที่ไม่สามารถจำแนกหรือกำหนดได้อย่างชัดเจนว่าเป็นจริงหรือเท็จ ปัญหาเหล่านี้มักจะมีลักษณะที่มีความยุ่งยากหรือมีโครงสร้างที่ไม่ชัดเจน ทำให้ยากในการตัดสินใจที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ [6] ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำทฤษฎีฟัซซีเซต มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการตัดสินใจของมนุษย์

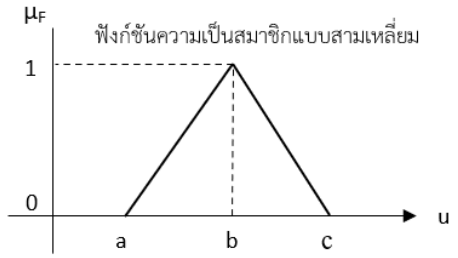
กำหนดให้ เอกภพสัมพัทธ์ (U) คือ เซตที่มีสมาชิกเป็นสมาชิกทั้งหมดของขอบเขตที่ทำการพิจารณาแทนโดย $\{u\}$ และ u แทนสมาชิกหรือองค์ประกอบใด ๆ ของ U ส่วนฟัซซีเซต F ในเอกภพสัมพัทธ์ U จะแสดงคุณสมบัติ โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function : μ_F) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 คือ $\mu_F : U \longrightarrow [0,1]$ โดยแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (5) [6]

$$F = \{(u, \mu_F(u)) \mid u \varepsilon U, \mu_F(u) : U \rightarrow [0,1]\} \quad (5)$$

โดยทั่วไปมี 2 วิธีในการนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต คือ เชิงตัวเลขและเชิงฟังก์ชัน โดยอัตราฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามารถคำนวณได้โดยตรงจากการวิเคราะห์จากสูตรของฟังก์ชันที่นิยมใช้ ได้แก่ ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Number) และฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Fuzzy Number) สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม สามารถเขียนในรูปแบบได้ดังสมการที่ (6) [6]

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{ถ้า } u < a \\ \frac{(u-a)}{(b-a)} & \text{ถ้า } a \le u \le b \\ \frac{(c-u)}{(c-b)} & \text{ถ้า } b < u \le c \\ 0 & \text{ถ้า } u > c \end{cases} \quad (6)$$

โดยมีตัวแปรคือ a, b, c ที่ใช้ควบคุมรูปร่างของฟังก์ชัน ดังในรูปที่ 2 [6]



รูปที่ 2 แสดงฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม

2.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซีหรือฟัซซีเอเอชพี (Fuzzy Analytic Hierarchy Process : Fuzzy AHP : FAHP)

ทฤษฎีฟัซซีถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับข้อมูลที่มีความคลุมเครือ โดยการจัดการด้วยตรรกะโดยแสดงออกในรูปแบบของตัวเลข โดยเป็นการแปลงภาษาเป็นตัวเลขที่แสดงในรูปแบบสามเหลี่ยมเพราะง่ายต่อความเข้าใจ และนำไปใช้ในการคำนวณได้ โดยใช้สามเหลี่ยมตัวเลขฟัซซีกับการเปรียบเทียบคู่ของ AHP โดยการให้ลำดับความสำคัญในวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ ใช้ชุดข้อมูลแบบฟัซซีแทนการให้คะแนนแบบใช้ตัวเลขประเมินเพียงตัวเลขเดียว [7]

ถึงแม้กระบวนการระดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) จะสามารถจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดีเพียงใด แต่ความคลุมเครือในการตัดสินใจของมนุษย์ก็ยังมีอยู่ จึงได้มีการนำทฤษฎีฟัซซี (Fuzzy) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับทฤษฎี AHP เพื่อทำให้สามารถตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับความคิดที่คลุมเครือของมนุษย์ได้ดียิ่งขึ้น

2.4 ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety)

นอกเหนือจากผู้ดำเนินการก่อสร้างต้องจัดให้สภาพแวดล้อมในการทำงาน อยู่ในลักษณะที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานก่อสร้าง หากผู้ดำเนินการก่อสร้างไม่สามารถดำเนินการป้องกันแก้ไขอันตรายได้ ผู้ดำเนินการก่อสร้างต้องจัดให้มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่ได้มาตรฐาน (ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล พ.ศ. 2554) และเหมาะสมกับประเภทและชนิดของงาน ที่สามารถป้องกันอันตรายนั้น ให้ผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างสวมใส่ตลอดเวลาทำงาน โดยมีรายละเอียด เป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานความปลอดภัยขณะก่อสร้าง ในกรณีที่ผู้ดำเนินการก่อสร้างไม่ได้จัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลหรือจัดหาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ไม่เหมาะสมให้แก่ผู้ปฏิบัติงานก่อสร้าง เจ้าของอาคารและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นมีสิทธิ์ที่จะสั่งให้งานก่อสร้างหยุดทันที และไม่ยินยอมให้ผู้ปฏิบัติงานก่อสร้างเข้าทำงานจนกว่าจะจัดหา หรือได้ใช้ หรือสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างเพียงพอและเหมาะสมตามที่กำหนดในมาตรฐานด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง [8]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยหลายงานที่นำกระบวนการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี มาประยุกต์ใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา บุญสิตา กิติศรีวรพจน์ และวราพร บุญจอม [9] ใช้กระบวนการ FAHP ช่วยในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กับกรณีศึกษา บริษัท ฮานา ไมโครอิเล็กโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการ โลจิสติกส์ของกรณีศึกษานี้ได้ และยังสามารถระบุลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์ย่อยที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของกรณีศึกษา โดยเกณฑ์หลักที่มีความสำคัญ

สูงสุดคือ ต้นทุน รองลงมาคือ ความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ การตอบสนองเทคโนโลยีสารสนเทศ และความมั่นคงทางด้านการเงิน ตามลำดับ

ธัญยรัตน์ ติยอภิสิทธิ์ และ อรรถพล สมุทคุปต์ [3] ใช้กระบวนการ FAHP ช่วยในการตัดสินใจในการคัดเลือกผู้ให้บริการการบำรุงรักษายานพาหนะ โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เพื่อให้ค่าน้ำหนักความสำคัญต่าง ๆ ในการคัดเลือกผู้ให้บริการการบำรุงรักษายานพาหนะ 3 ประเภทงาน เพื่อหาการบริการที่ดีที่สุด และได้วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแต่ละเกณฑ์ด้วย ผลการวิเคราะห์พบว่า เกณฑ์ด้านความเชื่อถือมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ด้านต้นทุน ด้านการตอบสนอง ด้านการทำให้เชื่อมั่น และด้านความเป็นรูปธรรม ตามลำดับ

เมทินี จงไพบูลย์ [10] ใช้กระบวนการ FAHP ช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของผลการดำเนินการกิจกรรมการจัดการซัพพลายเชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มบริษัทอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 20 คน พบว่า การศึกษาและผลของการวิจัยนี้ช่วยให้ทีมผู้บริหารทราบลำดับความสำคัญที่ส่งผลต่อการประยุกต์ใช้การจัดการซัพพลายเชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการวางกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นว่ากระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแบบฟัซซี สามารถใช้ประเมินปัจจัยในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ในการกำหนดลำดับความสำคัญของการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลในโครงการก่อสร้างและประเมินผลความปลอดภัยของโครงการได้

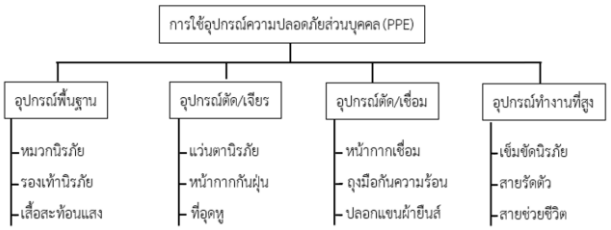
3. การพัฒนาแบบจำลอง

การศึกษานี้ได้อาศัยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (FAHP) พัฒนากรอบงาน (Framework) เพื่อประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้ อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ตามหลักความปลอดภัยของโครงการก่อสร้างอาคารสูง เพื่อใช้เป็นคอนโดมิเนียม ในย่านสุขุมวิท กรุงเทพมหานคร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมแรงงานที่ใช้/ไม่ใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล 4 ประเภท ที่สัมพันธ์กับการทำงานด้านต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์พื้นฐาน อุปกรณ์ตัด/เจียร อุปกรณ์ตัด/เชื่อม และอุปกรณ์ทำงานที่สูง โดยดำเนินการเป็นขั้นตอนตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี จากนั้นนำไปพัฒนาแบบจำลองเพื่อประยุกต์ใช้งานในโครงการก่อสร้างจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การพัฒนากรอบงาน (Framework) โดยวิธี AHP

3.1.1 การกำหนดแผนภูมิลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ประกอบด้วยจุดมุ่งหมายในการดำเนินการ (Goal) คือ การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ประกอบด้วยเกณฑ์หลัก (Criteria) ในการพิจารณา 4 เกณฑ์ คือ อุปกรณ์พื้นฐาน อุปกรณ์ตัด/เจียร อุปกรณ์ตัด/เชื่อม และอุปกรณ์ทำงานที่สูง ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Factor) ได้แก่ หมวกนิรภัย รองเท้านิรภัย เสื้อสะท้อนแสง แว่นตานิรภัย หน้ากากกันฝุ่น ที่อุดหู หน้ากากเชื่อม ถุงมือกันความร้อน ปลอกแขนผ้ายืนส์ เข็มขัดนิรภัย สายรัดตัว และสายช่วยชีวิต ดังรูปที่ 3 โดยการดำเนินการในแต่ละเกณฑ์ด้วยการประชุม (Conference) ผู้ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของโครงการ เพื่อช่วยระดมความคิดในแง่มุมต่าง ๆ ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ และเพื่อให้เกิดความคิดที่หลากหลาย อันเป็นหนทางนำไปสู่การตัดสินใจที่มีเหตุผลและเป็นการกำจัดข้อสงสัยของแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ทุกคนเกิดความเข้าใจผิดอันเป็นสาเหตุของอคติในการวินิจฉัย



รูปที่ 3 แผนภูมิลำดับชั้นการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล (PPE)

3.1.2 มาตราส่วนในการเปรียบเทียบของ AHP

ค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อระบุระดับความสำคัญของเกณฑ์หรือปัจจัยและทางเลือก โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยพิจารณาเป็นลำดับชั้นด้วยวิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ (Pair Wise Comparison) ตามวิธีการของ Thomas L. Saaty ซึ่งเป็นการประเมินความสำคัญในเชิงเปรียบเทียบทีละคู่จนครบทุกคู่ ดังรูปที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างคู่ มีค่าเป็นสัดส่วนระหว่าง 1/9 ถึง 9 ในการให้ค่าถ่วงน้ำหนักจะทำการสนทนากับกลุ่มผู้ดำเนินงานโครงการ (Focus group discussion) ให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ วิศวกรสำนักงาน วิศวกรสนาม โฟร์แมนโครงสร้าง และเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัย เพื่อให้ได้ข้อมูลในการให้ค่าน้ำหนักคู่เปรียบเทียบดังตารางที่ 3

รูปที่ 4 การประเมินความสำคัญในเชิงเปรียบเทียบทีละคู่

ตารางที่ 3 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบของ AHP [1]

ค่าเปรียบเทียบ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 ปัจจัยส่งผลกระทบต่อเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในทางปฏิบัติปัจจัยนั้นได้มีอิทธิพลเหนือกว่าอย่างเห็นได้ชัด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ประสบการณ์และการวินิจฉัยแสดงถึงความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในทางปฏิบัติปัจจัยนั้นได้ระดับสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2, 4, 6, 8	สำหรับในกรณีประนีประนอมเพื่อลดช่องว่างระหว่างระดับความรู้สึก	บางครั้งผู้ตัดสินใจต้องการวินิจฉัยในลักษณะที่ก้ำกึ่งกัน
1.1 ถึง 1.9	สำคัญเกือบเสมอกัน	ปัจจัยที่ถูกเลือกขึ้นมานั้นมีความสำคัญใกล้เคียงกัน และแทบจะหาความแตกต่างกันไม่ได้เลย เช่น 1.3 คือ ระดับกลาง ๆ ส่วน 1.9 คือระดับสูงสุด

3.1.3 การเก็บข้อมูลและการประเมินการจัดลำดับความสำคัญ

การประเมินการจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการแต่ละเกณฑ์ด้วยการประชุม (Conference) ผู้ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของโครงการ ในการให้ค่าถ่วงน้ำหนักจะทำการสนทนากับกลุ่มผู้ดำเนินงานโครงการ (Focus group discussion) ให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ วิศวกรสำนักงาน วิศวกรสนาม โฟร์แมนโครงสร้าง และเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัย ดังตัวอย่างในตารางที่ 4 เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักคู่เปรียบเทียบ และช่วยระดมความคิดในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความคิดที่หลากหลาย อันเป็นหนทางนำไปสู่การตัดสินใจที่มีเหตุผล ทำการคำนวณค่าต่าง ๆ จากสมการที่ (1), (2), (3) และ (4) ตามลำดับ ตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี AHP

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการประเมินระดับความสำคัญแต่ละเกณฑ์เป็นคู่ เรื่องการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลของผู้เชี่ยวชาญ

คู่ที่	การใช้อุปกรณ์ PPE	ปัจจัยแรกสำคัญมากกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญมากกว่าปัจจัยแรก								การใช้อุปกรณ์ PPE
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	อุปกรณ์พื้นฐาน											x							อุปกรณ์ตัด/เจียร
2	อุปกรณ์พื้นฐาน											x							อุปกรณ์ตัด/เชื่อม
3	อุปกรณ์พื้นฐาน													x					อุปกรณ์ทำงานที่สูง
4	อุปกรณ์ตัด/เจียร									x									อุปกรณ์ตัด/เชื่อม
5	อุปกรณ์ตัด/เจียร															x			อุปกรณ์ทำงานที่สูง
6	อุปกรณ์ตัด/เชื่อม											x							อุปกรณ์ทำงานที่สูง

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลเปรียบเทียบ การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ทั้ง 4 เกณฑ์

เกณฑ์ (Criteria)	อุปกรณ์พื้นฐาน	อุปกรณ์ตัด/เจียร	อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	อุปกรณ์ทำงานที่สูง
อุปกรณ์พื้นฐาน	1	1/3	1/3	1/5
อุปกรณ์ตัด/เจียร	3	1	1	1/7
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	3	1	1	1/3
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	5	7	3	1
ผลรวม	12.000	9.3333	5.3333	1.6762

ตารางที่ 6 การหาค่าเฉลี่ยและทำการ Normalization

เกณฑ์ (Criteria)	อุปกรณ์พื้นฐาน	อุปกรณ์ตัด/เจียร	อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	อุปกรณ์ทำงานที่สูง	ค่าเฉลี่ย
อุปกรณ์พื้นฐาน	0.0833	0.0357	0.0625	0.1193	0.0752
อุปกรณ์ตัด/เจียร	0.2500	0.1071	0.1875	0.0852	0.1575
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	0.2500	0.1071	0.1875	0.1989	0.1859
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	0.4167	0.7500	0.5625	0.5966	0.5814
ผลรวม					1.0000

3.2 วิธีดำเนินการตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (FAHP)

ในการตัดสินใจปัญหาที่มีความคลุมเครือ กระบวนการลำดับชั้นแบบ AHP ไม่สามารถจัดการกับการตัดสินใจที่มีความคลุมเครือได้อย่างสมบูรณ์ AHP จึงมีการนำเอาทฤษฎี Fuzzy มาใช้ร่วมกับ AHP โดยทฤษฎี Fuzzy มีความคล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์โดยเป็นการใช้ความไม่แน่นอนในการการตัดสินใจ ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับข้อมูลที่มีความคลุมเครือโดยแสดงออกในรูปแบบของตัวเลข โดยเป็นการแปลงภาษาในเป็นตัวเลขที่แสดงในรูปแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยมเพราะง่ายต่อความเข้าใจและนำไปใช้ในการคำนวณได้ โดยใช้สามเหลี่ยมตัวเลข Fuzzy กับการเปรียบเทียบคู่ของ AHP เข้าด้วยกัน โดยการคงรูปแบบการเปรียบเทียบระดับความสำคัญเชิงคู่ของปัจจัย แต่ในการแปลงภาษาระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบซึ่งเป็นภาษาพูดให้เป็นตัวเลข จะใช้ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม มาแทนการใช้ตัวเลขเดี่ยว 1-9 โดยงานวิจัยนี้ใช้การแปลงภาษาพูดมาเป็นตัวเลขฟัซซีตามตารางที่ 7 โดยที่รูปแบบตัวเลขฟัซซีจะเป็น (l, m, u) มี m เป็นค่ากลางของ μM(x) และ l, u เป็นค่าขอบเขตล่างและขอบเขตบนตามลำดับมีกฎ [11] การบวก การลบ การคูณ และการอินเวอร์ ดังสมการที่ (7) ถึง (10)

การบวกกันของ Triangular Fuzzy Number คือ

$$(l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (7)$$

การลบกันของ Triangular Fuzzy Number คือ

$$(l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (8)$$

การคูณกันของ Triangular Fuzzy Number คือ

$$(l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (9)$$

การหาอินเวอร์สของ Triangular Fuzzy Number คือ

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (10)$$

ตารางที่ 7 สเกลการแปลงเป็นตัวเลขแสดงระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ [12]

ระดับการให้ความสำคัญ (Linguistic scale)	ตัวเลขทั่วไป (General number)	ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม (Triangular fuzzy scale)
มีความสำคัญเท่ากัน	1	(1, 1, 1)
มีความสำคัญมากกว่าเล็กน้อย	3	(2, 3, 4)
มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง	5	(4, 5, 6)
มีความสำคัญมากกว่ามาก	7	(6, 7, 8)
มีความสำคัญมากกว่ามากที่สุด	9	(9, 9, 9)
มีความสำคัญก้ำกึ่งกัน	2	(1, 2, 3)
	4	(3, 4, 5)
	6	(5, 6, 7)
	8	(7, 8, 9)

สำหรับกระบวนการ FAHP [12] ที่ใช้ในงานวิจัย จะมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังที่จะอธิบายดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : คำนวณเมทริกซ์การเปรียบเทียบของแต่ละระดับเกณฑ์ย่อย และแปลงข้อมูลจากตัวเลขทั่วไปให้เป็นตัวเลขแบบฟัซซี ซึ่งเรียกว่า Fuzzification โดยเทียบสเกลจากตารางที่ 7 ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลจากตัวเลขทั่วไปให้เป็นตัวเลขแบบฟัซซีของผู้เชี่ยวชาญ

เมตริกซ์	อุปกรณ์พื้นฐาน			อุปกรณ์ตัด/เจียร			อุปกรณ์ตัด/เชื่อม			อุปกรณ์ทำงานที่สูง		
อุปกรณ์พื้นฐาน	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/6	1/5	1/4
อุปกรณ์ตัด/เจียร	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1/8	1/7	1/6
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1/4	1/3	1/2
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	4	5	6	6	7	8	2	3	4	1	1	1

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการคำนวณด้วยวิธีการที่เรียกว่า Geometric Mean โดยใช้สมการที่ (11) ดังตัวอย่างในตารางที่ 9

$$\widetilde{W_i} = \widetilde{r_i} \otimes (\widetilde{r_1} \oplus \widetilde{r_2} \oplus \dots \widetilde{r_n})^{-1} = (lw_i ; mw_i ; uw_i) \quad (11)$$

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการหาค่า $\widetilde{W_i}$

Factor	$\widetilde{r_i}$			$\widetilde{W_i} = \widetilde{r_i} \otimes (\widetilde{r_1} \oplus \widetilde{r_2} \oplus \dots \dots \dots \widetilde{r_n})^{-1}$		
	l	m	u	l	m	u
อุปกรณ์พื้นฐาน	0.286	0.498	0.422	0.042	0.095	0.096
อุปกรณ์ตัด/เจียร	0.976	1.212	1.573	0.144	0.230	0.357
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	0.880	0.987	1.394	0.130	0.187	0.317
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	2.263	2.569	3.385	0.334	0.488	0.769
ผลรวม, $\widetilde{r_i}$	4.404	5.266	6.775			
Inverse of $\widetilde{r_i}$, $(\widetilde{r_i})^{-1}$	0.148	0.190	0.227			

ขั้นตอนที่ 3 : ทำการแปลงค่าตัวเลขจากตัวเลขฟัซซี ให้กลายเป็นตัวเลขปกติ ซึ่งเรียกว่า Defuzzification โดยวิธี Centre of Area Method โดยใช้สมการที่ (12) ดังตัวอย่างในตารางที่ 10

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (12)$$

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการหาค่า Weight, M_i (Defuzzification)

Factor	$\widetilde{W_i} = \widetilde{r_i} \otimes (\widetilde{r_1} \oplus \widetilde{r_2} \oplus \dots \dots \dots \widetilde{r_n})^{-1}$			Weight, M_i (Defuzzification)
	l	m	u	
อุปกรณ์พื้นฐาน	0.042	0.095	0.096	0.078
อุปกรณ์ตัด/เจียร	0.144	0.230	0.357	0.244
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	0.130	0.187	0.317	0.211
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	0.334	0.488	0.769	0.530

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการ Normalization ค่าของ M_i จะได้ค่า W_i โดยใช้สมการที่ (13) ดังตัวอย่างในตารางที่ 11

$$W_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^{w} M_i} \quad (13)$$

ตารางที่ 11 การหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล

Criteria	Weight, M_i (Defuzzification)	Weight, W_i (Normalization)	Order
อุปกรณ์พื้นฐาน	0.078	0.073	4
อุปกรณ์ตัด/เจียร	0.244	0.229	2
อุปกรณ์ตัด/เชื่อม	0.211	0.199	3
อุปกรณ์ทำงานที่สูง	0.530	0.499	1
ผลรวม	1.063	1.000	

ขั้นตอนที่ 5 : หลังจากนั้น ทำการหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของปัจจัยรองที่เหลือคือ อุปกรณ์พื้นฐาน อุปกรณ์ตัด/เจียร อุปกรณ์ตัด/เชื่อม และอุปกรณ์ทำงานที่สูง โดยใช้โปรแกรม Microsolf Exel ช่วยในการคำนวณ จะได้ผลตามตารางที่ 12 ถึงตารางที่ 15

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของเกณฑ์การใช้อุปกรณ์พื้นฐาน

Factor	Weight, M_i (Defuzzification)	Weight, W_i (Normalization)	Order
หมวกนิรภัย	0.649	0.612	1
รองเท้านิรภัย	0.267	0.252	2
เสื้อสะท้อนแสง	0.143	0.135	3
ผลรวม	1.059	1.000	

ตารางที่ 13 ตัวอย่างการหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของเกณฑ์การใช้อุปกรณ์ตัด/เจียร

Factor	Weight, M_i (Defuzzification)	Weight, W_i (Normalization)	Order
แว่นตานิรภัย	0.675	0.641	1
หน้ากากกันฝุ่น	0.264	0.250	2
ที่อุดหู	0.114	0.108	3
ผลรวม	1.053	1.000	

ตารางที่ 14 ตัวอย่างการหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของเกณฑ์การใช้อุปกรณ์ตัด/เชื่อม

Factor	Weight, M_i (Defuzzification)	Weight, W_i (Normalization)	Order
หน้ากากเชื่อม	0.668	0.638	1
ถุงมือกันความร้อน	0.259	0.248	2
ปลอกแขนผ้ายีนส์ส์	0.120	0.114	3
ผลรวม	1.047	1.000	

ตารางที่ 15 ตัวอย่างการหาค่า Weight, W_i (Normalization) ของเกณฑ์การใช้อุปกรณ์ทำงานที่สูง

Factor	Weight, M_i (Defuzzification)	Weight, W_i (Normalization)	Order
เข็มขัดนิรภัย	0.649	0.614	1
สายรัดตัว	0.152	0.144	3
สายช่วยชีวิต	0.256	0.242	2
ผลรวม	1.057	1.000	

3.3 การทดสอบแบบจำลอง

เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในการประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้ อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลในโครงการก่อสร้างจริงได้นั้น จำเป็นที่จะต้องจำลองสถานการณ์กิจกรรมในโครงการก่อสร้างก่อน ซึ่งกิจกรรมที่จะนำมาเป็นตัวอย่างคือ งานเทพื้นคอนกรีต งานโครงหลังคา งานปูกระเบื้อง และงานทาสีอาคาร จากนั้นทำการกำหนดคะแนนจากจำนวนแรงงาน 100 คน การคิดคะแนน ซึ่งถ้าใส่อุปกรณ์จะได้ 1 คะแนน และถ้าไม่ใส่อุปกรณ์ จะได้ 0 คะแนน พบว่า เมื่อทั้งโครงการ มีจำนวนคนงาน 100 คน และกำหนดให้ทุกคนสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันตามที่กำหนดไว้ สำหรับแต่ละงานครบทุกชิ้น คะแนนรวมความปลอดภัยของโครงการก็จะเป็น 100 % ดังแสดงในตารางที่ 16 โดยจะแบ่งเป็น งานเทพื้นคอนกรีต 10.66 % งานโครงหลังคา 24.33 % งานปูกระเบื้อง 12.18 % และงานทาสีอาคาร 52.83 % ดังนั้น จากการทดสอบแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมา สามารถใช้ในการประเมินเปอร์เซ็นต์รวมของโครงการในเรื่องการใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 16 การทดสอบแบบจำลองเปอร์เซ็นต์รวมของโครงการที่มีจำนวนแรงงาน 100 คน สวมอุปกรณ์ทุกคน

กิจกรรม	ปัจจัย	เปอร์เซนต์งาน		น้ำหนักเกณฑ์	น้ำหนักปัจจัย	จำนวนคนงาน	น้ำหนักรวม	สัดส่วนน้ำหนักรวม	เปอร์เซนต์สัดส่วนน้ำหนักรวม	เปอร์เซนต์สัดส่วนน้ำหนักรวม
		เปอร์เซนต์	สัดส่วนเปอร์เซนต์							
งานเทพื้นคอนกรีต	หมวกนิรภัย	0.920	0.205	0.205	0.073	0.600	40.000	0.360	0.064	10.66
	รองเท้านิรภัย			0.205	0.073	0.259	40.000	0.155	0.028	
	เสื้อสะท้อนแสง			0.205	0.073	0.140	40.000	0.084	0.015	
งานโครงหลังคา	หน้ากากเชื่อม	1.540	0.344	0.344	0.199	0.600	20.000	0.821	0.146	24.33
	ถุงมือกันความร้อน			0.344	0.199	0.259	20.000	0.354	0.063	
	ปลอกแขนผ้ายีนส์			0.344	0.199	0.140	20.000	0.192	0.034	
งานปูกระเบื้อง	แว่นตานิรภัย	0.670	0.150	0.150	0.229	0.600	20.000	0.411	0.073	12.18
	หน้ากากกันฝุ่น			0.150	0.229	0.259	20.000	0.177	0.032	
	ที่อุดหู			0.150	0.229	0.140	20.000	0.096	0.017	
งานทาสีอาคาร	เข็มขัดนิรภัย	1.350	0.301	0.301	0.493	0.600	20.000	1.783	0.317	52.83
	สายรัดตัว			0.301	0.493	0.259	20.000	0.770	0.137	
	สายช่วยชีวิต			0.301	0.493	0.140	20.000	0.416	0.074	
รวม		4.480	1.000					1.000	100.00	100.00

4. ผลลัพธ์จากกรณีศึกษา

ในขั้นตอนนี้จะนำแบบจำลองไปใช้งานในโครงการก่อสร้างจริง โดยบันทึกจำนวนแรงงาน ที่สวมอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ลงในแบบฟอร์มการประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Check sheet) ดังตัวอย่างในรูปที่ 5 โดยการให้คะแนนจะให้ค่าคะแนนความปลอดภัยมีค่าตามแรงงาน คือ แรงงานละ 1 คะแนน (แรงงานสวมอุปกรณ์) ถ้าแรงงานไม่สวมอุปกรณ์ จะได้ 0 คะแนน จึงสามารถนำมาคำนวณคะแนนรวมของโครงการที่มีจำนวนแรงงาน 86 คน ที่สวมใส่อุปกรณ์ไม่ครบทุกคน หรือบางคนสวมใส่ไม่ครบทุกชิ้น ได้ผลการประเมินเปอร์เซ็นต์รวมความปลอดภัยของโครงการ ตามตารางที่ 17

วัน	วิศวกร:	แบบประเมินการแต่งกายระหว่างปฏิบัติงาน											
พุธ	1/8/65	สัปดาห์ที่ 47											
ลำดับ	กิจกรรม	จำนวนคนงานทั้งหมด	อุปกรณ์พื้นฐาน			อุปกรณ์ตัด/เจียร			อุปกรณ์ตัด/เชื่อม			อุปกรณ์ทำงานที่สูง		
			หมวก	รองเท้า	เสื้อ	แว่นตา	หน้ากาก	ที่อุดหู	หน้ากาก	ถุงมือ	ปลอกแขน	เข็มขัด	สายรัดตัว	สายช่วยชีวิต
1														
2														
3														
4														
รวม														

รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบฟอร์ม (Check sheet) เพื่อประเมินหาค่าเปอร์เซ็นต์รวมความปลอดภัยของโครงการ

ตารางที่ 17 การประเมินเปอร์เซ็นต์รวมของโครงการที่มีจำนวนแรงงาน 86 คน สวมใส่อุปกรณ์ไม่ครบทุกคน

กิจกรรม	ปัจจัย	เปอร์เซ็นต์งาน		น้ำหนักเกณฑ์	น้ำหนักปัจจัย	จำนวนคนงาน	น้ำหนักรวม	สัดส่วนน้ำหนักรวม	เปอร์เซ็นต์สัดส่วนน้ำหนักรวม	เปอร์เซ็นต์สัดส่วนน้ำหนักรวม
		เปอร์เซ็นต์	สัดส่วนเปอร์เซ็นต์							
งานเทพื้นคอนกรีต	หมวกนิรภัย	0.920	0.205	0.205	0.073	0.600	23.000	0.207	0.040	6.57
	รองเท้านิรภัย			0.205	0.073	0.259	21.000	0.082	0.016	
	เสื้อสะท้อนแสง			0.205	0.073	0.140	25.000	0.052	0.010	
งานโครงหลังคา	หน้ากากเชื่อม	1.540	0.344	0.344	0.199	0.600	16.000	0.657	0.127	20.71
	ถุงมือกันความร้อน			0.344	0.199	0.259	16.000	0.283	0.055	
	ปลอกแขนผ้ายืนส์			0.344	0.199	0.140	14.000	0.134	0.026	
งานปูกระเบื้อง	แว่นตานิรภัย	0.670	0.150	0.150	0.229	0.600	17.000	0.349	0.067	11.29
	หน้ากากกันฝุ่น			0.150	0.229	0.259	18.000	0.160	0.031	
	ที่อุดหู			0.150	0.229	0.140	16.000	0.077	0.015	
งานทาสีอาคาร	เข็มขัดนิรภัย	1.350	0.301	0.301	0.493	0.600	17.000	1.515	0.292	49.78
	สายรัดตัว			0.301	0.493	0.259	18.000	0.693	0.134	
	สายช่วยชีวิต			0.301	0.493	0.140	18.000	0.374	0.072	
รวม		4.480	1.000					0.883	88.35	88.35

จากตารางที่ 17 เมื่อทั้งโครงการมีคนงาน 86 คน และสวมใส่อุปกรณ์ไม่ครบทุกคน และไม่ครบทุกชิ้น จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จในมาตรการความปลอดภัยในแต่ละงาน คือ งานเทพื้นคอนกรีต 6.57 % งานโครงหลังคา 20.71 % งานปูกระเบื้อง 11.29 % และงานทาสีอาคาร 49.78 % คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในเรื่องมาตรการความปลอดภัยรวมของโครงการเท่ากับ 88.35 %

จากผลการประเมินตามตารางที่ 17 จะเห็นว่า เมื่อคนงานสวมใส่อุปกรณ์ไม่ครบทุกคนหรือทุกชิ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จในมาตรการความปลอดภัยลดลง หากต้องการที่จะเพิ่มให้เปอร์เซ็นต์รวมของโครงการมากขึ้น ก็สามารถทำได้ โดยพิจารณาว่ากิจกรรมใดที่ทำให้เปอร์เซ็นต์รวมของโครงการต่ำ ก็ให้ผู้ควบคุมงานไปเน้นและกวดขันการใช้อุปกรณ์ของคนงานในกิจกรรมดังกล่าวให้มีความเข้มงวดมากยิ่งขึ้น

5. บทสรุป

กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี (FAHP) เป็นกระบวนการที่นำข้อดีของ 2 วิธี มาพิจารณาร่วมกัน คือ วิธี AHP ที่ใช้วิธีการจัดลำดับความสำคัญและช่วยวิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ดูเข้าใจง่ายขึ้น ส่วนทฤษฎีฟัซซี (Fuzzy) สามารถที่จะจัดการกับความคลุมเครือ หรือความลังเลใจในการตัดสินใจของมนุษย์ได้ เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละชนิดมีค่าน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน จึงมีความเหมาะสมที่จะนำ Fuzzy-AHP มาจัดการกับความคลุมเครือที่เกิดขึ้น และประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการหาค่าน้ำหนักความสำคัญ การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลในโครงการก่อสร้าง

กรอบงาน (Framework) การประเมินพฤติกรรมแรงงานก่อสร้างที่ใช้/ไม่ใช้ อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ทุกโครงการสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างของตนเองได้ โดยแต่ละโครงการจะมีกิจกรรมการทำงานที่อาจจะแตกต่างกัน ดังนั้น ค่าที่ได้จากการประเมินหรือค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยก็จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ที่ทำงานในโครงการนั้น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม Framework นี้สามารถใช้เป็น model และประยุกต์ใช้ได้กับทุกโครงการ

เอกสารอ้างอิง

[1] ไพจิตร ผาวัน และวริสรา เลิศไพฑูรย์พันธ์ (2561). Appraisal of not Wearing Personal Protective Equipment during Construction Work. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23*, นครนายก, 18-20 กรกฎาคม 2561, หน้า 1-7.

[2] วิฑูรย์ ตันศิริคงคล (2557). *AHP การตัดสินใจขั้นสูงเพื่อความก้าวหน้าขององค์กรและความอยู่ดีมีสุขของมหาชน*. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

[3] ธัญยรัตน์ ติยอภิสิทธิ์ และ อรรถพล สมุทคุปต์ (2560). ตัวแบบในการคัดเลือกผู้ให้บริการการบำรุงรักษายานพาหนะโดยใช้ฟัซซีเอเอชพี. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, ปีที่ 24, ฉบับที่ 3, หน้า 127-141.

[4] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล (2554). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอลซัลท์.

[5] Saaty, T.L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), pp. 19-43.

[6] ไพจิตร ผาวัน. (2557). *การประเมินเวลาสำรองของกิจกรรมที่เกิดจากความเสี่ยงโดยใช้วิธีนิวโร-ฟัซซีและฟัซซีเซต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[7] ปราโมทย์ ลือนาม (2556). การจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แบบฟัซซี. *วารสารจัดการสมัยใหม่ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 1-12.

[8] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะทำงานมาตรฐานความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (2561). *มาตรฐานความปลอดภัยในงานก่อสร้าง เล่ม 1 ความปลอดภัยในเรื่องการจัดการทั่วไป*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา บุญสิตา กิติศรีวรพจน์ และวราพร บุญจอม (2559). การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติก โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้นและทฤษฎีฟัซซีเซต. *วารสารบริหารธุรกิจ JBA*, ปีที่ 39, หน้า 1-29.

[10] เมทินี จงไพบูลย์. (2558). การจัดลำดับความสำคัญของผลการดำเนินการ กิจกรรม และทฤษฎีบริหารจัดการองค์กรที่มีผลต่อการบริหารจัดการซัพพลายเชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[11] A.K. Verma, A. Srividya and R.S. Prabhu Gaonkar. (2007). *Fuzzy-Reliability Engineering*. New Delhi: Narosa Publishing House.

[12] Suby Khanam. (2019). A Fuzzy AHP approach for evaluation for TQM enablers and IT resources. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering and Technology (IJARCET)*, 8(8), pp. 386-391.