



รายงานการวิจัย

ความสมดุลระหว่างความต้องการของงานและความสามารถของแรงงานที่

ควบคุมการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

(A Balance of Task Demands and Worker Capabilities

Controlling Construction Accidents)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

ความสมดุลระหว่างความต้องการของงานและความสามารถของแรงงานที่
ควบคุมการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง
(A Balance of Task Demands and Worker Capabilities
Controlling Construction Accidents)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ พ.ศ. 2559-2560

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนเงินทุนที่ใช้ในการวิจัยของโครงการนี้จนสามารถสำเร็จลงได้ ด้วยเงินงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2559 และ 2560 ที่ผ่านการพิจารณาข้อเสนอโครงการโดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ผู้วิจัย

สิงหาคม 2561



บทคัดย่อ

สถิติการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างของหลายประเทศทั่วโลกเป็นอัตราที่สูงคล้ายคลึงกัน งานวิจัยจำนวนมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันชี้ว่าสาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดมาจากตัวคนงานและพฤติกรรมการทำงานของคนงาน คนงานจะประเมินความสามารถของตนเองในการควบคุมเหตุการณ์หรือการป้องกันอุบัติเหตุสูงกว่าและประเมินความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุในการทำงานต่ำกว่าความเป็นจริง จึงทำให้มีพฤติกรรมที่เสี่ยงโดยไม่เจตนา ในขณะที่คนงานปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานของตัวเองภายใต้แรงกดดันด้านอัตราผลผลิตจากผู้บริหาร และแรงขับเคลื่อนตามธรรมชาติที่ต้องการใช้ความอดสาหะในการทำงานให้น้อยที่สุด พฤติกรรมการทำงานของคนงานจึงเป็นผลลัพธ์ของปฏิสัมพันธ์แบบพลวัตระหว่างความต้องการของงาน (Task Demands) และความสามารถของคนงาน (Worker Capabilities) ตามหลักการของวิศวกรรมระบบประชน (Cognitive System Engineering) ซึ่งการวิจัยนี้ดำเนินการบ่งชี้ปัจจัยด้านความต้องการของงาน 23 ปัจจัยและปัจจัยด้านความสามารถของคนงาน 12 ปัจจัย รวม 35 ปัจจัย โดยใช้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทย เป็นผู้คัดเลือกและกำหนดค่าน้ำหนักอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ ด้วยวิธี Delphi Process และ Analytical Hierarchy Process (AHP) การวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) เพื่อใช้ทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง จากการทดลองวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยวิธีการถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic Regression: LR) และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ด้วยข้อมูลจริงของเหตุการณ์การเกิดและไม่เกิดอุบัติเหตุของโครงการก่อสร้างจำนวน 120 เหตุการณ์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาด้วยวิธีเครือข่ายประสาทเทียมซึ่งมีโครงสร้าง 3 ชั้น 35-17-2 สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุด้วยความแม่นยำ 90% ดีกว่าแบบจำลองที่พัฒนาด้วยวิธีการถดถอยแบบโลจิสติก โดยแบบจำลอง CWBM ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างแต่ละคนก่อนเริ่มปฏิบัติงานในแต่ละวัน ซึ่งผลการประเมินจะสามารถบ่งชี้คนงานที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ เพื่อจะเปลี่ยนตัวหรือเตือนให้ใช้มาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมในการป้องกันอุบัติเหตุต่อไป และการประเมินนี้จะกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงความปลอดภัยในทีมงานก่อสร้างทุกระดับทั้งผู้บริหารจนถึงคนงานทั้งผู้ที่มีประสบการณ์สูงและน้อย

คำสำคัญ: ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ความต้องการของงาน ความสามารถของคนงาน อุบัติเหตุในงานก่อสร้าง พฤติกรรมการทำงาน

Abstract

The statistics of construction accidents in many countries around the world are similar. Much research from the past to the present has indicated that the main causes of construction accidents are workers and their working behaviors. Workers assess their own abilities to control situations or to prevent accidents higher and assess the risk of work accidents lower than the actuality. Thus, this causes unintendedly risky behaviors. In addition, workers adjust their working behavior under the pressure of production rates from executives and the natural driving-force to spend the least effort for the work. A workers' behavior is the result of dynamic interaction between the task demands and the workers' capabilities in accordance with the principles of Cognitive System Engineering. This research systematically determines 23 task-demand factors and 12 workers-capability factors by using an expert panel for high-rise building construction in Thailand. The expert panel uses the Delphi Process to consensually select these 35 factors and uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) to determine the influencing weights of them. This research develops a Construction Worker Behavior Model (CWBM) to predict construction accidents based on the analyses of the relationships between these factors by Logistic Regression (LR) and Artificial Neural Network (ANN). Real data of accidents and no-accidents of 120 cases are used in the analyses. The results of the evaluation of the model's efficiency show that the ANN-based model, which has a structure of 3 layers of 35-17-2, can predict the incidences with 90% accuracy, better than the LR-based model. The CWBM model can be used to predict an accident and evaluate each construction worker before starting work on each day. The results of the assessment will identify the workers who likely cause an accident, so that they should be replaced, or appropriate safety measures should be applied to prevent the accident. This assessment will raise safety awareness in the construction team at all levels, from executives to workers, and those with high or low experience.

Keywords: Construction safety, Task demands, Worker capabilities, Construction accident, Worker behaviors

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขต	3
1.4 แผนดำเนินการ.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	5
1.6 ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	6
บทที่ 2 วรรณกรรมเกี่ยวกับอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง	8
2.1 ข้อจำกัดของงานวิจัยด้านความปลอดภัยในแนวทางเดิม.....	8
2.2 ภาพรวมของงานวิจัยด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง.....	9
2.3 ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error).....	10
2.4 แบบจำลองเชิงพรรณนาของพฤติกรรมการทำงาน	11
2.5 สถานการณ์การทำงานที่เป็นอันตราย.....	12
2.6 พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ.....	14
2.7 การสัมผัสกับความอันตราย (Exposure to hazards).....	15
2.8 ข้อผิดพลาดและการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงาน (Errors and changes in conditions).....	16
2.9 แบบจำลองอินเทอร์เฟซความต้องการของงาน – ความสามารถ (Task Demand - Capacity Interface Model: TCI)	17
2.10 แบบจำลองความต้องการงาน – ความสามารถสำหรับความปลอดภัยในการก่อสร้าง	20
2.11 แบบจำลองประชาชนเกี่ยวกับพฤติกรรมของคนงานก่อสร้าง	23
2.12 สรุปการทบทวนวรรณกรรม	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
3.1 การกำหนดปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้น.....	29
3.2 การคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบ.....	30

3.3	การหาค่าน้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบ	31
3.4	การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง	32
3.5	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	33
3.6	แบบสอบถามและการเก็บข้อมูลในสนาม	37
บทที่ 4	ปัจจัยกำหนดความต้องการของงานและความสามารถของคนงาน	40
4.1	ปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้น	40
4.2	ปัจจัยองค์ประกอบจากการคัดเลือกด้วยวิธี Delphi	45
4.3	น้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบด้วยวิธี AHP	49
บทที่ 5	แบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง	55
5.1	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก	55
5.2	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการเครือข่ายประสาทเทียม	57
5.3	การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง	59
5.4	การอภิปรายผลการวิจัย	61
บทที่ 6	บทสรุป	63
6.1	สรุปผลงานวิจัย	63
6.2	วิธีการใช้งานแบบจำลอง CWBM	64
6.3	ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	64
	เอกสารอ้างอิง	66
	ภาคผนวก ก แบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูลการพัฒนาแบบจำลอง CWBM	73
	ภาคผนวก ข แบบการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง	79
	ประวัตินักวิจัย	83

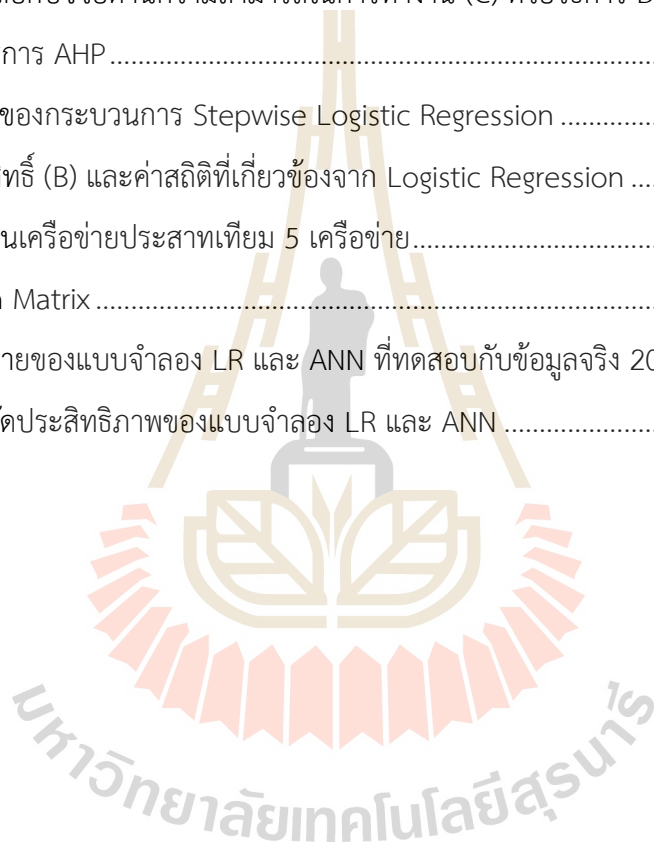
สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานโดย Rasmussen.....	12
รูปที่ 2.2 แบบจำลองสาเหตุของอุบัติเหตุ.....	17
รูปที่ 2.3 แบบจำลอง Task demand-Capability Interface: TCI.....	18
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณค่าในนิวรอน.....	35
รูปที่ 4.1 Flowchart ของกระบวนการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธี Delphi	46
รูปที่ 5.1 ตัวอย่าง ANN ที่มีโครงสร้าง 3 ชั้น 35-17-2.....	58



สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่าง Comparison Matrix และการคำนวณค่า Eigen Vector และค่า Consistency Ratio	50
ตารางที่ 4.2 ผลการคัดเลือกปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) ด้วยวิธีการ Delphi และผลการหาค่า น้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธีการ AHP	52
ตารางที่ 4.3 ผลการคัดเลือกปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) ด้วยวิธีการ Delphi และผลการหาค่า น้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธีการ AHP	53
ตารางที่ 5.1 ค่าทางสถิติของกระบวนการ Stepwise Logistic Regression	55
ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์ (B) และค่าสถิติที่เกี่ยวข้องจาก Logistic Regression	56
ตารางที่ 5.3 ผลการฝึกฝนเครือข่ายประสาทเทียม 5 เครือข่าย	58
ตารางที่ 5.4 Confusion Matrix	59
ตารางที่ 5.5 ผลการทำนายของแบบจำลอง LR และ ANN ที่ทดสอบกับข้อมูลจริง 20 เหตุการณ์	60
ตารางที่ 5.6 ผลค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง LR และ ANN	60



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการทำงานหลากหลายและซับซ้อน ต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานไปตามลักษณะและข้อกำหนดเฉพาะของโครงการ อีกทั้งลักษณะของงานก่อสร้างแตกต่างจากงานประเภทอื่นที่กระบวนการทำงานถูกกำหนดไว้อย่างคร่าวๆ (Loosely defined) และปล่อยให้ผู้ปฏิบัติงานมีอิสระในการกำหนดรายละเอียดวิธีในการทำงาน ทั้งขั้นตอน ลำดับ ความเร็วในการทำ และการประสานงานกันภายในทีมงาน งานก่อสร้างจึงประกอบด้วยกิจกรรมที่มีความไม่แน่นอนแต่เปลี่ยนไปตามสถานการณ์และต้องทำงานอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากธรรมชาติของสถานที่ทำงานที่ไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย เกี่ยวข้องกับแหล่งความอันตรายจำนวนมากและหลากหลายประเภท สภาพแวดล้อมเปิดที่ควบคุมได้ยาก เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหนักและเครื่องมือกล และใช้แรงงานคนจำนวนมาก จึงทำให้งานก่อสร้างมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานได้สูงทั้งที่เล็กน้อยจนถึงขั้นเสียชีวิต

จากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการ ปี พ.ศ. 2554 ของสำนักงานประกันสังคม (SSO 2015) พบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการทำงานอยู่ในอันดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมขนส่ง และการค้า ด้วยยอดผู้เสียชีวิตจำนวน 87 ราย จากยอดผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 590 ราย Haslam et al. (2005) กล่าวว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างในสหราชอาณาจักรมีระดับการเสียชีวิตจากการทำงานในปี ค.ศ. 2002/03 ที่ระดับ 31% จากอัตราการเสียชีวิตจากการทำงานของทุกอุตสาหกรรม โดยสาเหตุหลักของการเสียชีวิตในงานก่อสร้างมาจากการตกจากที่สูง 46% ส่วน Hsu et al. (2008) พบว่าคนงานที่ทำงานในงานก่อสร้างอาคารสูงนั้น เป็นหนึ่งในสถานที่ทำงานที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดของประเทศไต้หวัน และมีจำนวนคนงานมากกว่า 150 คนต่อปีที่เสียชีวิตในระหว่างการทำงาน จำนวนดังกล่าวเป็นสัดส่วน 1 ใน 4 ของการเสียชีวิตจากการทำงานของประเทศไต้หวัน อุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศสหรัฐอเมริกาในปีนั้นมียอดผู้เสียชีวิตจำนวน 738 รายจากยอดรวมผู้เสียชีวิตจากการทำงานในทุกอุตสาหกรรมจำนวน 4,693 ราย และถือเป็นอันดับที่ 2 สำหรับสำหรับยอดผู้เสียชีวิตสูงสุดในแต่ละอุตสาหกรรม (Bureau of Labor Statistics [BLS] 2015) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ (Fatal Accident Frequency Rate: FAFR, โดย ค่า FAFR = เหตุการณ์/1,000 คนงาน/ปี) สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศอินเดียมีค่า FAFR = 15.8 (Patel and Jha 2015) ส่วนประเทศสิงคโปร์ในปี ค.ศ. 2008 นั้น อุตสาหกรรมก่อสร้างได้มีผู้เสียชีวิตจากการทำงานเท่ากับ 6.9 รายต่อ 100,000 คนงานที่ถือว่าต่ำ ซึ่งตัวเลขดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับตัวเลข 2.8 รายต่อ 100,000 คนงานที่ถือว่าต่ำในทุกอุตสาหกรรมของประเทศสิงคโปร์ (Ministry of Manpower [MOM] 2008) และจาก

สถิติที่ผ่านมาพบว่าการประสบอุบัติเหตุจากการทำงานจนเสียชีวิตในทุก ๆ 6 ครั้งจะมี 1 ครั้งเกิดขึ้นในงานก่อสร้าง (International Labor Organization [ILO] 2005) ในแต่ละปีอุตสาหกรรมก่อสร้างทั่วโลกนั้นมียอดผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานประมาณ 60,000 คนต่อปี (ILO 2005) ซึ่งจำนวนดังกล่าวนี้ประมาณการได้ว่าจะมีการเสียชีวิตของแรงงานก่อสร้าง 1 รายในทุก ๆ 10 นาที ดังนั้นความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction safety) จึงเป็นประเด็นที่สำคัญที่ควรค่าต่อการวิจัยเพื่อลดความสูญเสียดังกล่าว

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประเด็นการวิจัยเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างนั้นค่อนข้างกว้างและหลากหลาย (Zhou et al. 2015) การศึกษาการประเมินอุบัติเหตุมักมุ่งเน้นเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัด หรือเครื่องมือวัดปริมาณความปลอดภัยในการทำงานและความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Sousa et al. 2014) การพัฒนาแบบจำลองที่ช่วยทำนายการเกิดอุบัติเหตุที่ยังไม่ค่อยได้รับความสนใจจากนักวิจัย จึงจำเป็นต้องศึกษาพัฒนาเครื่องมือช่วยทำนายการเกิดอุบัติเหตุเพื่อเติมช่องว่างงานวิจัยนี้ นอกจากนี้แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ (Construction accident causation models) ที่มีอยู่มักจะไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบการทำงาน (Work organization) พฤติกรรมร่วม (Collaborative behavior) และสภาพการทำงานร่วมกัน (Teamwork) ที่ส่งผลต่อความผิดพลาดในการทำงานได้ การวิจัยนี้ได้อ้างอิงหลักการของ Cognitive Systems Engineering ซึ่งสนใจอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดระบบการทำงานเหล่านี้ว่าส่งผลต่อสภาพการทำงานและความสามารถของผู้ปฏิบัติงานจนก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น โดยเฉพาะแบบจำลอง Task Demand-Capability Interface (TCI) ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงาน (Task Demands) และความสามารถของแรงงาน (Worker Capabilities) ที่ควบคุมการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งมุมมองใหม่แบบ cognitive นี้จะเปลี่ยนแนวความคิดการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างจากความสนใจในการป้องกันอุบัติเหตุด้วยการเข้มงวดกวดขันให้ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย เป็นการให้ความสำคัญกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของงานและความสามารถของแรงงาน ตัวอย่างเช่น การออกแบบวิธีปฏิบัติงาน ภาระงาน การจัดทีมงาน และสภาพการทำงานร่วมกัน

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. สร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของแรงงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ด้วยปัจจัยองค์ประกอบด้านความต้องการของงาน (Task Demands) และความสามารถของแรงงาน (Worker Capabilities) ที่สัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง
2. ทดสอบและประเมินผลแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับกรณีตัวอย่างอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้ว

1.3 ขอบเขต

ขอบเขตของการวิจัยมีดังนี้

อุบัติเหตุและความปลอดภัยในงานก่อสร้าง เนื่องจากงานก่อสร้างมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากงานอุตสาหกรรมอื่นทำให้มีความเสี่ยงต่ออันตรายประเภทต่าง ๆ ในกิจกรรมของงานก่อสร้าง ไม่เหมือนกับอุตสาหกรรมทั่วไป รวมทั้งงานก่อสร้างยังต้องอาศัยแรงงานคนในการดำเนินงานอยู่มากและไม่สามารถทดแทนด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ลักษณะและสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุและมาตรการด้านความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างจึงจำเป็นต้องถูกวิจัยขึ้นโดยเฉพาะ กรณีศึกษาของการวิจัยนี้คืออุบัติเหตุของโครงการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งหมายถึง อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป โดยมีที่ตั้งโครงการอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้ประสบอุบัติเหตุเป็นคณงานก่อสร้างของโครงการก่อสร้างอาคารสูง มีสัญชาติไทย ทำงานในตำแหน่ง ช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างไฟ ช่างเชื่อม ช่างควบคุมเครื่องจักร หรือกรรมกร

อุบัติเหตุที่เป็นกรณีตัวอย่างของงานวิจัยนี้ เป็นอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างอาคารสูง เช่น ตกจากที่สูง หกล้ม ลื่นล้ม วัตถุสิ่งของหล่นทับหรือตกใส่ วัตถุสิ่งของกระแทกหรือชน วัตถุสิ่งของหนีบหรือดิ่ง วัตถุสิ่งของตัด/บาด/ทิ่มแทง ผลจากความร้อนหรือสัมผัสของร้อน ไฟฟ้าดูด ไฟไหม้ วัตถุสิ่งของกระเด็นเข้าตา สัมผัสสารพิษหรือสารเคมี วัตถุระเบิด โดยพิจารณาเฉพาะกรณีการประสบอุบัติเหตุภายใน 3 เดือนก่อนหน้าวันที่สัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุ ส่วนคนงานที่ให้ข้อมูลสำหรับกรณีที่มิเกิดอุบัติเหตุนั้นถูกถามถึงเหตุการณ์ในวันก่อนหน้าวันที่มีการสัมภาษณ์เท่านั้น กรณีอุบัติเหตุที่ใช้เป็นกรณีตัวอย่างจะต้องทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกายจนต้องหยุดปฏิบัติงาน หรือปฐมพยาบาล หรือรักษาตัว หรือเป็นอุบัติเหตุที่มีการบันทึกไว้ ไม่พิจารณาอุบัติเหตุที่สูญเสียชีวิตเนื่องจากต้องการข้อมูลจากผู้ประสบเหตุโดยตรง

1.4 แผนดำเนินการ

ระยะเวลาทำการวิจัยของโครงการที่เสนอนี้คือ 24 เดือน และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ จึงได้แบ่งขั้นตอนวางแผนการดำเนินโครงการวิจัยตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่1: สืบค้นและทบทวนพัฒนาการของทฤษฎีการสร้างแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุและวิธีการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ที่มีอยู่จำนวนมากมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในวารสารและบทความทางวิชาการระดับนานาชาติ อ่านและรวบรวมเพื่อทำความเข้าใจกับพัฒนาการและความหลากหลายของทฤษฎีและแบบจำลองปัญหา รวมทั้งวิธีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจากอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง มาตรการและการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้าง เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างละเอียด โดยสามารถเลือกใช้ทฤษฎีที่

เหมาะสมและบ่งชี้จุดในการพัฒนาต่อยอดให้ดียิ่งขึ้นได้ รวมทั้งเห็นแนวทางการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลเนื้อหา literature reviews เพื่อใช้ประกอบงานเขียนบทความเพื่อเผยแพร่ต่อไป

ขั้นตอนที่2: สร้างแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่อยู่บนพื้นฐานทฤษฎีที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ สร้างสมมติฐานที่เหมาะสมเพื่อการพิสูจน์ต่อไป โดยสอดคล้องกับสภาพเงื่อนไขการปฏิบัติงานและสภาพคนงานก่อสร้างที่เป็นอยู่ จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาความปลอดภัยจากโครงการก่อสร้างจริงและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยที่ผ่านมา องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากแบบจำลองและทฤษฎีใหม่ที่พัฒนาขึ้นเหล่านี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ใช้เพื่อสร้างมาตรการความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและช่วยลดอุบัติเหตุและความสูญเสียในงานก่อสร้าง และสามารถนำไปเขียนบทความเพื่อเผยแพร่ต่อไป

ขั้นตอนที่3: เก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับงานด้านความปลอดภัยในโครงการก่อสร้าง โดยใช้กรณีตัวอย่างโครงการก่อสร้างประเภทอาคารสูงที่มีความอันตราย ได้แก่ วิศวกรโครงการ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย อนุกรรมการความปลอดภัยของสภาวิศวกร เพื่อบ่งชี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของงานและความสามารถของคนงาน ด้วยวิธีการ Delphi และ AHP ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลซ้ำหลายรอบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ได้มีการทบทวนและยืนยันข้อคิดเห็นของตนเอง ทั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและน่าเชื่อถือที่สุด

ขั้นตอนที่4: เก็บข้อมูลและศึกษาประวัติอุบัติเหตุในงานก่อสร้างของคนงานโดยเฉพาะงานก่อสร้างอาคารสูงจำนวนหนึ่ง โดยเก็บข้อมูลจากผู้ประสบอุบัติเหตุโดยตรงเพื่อประเมินหาระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถของคนงาน และความรุนแรงของผลกระทบที่ปรากฏจริง นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ และทดสอบประเมินผลแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำให้ได้การพิสูจน์ยืนยันสมมติฐานของแบบจำลองผลการทดสอบและประเมินสามารถนำมาใช้ประกอบงานเขียนบทความเพื่อเผยแพร่ได้

ขั้นตอนที่5: เผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยนี้สู่สาธารณะทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในที่ประชุมและวารสารทางวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ โดยการเขียนบทความทางวิชาการจากการวิเคราะห์ปัญหา การริเริ่มสร้างแบบจำลองและสมมติฐานใหม่ของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น การทดสอบและการประเมินผลจากประวัติอุบัติเหตุและผู้ประสบอุบัติเหตุ และประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากความรู้ความเข้าใจเหล่านี้จะนำไปสู่มาตรการความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น อย่างน้อย 1 เรื่อง รวมทั้งเผยแพร่องค์ความรู้เหล่านี้ต่อผู้ที่รับผิดชอบงานความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างที่สนใจ รวมทั้งเป็นแหล่งเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัยนี้และนำไปใช้ประโยชน์กับอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

ผลลัพธ์และองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยช่วยให้เกิดความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับความปลอดภัยและการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่เป็นผลลัพธ์จากสภาวะการทำงาน อันเนื่องมาจากความสมดุลระหว่างความต้องการของงานและความสามารถของคนงาน แบบจำลองใหม่ที่พัฒนาขึ้นและได้รับการพิสูจน์ยืนยันในการวิจัยนี้จะช่วยอธิบายกลไกของลักษณะการทำงานและสภาพการทำงานร่วมกันที่สร้างให้เกิดสภาวะการทำงานและโอกาสของความผิดพลาดและอุบัติเหตุ ช่วยให้เกิดความเข้าใจและปรับปรุงการออกแบบและการจัดกระบวนการทำงานเพื่อให้ระดับความยากของงานและความต้องการของเป็นไปอย่างเหมาะสมที่สามารถควบคุมได้โดยทีมปฏิบัติงาน ด้วยทฤษฎีใหม่นี้จึงช่วยปรับปรุงการวิเคราะห์อุบัติเหตุให้ใส่ใจกับระดับความต้องการของงานและปัจจัยที่มีผล พฤติกรรมการทำงานร่วมกัน ลักษณะการรับรู้ความยากของงาน ความสามารถของคนงานและปัจจัยที่มีผล แทนที่จะมุ่งสนใจกับการปฏิบัติตามกฎระเบียบความปลอดภัย แบบจำลองใหม่นี้ยังอธิบายความเกี่ยวข้องระหว่างความปลอดภัยกับอัตราการผลิต การลดระดับความต้องการของงานและเพิ่มความสามารถของคนงานจะช่วยปรับปรุงความปลอดภัยและยังเพิ่มอัตราการผลิตได้ นอกจากนี้ผลลัพธ์และองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยยังช่วยชี้แนะกลยุทธ์หรือมาตรการที่ควรใช้ในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการลดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินในโครงการก่อสร้าง และเป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับคนงานก่อสร้าง トラバドที่ธรรมชาติของงานก่อสร้างยังคงต้องพึ่งพาแรงงานคนจำนวนมากและต้องทำงานภายใต้ความเสี่ยงอันตรายจำนวนมากและหลากหลายประเภท

โครงการวิจัยนี้จะเป็นโครงการในลักษณะของการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาในการปฏิบัติงานจริงที่บริษัทก่อสร้างกำลังประสบอยู่ และร่วมกันกับบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจำนวนหนึ่ง โดยการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์หรือสังเกตการณ์ผู้ที่รับผิดชอบโดยตรงเกี่ยวกับงานด้านความปลอดภัยในโครงการก่อสร้าง ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย หัวหน้างาน รวมทั้งคนงานผู้เคยประสบอุบัติเหตุจริง เพื่อให้ได้ความเข้าใจและหลักฐานเป็นข้อพิสูจน์ทฤษฎีใหม่ที่สร้างขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายทอดความรู้และวิธีการใช้งานไปสู่กลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในบริษัทกรณีศึกษาเหล่านี้โดยตรงทันที

องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการ คือแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างแนวคิดใหม่ ซึ่งจะได้จากการพิสูจน์ข้อสมมติฐานของทฤษฎีและใช้หลักฐานยืนยันจากประวัติอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้น โดยทำให้เกิดการพัฒนาต่อยอดจากที่มีอยู่เดิม โดยต้องการให้เกิดผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ได้ในวารสารทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับทั้งในระดับชาติและนานาชาติ รวมทั้งยังสามารถเผยแพร่ไปสู่ผู้ที่สนใจทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจก่อสร้างของประเทศได้ เพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักวิจัยท่านอื่น ๆ

ให้หันมาวิจัยพัฒนาแนวคิดใหม่ๆของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างและคิดค้นวิธีบริหารโครงการก่อสร้างให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น

1.6 ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

Sooksil, N., & Benjaoran, V. (2017). **The relative factors shaping construction workers' behaviors and leading to accidents.** Engineering Journal, 21(5), 257-271. doi: 10.4186/ej.2017.21.5.257

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ

Sooksil, N. and Benjaoran, V. (2014). **Construction safety equilibrium of metal sheet roofing installation.** The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 24(2), pp.223-233.

Sooksil, N. and Benjaoran, V. (2014). **Safety equilibrium between task demand and capability of high-rise building construction workers.** Thai Science and Technology Journal, 22(6), pp.880-894.

Sooksil, N. and Benjaoran, V. (2014). **Research framework: impact of loss due to task demand exceeded capability of construction workers.** Ladkrabang Engineering Journal, 31(3), pp.7-12.

Sooksil, N. and Benjaoran, V. (2015). **Model for predicting impact of loss due to task demand exceeded capability of construction workers.** KMUTT Research and Development Journal, 38(2), pp.117-131.

Sooksil, N. and Benjaoran, V. (2015). **Factors that effect on construction safety equilibrium model.** UBU Engineering Journal, 8(2), pp.1-12.

ผลงานเต็มรูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

Sooksil, N., and Benjaoran, V. (2014). **Validation of construction safety equilibrium model on high-rise building construction project in Thailand.** Proceedings 30th Annual ARCOM Conference, Portsmouth, UK, Association of Researchers in Construction Management, pp. 371-379, 1-3 September 2014.

Sooksil, N., and Benjaoran, V. (2015). **Factors that affect construction safety equilibrium: Nakhon Ratchasima construction crews perspective.** Proceedings 31th Annual ARCOM Conference, Lincoln, UK, Association of Researchers in Construction Management, pp. 539-548, 7-9 September 2015.

ผลงานเต็มรูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติ

Sooksil, N., and Benjaoran, V. (2014). **Level of task demand and capability on high-rise construction injury workers.** Proceedings of the 19th National Convention on Civil Engineering, Khon Kaen, Thailand, pp. 1009-1017, 14-16 May 2014.

Sooksil, N., and Benjaoran, V. (2015). **Factors that affect construction safety equilibrium: Nakhon Ratchasima construction crews perspective.** Proceedings of the 20th National Convention on Civil Engineering, Chonburi, Thailand, pp. 1-7, 8-10 July 2015.



บทที่ 2 วรรณกรรมเกี่ยวกับอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

วรรณกรรมของงานวิจัยด้านความปลอดภัยมีอยู่เป็นจำนวนมากและมีวิวัฒนาการตลอดในช่วงสามสิบปีที่ผ่านมา การทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดอย่างรอบด้านอาจเป็นไปได้ จึงมุ่งเน้นไปที่แบบจำลองสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเฉพาะในงานก่อสร้าง (Construction accident causation models) และในแนวทางเชิงระบบของการทำงานแบบพลวัต (Dynamic working system) ที่ริเริ่มโดย Rasmussen (1997) ซึ่งเป็นการปูทางไปสู่มุมมองใหม่ต่อสาเหตุของอุบัติเหตุ จากแนวทางเดิมที่เคยเชื่อถือมานานในอดีต

2.1 ข้อจำกัดของงานวิจัยด้านความปลอดภัยในแนวทางเดิม

โดยทั่วไปในปัจจุบันการป้องกันอุบัติเหตุจะเน้นที่การกำหนดและบังคับใช้มาตรการป้องกันทางกายภาพและขั้นตอนการทำงานที่ลดความเสี่ยงของคนงานจากการสัมผัสความอันตราย (Mitropoulos et al. 2005) การละเมิดมาตรการป้องกันเหล่านี้จะเรียกว่า สภาพที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe conditions) และพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe behaviors) แนวทางนี้จึงเน้นที่การให้ความสำคัญของผู้บริหารและนโยบายเพื่อป้องกันสภาพที่ไม่ปลอดภัย และการฝึกอบรมและการจูงใจพนักงานเพื่อป้องกันพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย โปรแกรมความปลอดภัยต่าง ๆ เช่น การฝึกอบรม การตรวจสอบ การจูงใจ การบังคับใช้ บทลงโทษ ต่างเน้นที่ความสามารถของคนงานและความรับผิดชอบ และมุ่งเน้นที่จะเพิ่มการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย ถึงแม้ว่าแนวทางนี้จะมีส่วนช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ แต่ก็มีข้อจำกัด ได้แก่

1. วิธีการเชิงรับ (Reactive approach) แนวทางเดิมนี้เป็นวิธีการเชิงรับ คือการจัดการความอันตรายด้วยการป้องกันและเพิ่มความพยายามด้านความปลอดภัยในการลดอุบัติเหตุ แต่หากเป็นวิธีการเชิงรุกจะกำจัดความอันตรายในกระบวนการผลิต โดยไม่ต้องเพิ่มความพยายามด้านความปลอดภัย

2. ความขัดแย้งกับการผลิต (Conflict with production) ความพยายามด้านความปลอดภัยไม่เพิ่มมูลค่าให้กับการผลิต มันเป็นเพียงการเปลี่ยนจากค่าความสูญเสียที่ไม่คาดคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่แน่นอนและยอมรับได้ อย่างไรก็ตามการปฏิบัติตามข้อกำหนดต้องใช้ความพยายามด้านความปลอดภัยและทรัพยากรอย่างมาก ในระยะสั้น ความพยายามด้านความปลอดภัยเป็นสิ่งที่ขัดแย้งกับเป้าหมายการผลิตและต้นทุน จึงมักจะนำไปสู่การไม่ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

3. ประสิทธิภาพของมาตรการป้องกัน (Effectiveness of defenses) งานก่อสร้างเป็นงานที่มีลักษณะความชัดเจนแน่นอนต่ำ รวมทั้งยังมีความพลวัตในกระบวนการก่อสร้างด้วย (Rasmussen 1997) ความอันตรายจำนวนมากที่ไม่คาดคิดหรือไม่ได้ถูกกำหนดไว้ ทำให้ประสิทธิภาพของมาตรการป้องกันไม่เต็มที่นัก

สถานการณ์ที่ไม่คาดคิดบางครั้งจึงไม่มีมาตรการป้องกันใดรองรับ และเป็นการยากที่จะกำหนดมาตรการป้องกันให้สามารถครอบคลุมความอันตรายทุกประเภทได้

4. มุมมองต่อสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่จำกัด แนวทางแบบเดิมมองสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุมาจากความผิดของผู้จัดการหรือผู้ปฏิบัติงาน มีการตัดสินสถานการณ์หนึ่ง ๆ ว่า ปลอดภัย หรือไม่ปลอดภัย แต่ละเลยการพิจารณาถึงความจริงของลักษณะงานว่าเป็นแบบพลวัตร มาตรการความปลอดภัยที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสมสำหรับสถานการณ์หนึ่ง ๆ โดยเฉพาะอาจไม่เหมาะสมเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไป

5. การเรียนรู้ที่จำกัด การสืบสวนอุบัติเหตุมุ่งเน้นการตรวจหาการละเมิดและความรับผิดชอบ จึงไม่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในปรากฏการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น และไม่ทำให้พบรากสาเหตุของอุบัติเหตุ

แบบจำลองสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่ดีขึ้นจึงเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการพัฒนากลยุทธ์การป้องกันอุบัติเหตุอย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางใหม่ต่อสาเหตุของอุบัติเหตุใช้มุมมองเชิงระบบและให้เข้าใจถึงลักษณะของระบบการผลิตที่สร้างสถานการณ์ที่เป็นอันตรายขึ้นมาและสร้างรูปแบบของพฤติกรรมการทำงานของคนงาน

2.2 ภาพรวมของงานวิจัยด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

งานวิจัยที่ผ่านมาเสนอแบบจำลองสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ (Accident causation models) ไว้เป็นจำนวนมาก รวมทั้งค้นหาต้นเหตุ (Root causes) ของการเกิดอุบัติเหตุ การทบทวนวรรณกรรมในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยเด่นโดยสรุปเพื่อให้เห็นภาพรวมของแนวคิดต่าง ๆ ดังนี้ Universal framework โดย (McClay 1989) กำหนดองค์ประกอบหลักของอุบัติเหตุไว้ 3 ประการคือ ความอันตราย (Hazards) การกระทำของมนุษย์ (Human actions) และข้อจำกัดในการทำงาน (Functional limitations) Hinze (1997) เสนอ Distraction theory ว่าความกดดันจากการผลิตผลงานสามารถรบกวนคนงานให้ไม่ระวังความอันตรายและเพิ่มโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้ (Abdelhamid and Everett 2000) ระบุข้อบกพร่องด้านการบริหารจัดการ, การฝึกอบรม, และทัศนคติของคนงานเป็นสาเหตุหลักสามประการ Suraji et al. (2001) เสนอแบบจำลอง Constraints-Response ว่าเงื่อนไขโครงการหรือการตัดสินใจในการบริหารสามารถทำให้เกิดการตอบสนองที่สร้างเงื่อนไขหรือการกระทำที่ไม่เหมาะสม แล้วนำไปสู่อุบัติเหตุ ปัจจัยด้านองค์กรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย ได้แก่ ทัศนคติของผู้บริหารระดับสูงต่อความปลอดภัย (Raymond E. Levitt 1975), วัฒนธรรมองค์กร (Molenaar et al. 2002), สภาพแวดล้อมด้านความปลอดภัย (Mohamed 2002), การปฏิบัติงานของหัวหน้าชุด (Raymond Elliot Levitt and Samelson 1993), และผลประโยชน์ (Hinze 1978) Jimmie Hinze and Parker (1978) พบว่าแรงกดดันจากงานและการแข่งขันของทีมงานมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น Hinze (1981) พบว่าความสัมพันธ์ในการทำงานที่ดีทำให้เกิดความ

ปลอดภัยมากขึ้น ในแง่ของการปฏิบัติด้านความปลอดภัย Jaselskis et al. (1996) พบว่าความถี่ของการประชุมความปลอดภัยแบบทางการกับผู้บังคับบัญชาโครงการ และงบประมาณด้านความปลอดภัยเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่ลดลง Liske et al. (1993) เสนอแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด 5 ข้อ ได้แก่ การวางแผนเพื่อความปลอดภัยก่อนลงมือทำงานและก่อนดำเนินโครงการ การปฐมพยาบาลและการฝึกอบรมความปลอดภัย การให้สิ่งจูงใจด้านความปลอดภัย โปรแกรมบำบัดผู้ติดสารเสพติด และการสืบสวนเหตุการณ์ Toole (2002) ระบุสาเหตุของอุบัติเหตุไว้ 8 ประการ ได้แก่ ขาดการฝึกอบรมที่เหมาะสม (lack of proper training) ไม่จัดหาอุปกรณ์ความปลอดภัย (safety equipment not provided) หย่อนยานการบังคับใช้กฎความปลอดภัย (deficient enforcement of safety) อุปกรณ์ทำงานไม่ปลอดภัย (unsafe equipment) วิธีการทำงานไม่ปลอดภัย (unsafe method) สภาพการทำงานไม่ปลอดภัย (unsafe condition) ทักษะด้านความปลอดภัยไม่ดี (poor safety attitude) และความเบี่ยงเบนจากพฤติกรรมที่กำหนด (isolated deviation from prescribed behavior)

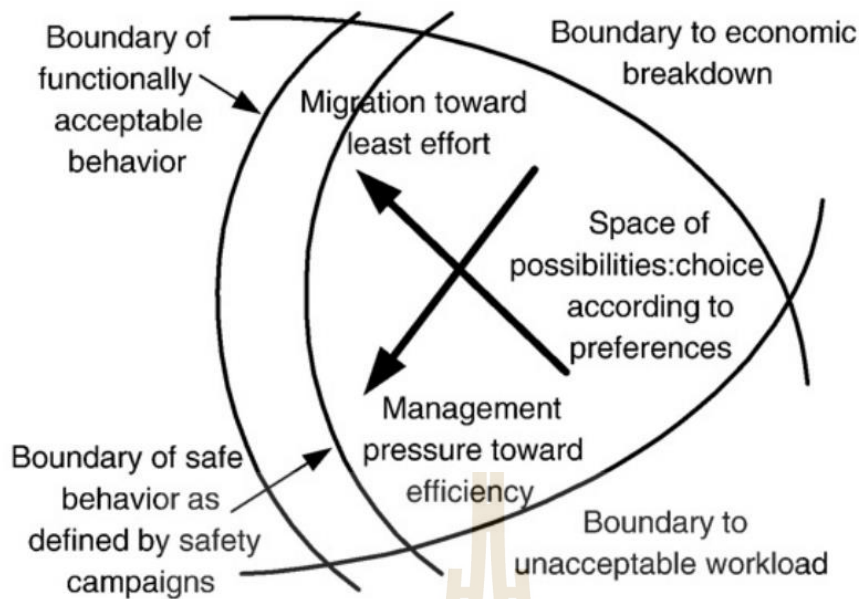
งานวิจัยบางส่วนได้ให้ความสำคัญกับบทบาทของการออกแบบด้านความปลอดภัยในการก่อสร้าง (Hinze and Wiegand 1992; Gambatese 2000) และความสำคัญของลักษณะงานและวิธีการทำงาน (Everett 1999) และเสนอการแทรกแซงด้วยการใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของกิจกรรมก่อสร้างที่เฉพาะเจาะจง (Bernold et al. 2001) อย่างไรก็ตามแนวทางเหล่านี้เน้นที่การลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยมากกว่าการเพิ่มความปลอดภัย

2.3 ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error)

ความผิดพลาดของมนุษย์เป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดอุบัติเหตุและได้รับการวิจัยอย่างกว้างขวาง Rigby (1970) กำหนดความหมายของข้อผิดพลาดว่าเป็นชุดของการกระทำของมนุษย์ที่เกินกว่าระดับการยอมรับ จากมุมมองนี้ความผิดพลาดของมนุษย์จึงเป็นความเบี่ยงเบนจากขั้นตอนกฎเกณฑ์มาตรฐาน Reason (1990) จำแนกพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยในข้อผิดพลาด 3 ประเภทและการละเมิด 2 ประเภท ได้แก่ ความประมาท (Slips) และความหย่อนยาน (Lapses) เป็นข้อผิดพลาดที่อยู่บนฐานของทักษะของคนงานและเกิดขึ้นกับความคิดที่ใสใจน้อยหรือไม่มีเลย ข้อผิดพลาด (Mistakes) คือพฤติกรรมโดยเจตนาที่เลือกกระทำอย่างไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ ข้อผิดพลาดในการรับรู้ (Perceptual errors) เป็นการกระทำที่เป็นผลมาจากการตีความผิดพลาดของสถานการณ์จริงหรือความเข้าใจผิด การละเมิดประเภท Routine violations เป็นการกระทำที่ต่างไปจากกฎและมักจะถูกกระทำอยู่เป็นประจำโดยที่ผู้ควบคุมยอมผ่อนผันให้เองหรือเพราะเห็นว่าเป็นความต่างเพียงเล็กน้อย การละเมิดประเภท Exceptional violations เป็นการละเมิดที่ไม่ปกติทั่วไปและไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ควบคุม

2.4 แบบจำลองเชิงพรรณนาของพฤติกรรมการทำงาน

Rasmussen et al. (1994) เสนอแบบจำลอง Descriptive model of work behavior ที่พยายามเข้าใจอุบัติเหตุในมุมที่ต่างออกไป โดยไม่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดเชิงบรรทัดฐานของข้อผิดพลาดหรือการละเมิด คนงานทำงานภายในระบบงานที่มีเป็นไปตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดในการทำงาน คนงานมีอิสระในการกำหนดลักษณะการทำงานของตนเอง โดยที่ขอบเขตของความอิสระในการทำงานถูกกำหนดไว้โดย ภาระงาน, ต้นทุน, ความเสี่ยงจากความล้มเหลว, ความสุขใจ เป็นต้น คนงานปกติจะมีพฤติกรรมการทำงานเพื่อให้ได้ผลงานใกล้เคียงกับขอบเขตของสมรรถนะที่ยอมรับได้ (Boundary of functionally acceptable performance) ซึ่งเป็นจุดสมดุลระหว่างแรงกดดันหลักสองประการคือ แรงกดดันในการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงาน (Production pressures for increased efficiency) และแนวโน้มสำหรับความพยายามอย่างน้อยที่สุด (Tendency of least effort) ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อภาระงานที่เพิ่มขึ้น ผู้บริหารจะพยายามเพิ่มประสิทธิภาพของงานและต้นทุน ในขณะที่คนงานพยายามปรับการทำงานให้ใช้ความพยายามน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผลงานยังเป็นที่ยอมรับได้ ผลลัพธ์ของแรงกดดันหลักสองแรงนี้ทำให้จุดสมดุลอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับขอบเขตความสามารถของคนงาน (Capability limits) และขอบเขตของความสามารถในการกู้คืนการควบคุม (Ability to recover control) ซึ่งเป็นลักษณะที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุขึ้นเอง โดยที่โปรแกรมความปลอดภัยพยายามที่จะตอบโต้แรงกดดันด้วยการกำหนดพฤติกรรมปลอดภัย (Safe behaviors) ให้ห่างจากขอบเขตเหล่านี้ ซึ่งจะต้องทำอย่างต่อเนื่องเพื่อคอยตอบโต้แรงกดดันทั้งสอง นอกจากนี้ความพยายามในการปรับปรุงความปลอดภัยของระบบนำไปสู่การปรับตัวของมนุษย์ที่ขัดแย้งการปรับปรุงด้านความปลอดภัย ดังนั้น พฤติกรรมการทำงานจึงมีแนวโน้มที่จะอยู่ใกล้กับขอบเขตของการสูญเสียควบคุม (Boundary of loss of control) ตลอดเวลา เพื่อแก้ปัญหาความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุนี้ Rasmussen เสนอว่าความพยายามในการป้องกันอุบัติเหตุควรเน้นที่การพัฒนาระบบการทำงานที่อดทนกับความผิดพลาด (Error tolerant work systems) และทำให้ขอบเขตของการสูญเสียการควบคุมมองเห็นได้และแก้ไขย้อนกลับได้ ซึ่ง Howell et al. (2003) ได้อ้างอิงความคิดของ Rasmussen นี้เพื่อกำหนดลักษณะระบบการทำงานออกเป็น 3 โซน ได้แก่ Safety zone เมื่อพฤติกรรมอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดโดยกฎความปลอดภัยจึงห่างจาก Boundary of loss of control โซนถัดมาคือ Hazard zone หรือบริเวณใกล้เคียง และ Loss of control zone คือโซนที่สูญเสียการควบคุมไปแล้ว



รูปที่ 2.1 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานโดย Rasmussen (ประยุกต์จาก Rasmussen 1997)

2.5 สถานการณ์การทำงานที่เป็นอันตราย

สถานการณ์การทำงานที่เป็นอันตราย (Hazardous work situations) หมายถึง สถานการณ์ที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดการบาดเจ็บล้มตายหรือความเสียหายต่อคนงานสามารถตรวจจับและหลีกเลี่ยงอันตรายนั้นก่อน โดยไม่ปล่อยให้ตัวเองให้เป็นอันตรายมากขึ้น ซึ่งความอันตรายขึ้นอยู่กับปัจจัยบุคคลและธรรมชาติของสถานการณ์ สิ่งที่เป็นภัยคุกคามหนึ่งคนอาจจะไม่ใช่สำหรับอีกคนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการตรวจจับและหลีกเลี่ยงอันตราย นอกจากนี้สิ่งอันตรายในสถานการณ์หนึ่งอาจไม่เป็นอันตรายในอีกสถานการณ์หนึ่ง ลักษณะและจำนวนของสถานการณ์การทำงานที่เป็นอันตรายขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้ 1 ลักษณะของกิจกรรมและบริบท 2 สิ่งที่ไม่ได้คาดการณ์ในงาน และ 3 ความพยายามด้านความปลอดภัยเพื่อควบคุมสถานการณ์ดังนี้

1. ลักษณะกิจกรรมและบริบท กิจกรรมที่หลากหลายเกี่ยวข้องกับอันตรายที่แตกต่างกัน กิจกรรมการสำรวจในไซต์งานที่ยังว่างเปล่าเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่กิจกรรมการติดตั้งโครงสร้างเหล็กมีความอันตรายมากกว่า นอกจากนี้กิจกรรมเดียวกันอาจมีความอันตรายแตกต่างกัน ขึ้นกับวิธีดำเนินการและเงื่อนไขการทำงาน แหล่งของอันตรายมีสามประการคือ เทคโนโลยีการทำงาน สภาพทางกายภาพ และกิจกรรมข้างเคียง

(ก) เทคโนโลยีการทำงาน ประกอบด้วย วัสดุและการกระทำที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ วัสดุ การกระทำที่จำเป็นต้องเพื่อให้งานสำเร็จ และผลพลอยของงานการผลิต กิจกรรมเดียวกันอาจทำได้โดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุ และการกระทำที่แตกต่างกัน ทำให้เกี่ยวข้องกับอันตรายที่แตกต่างกัน

(ข) สภาพทางกายภาพของกิจกรรม เช่น ระดับความสูง ช่องเปิดที่พื้น ร่องดิน พื้นที่ไม่เรียบ สายไฟเหนือศีรษะ และสภาพการเก็บกวาดทำความสะอาด สภาพแวดล้อมของกิจกรรมก็สร้างความอันตรายด้วย เช่น ความเย็น ความร้อน แสง การสั่นสะเทือน เสียง ไอระเหย เป็นต้น

(ค) กิจกรรมข้างเคียง ก็สร้างภัยคุกคามได้ เช่น วัตถุตก การจราจรของเครื่องจักรหนัก เศษวัสดุ กระเด็น แผนงานโครงการที่ส่งผลกระทบต่อบริบทการทำงาน ตัวอย่างเช่น งานที่ไม่ได้เรียงตามลำดับอาจเพิ่มความยากลำบากและอันตรายของกิจกรรม

จำนวนและลักษณะของสถานการณ์การทำงานที่เป็นอันตรายเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการดำเนินกิจกรรม แหล่งของความปลอดภัยบางอย่างมีมาก่อนหน้ากิจกรรมจะเริ่มต้น ขณะที่บางอย่างพัฒนาเกิดขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรม

2. สิ่งที่ไม่ได้คาดการณ์ในงาน หรือที่อยู่นอกแผนงาน อาจเพราะขอบเขตของงานแตกต่างจากที่คาด สภาพเงื่อนไขที่เกิดขึ้นจริงแตกต่างไปจากที่คาดไว้ หรืออาจมีทรัพยากรไม่ครบถ้วน ความผิดพลาดของคนงานยังเพิ่มสิ่งที่ไม่ได้คาดการณ์ในงาน เช่น ความผิดพลาดโดยคนงานคนหนึ่งอาจสร้างสภาพเงื่อนไขที่ไม่ได้คาดการณ์ให้กับคนงานอีกคนหนึ่ง สิ่งที่ไม่ได้คาดการณ์ในงานเพิ่มโอกาสการเกิดสถานการณ์ที่เป็นอันตรายและยังเพิ่มแรงกดดันในการผลิตและเพิ่มภาระงานด้วย

สิ่งที่ไม่คาดการณ์สร้างสถานการณ์ที่เป็นอันตรายได้ เนื่องจากไม่ได้จัดเตรียมทรัพยากร อุปกรณ์ กำลังคนหรือมาตรการความปลอดภัยที่จำเป็นสำหรับสิ่งที่ไม่คาดการณ์หรือสภาพที่ไม่คาดการณ์นี้ เช่น คนงานวางแผนใช้บันได 6 ฟุต แต่บางตำแหน่งงานกลับต้องการใช้บันได 8 ฟุต แม้ว่าคนงานจะวางแผนล่วงหน้าเพื่อความปลอดภัยได้ก็ตาม แต่แผนก็จะไม่เพียงพอหากมีสิ่งที่ไม่คาดการณ์ไม่ถึงนี้ นอกจากนี้สิ่งที่ไม่คาดการณ์นี้อาจจะต้องใช้ความพยายามเพิ่มมากขึ้น และทำให้เกิดงานที่ผิดจากลำดับมากขึ้น นำไปสู่ความโกลาหลและความสับสนที่มากขึ้น

สิ่งที่ไม่คาดการณ์สร้างเพิ่มภาระงานและแรงกดดันในการผลิต เนื่องจากอาจทำให้เกิดการขัดจังหวะและส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของการผลิต ทำให้ต้องแก้ไขปัญหอย่างเร่งด่วนและมีเวลาคิดไตร่ตรองน้อย ลักษณะนี้เป็นการเพิ่มแรงกดดันของการผลิตในปริมาณมหาศาลอย่างกะทันหัน แม้ว่ากิจกรรมอื่น ๆ จะไม่อยู่ภายใต้แรงกดดันนี้ แต่การแก้ไขสถานการณ์อาจทำให้ไปกระทบกับกิจกรรมอื่น ๆ ที่เหลือได้ แรงกดดันของการผลิตที่เพิ่มขึ้นอาจจะกระทบต่อคนงานที่ทำการแก้ไข ทำให้ไม่ใช้มาตรการหรือทรัพยากรด้านความ

ปลอดภัยที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ต้องทำงานที่โดยปกติต้องใช้คนสองคน ความซับซ้อนและความพลวัตของงานก่อสร้างส่วนมากเป็นผลมาจากความล้มเหลวในการวางแผนและประสานงานอย่างถูกต้อง

3. ความพยายามด้านความปลอดภัยเพื่อควบคุมสถานการณ์ มาตรการความปลอดภัยในการควบคุมสถานการณ์ คือ เครื่องป้องกันหรือจำกัดขอบเขตของแหล่งความอันตรายและป้องกันการสัมผัสกับความอันตรายต่าง ๆ เช่น พื้นที่โดยรอบสายเคเบิล ค้ายันร่อนลิก และปิดพื้นที่ที่กำลังมีการติดตั้งโครงสร้างเหล็ก ความพยายามด้านความปลอดภัยเพื่อควบคุมสถานการณ์รวมถึงการฝึกอบรมและการตรวจสอบเพื่อระบุหาสภาพความอันตราย เวลาและทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินมาตรการด้านความปลอดภัย แรงกดดันด้านเศรษฐกิจและเวลาหรือปัญหาการขาดแคลนบุคลากรอาจทำให้ผู้บริหารไม่สามารถจัดหาและรักษามาตรการด้านความปลอดภัยที่จำเป็นได้ครบถ้วน ความมุ่งมั่นและนโยบายของผู้บริหารที่สนับสนุนความปลอดภัยช่วยเพิ่มโอกาสที่ทรัพยากรความปลอดภัยและความพยายามจะได้รับการจัดหาให้เพียงพอ

2.6 พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ (Efficient work behaviors) ช่วยเพิ่มการผลิต แต่ในขณะเดียวกันก็นำคนงานไปสู่ความอันตราย ที่ซึ่งก็จะเพิ่มโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่อาจขัดขวางการผลิตและทำลายผลผลิตที่ทำได้อีกก่อนหน้า ดังนั้นภายใต้สถานะที่เป็นอันตรายจึงต้องยอมให้คนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพน้อยลงเพื่อป้องกันคนงานไม่ให้ตกอยู่สถานะเสี่ยง พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพถูกกำหนดโดย 1 แรงกดดันด้านการผลิตและภาระงานซึ่งเพิ่มพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพ 2 แนวโน้มสำหรับการกระทำที่เชี่ยวชาญซึ่งจะเป็นการเพิ่มพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพและ 3 ความพยายามด้านความปลอดภัยในการควบคุมพฤติกรรมซึ่งจะช่วยลดพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพและทำให้เกิดความเสี่ยง

1. แรงกดดันด้านการผลิตและภาระงาน กรอบความคิดของ Rasmussen แสดงให้เห็นถึงแรงกดดันด้านการผลิตและความพยายามลดภาระงานอาจทำให้คนงานหลีกเลี่ยงมาตรการด้านความปลอดภัยหรือไม่ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยหากมาตรการเหล่านี้ไปชะลอการผลิต ในทำนองเดียวกันความกดดันด้านต้นทุนอาจทำให้ผู้บริหารไม่สามารถจัดหามาตรการด้านความปลอดภัยที่จำเป็นหรือเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมได้

2. แนวโน้มสำหรับการกระทำที่เชี่ยวชาญ มีส่วนผลักดันให้คนงานเข้าไปใกล้ขอบเขตของการสูญเสียการควบคุมแม้ในกรณีที่ไม่มีความกดดันด้านการผลิตสูง คนงานเลือกใช้ทางลัดหรือใช้ความพยายามมากเกินไปเพื่อลดเวลาในการดำเนินงาน พฤติกรรมเหล่านี้มักถูกพิจารณาว่าเป็น การทำทลายความเสี่ยง คนงานที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์สูงจะพัฒนาทางลัดและเทคนิคในการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพได้ ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้มักมีการละเมิดขั้นตอนปฏิบัติที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการละเมิดประเภท Routine violations ในสถานะปกติจะทำให้เขาทำงานได้มีประสิทธิภาพสูง แต่ก็เสี่ยงต่อการนำไปสู่อุบัติเหตุ

3. ความพยายามด้านความปลอดภัยในการควบคุมพฤติกรรม เมื่อความอันตรายไม่สามารถถูกควบคุมไว้ด้วยเครื่องป้องกันทางกายภาพ ขั้นตอนความปลอดภัยต่าง ๆ จึงต้องถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการสัมผัสกับความอันตรายเหล่านั้น พฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยคือการกระทำที่ละเมิดขั้นตอนที่กำหนด โปรแกรมและแคมเปญความปลอดภัยพยายามที่จะเพิ่มการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยและรักษาพฤติกรรมการทำงานให้อยู่ในเขตปลอดภัยห่างจากขอบ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของแนวคิดนี้ คือการมองข้ามแรงผลักดันอย่างเป็นระบบซึ่งคอยผลักดันคนงานให้ไปอยู่ใกล้ขอบ ประการแรก ลักษณะพลวัตรองการทำงานไม่เอื้อให้เกิดการตัดสินใจอย่างมีสติหรือสามารถประเมินความเสี่ยงได้ คนงานที่อยู่ภายใต้สภาพการทำงานแบบพลวัตจะไม่สามารถตัดสินใจได้อย่างรอบคอบ แต่ด้วยความเคยชินและความรู้เดิม และพวกเขาไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอก (Rasmussen 1997) ประการที่สอง ความขัดแย้งในระยะสั้นระหว่างความปลอดภัยและการผลิตมักได้รับการแก้ไขไปในทางเอื้อประโยชน์ให้การผลิตเนื่องจากจะเห็นถึงผลลัพธ์ตอบแทนอย่างรวดเร็ว (Reason 1990) ประการสุดท้ายเนื่องจากพฤติกรรมของคนงานมีแนวโน้มเคลื่อนตัวไปยังขอบ ดังนั้นจำเป็นต้องรักษาแรงผลักดันด้านความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง

พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มการผลิต การผลิตที่เพิ่มขึ้นช่วยลดแรงกดดันด้านการผลิตซึ่งจะส่งผลให้ลดพฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ การผลิตยังได้รับผลกระทบจากอุบัติเหตุ โดยเมื่อจำนวนและความรุนแรงของเหตุการณ์เพิ่มขึ้น การผลิตจะลดลง

2.7 การสัมผัสกับความอันตราย (Exposure to hazards)

การสัมผัสกับความอันตรายเกิดขึ้นเมื่อพฤติกรรมการทำงานของคนงานใน "โซนอันตราย" และอยู่ใกล้กับขอบเขตของการสูญเสียความควบคุม (Boundary of loss of control) ซึ่งเหตุการณ์สามารถเกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่พนักงานจะสามารถตรวจจับและหลีกเลี่ยงอันตรายได้ การสัมผัสนี้เป็นผลมาจากพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพซึ่งนำไปสู่การละเมิดประเภท Routine violations, การละเมิดประเภท Exceptional violations, การกระทำที่เหมาะสมซึ่งอยู่ใกล้กับขีดจำกัดความสามารถของคนงาน, ความอันตรายที่ไม่รู้จัก ถ้ามีความอันตรายที่ไม่ได้ถูกบ่งชี้ไว้ก่อน คนงานก็อาจสัมผัสกับความอันตรายนั้นโดยที่ไม่รู้ตัว ตัวอย่างการสัมผัสกับความอันตราย เช่น การทำงานอยู่ในหลุมดินลึกโดยไม่มีการป้องกันดินพัง, ทำงานใกล้ช่องเปิดไม่มีการป้องกันที่ระดับความสูง, การทำงานกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ชำรุด เป็นต้น การสัมผัสกับอันตรายจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ แต่ไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุโดยอัตโนมัติ คนงานที่ทำงานอยู่ใกล้ขอบที่ไม่มีการป้องกันการตกก็ไม่จำเป็นต้องตกอย่างอัตโนมัติ สภาพที่ไม่ปลอดภัย และการกระทำที่ไม่ปลอดภัย ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ แต่อุบัติเหตุจะเกิดขึ้นเมื่อความอันตรายถูกปลดปล่อย ข้อผิดพลาดและการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานเป็นไถป็นหรือสิ่งกระตุ้น (Trigger) ที่ปลดปล่อยความอันตรายนี้

2.8 ข้อผิดพลาดและการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงาน (Errors and changes in conditions)

ข้อผิดพลาดบางอย่างไม่ได้ปลดปล่อยความอันตราย แต่ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการสัมผัสความอันตรายต่างหากที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ เช่น ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการบินจำลองไม่ได้ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ แต่ถ้าคนงานกำลังอยู่ในโซนอันตรายแล้วข้อผิดพลาดอาจผลักดันให้เขาเข้าไปสู่ขอบเขตของการสูญเสียความควบคุมและปลดปล่อยความอันตราย หากคนงานตรวจพบข้อผิดพลาดอย่างรวดเร็วพอที่จะกู้คืนสถานะการควบคุมแล้วข้อผิดพลาดก็จะไม่สามารถปลดปล่อยความอันตราย นอกจากนี้ความอันตรายยังมีการปล่อยออกมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงาน เช่น การสูญเสียเสถียรภาพของดิน หากคนงานสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วพอและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เหมาะสมกับสภาวะใหม่แล้ว ก็จะหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุได้ แต่หากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเกิดขึ้นอย่างฉับพลันเกินกว่าที่คนงานจะกู้คืนการควบคุมได้ทัน ก็จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ การจัดการข้อผิดพลาดและการรับรู้สถานการณ์ช่วยเพิ่มความสามารถในการแก้ไขข้อผิดพลาด, ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงและป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการปลดปล่อยความอันตรายได้

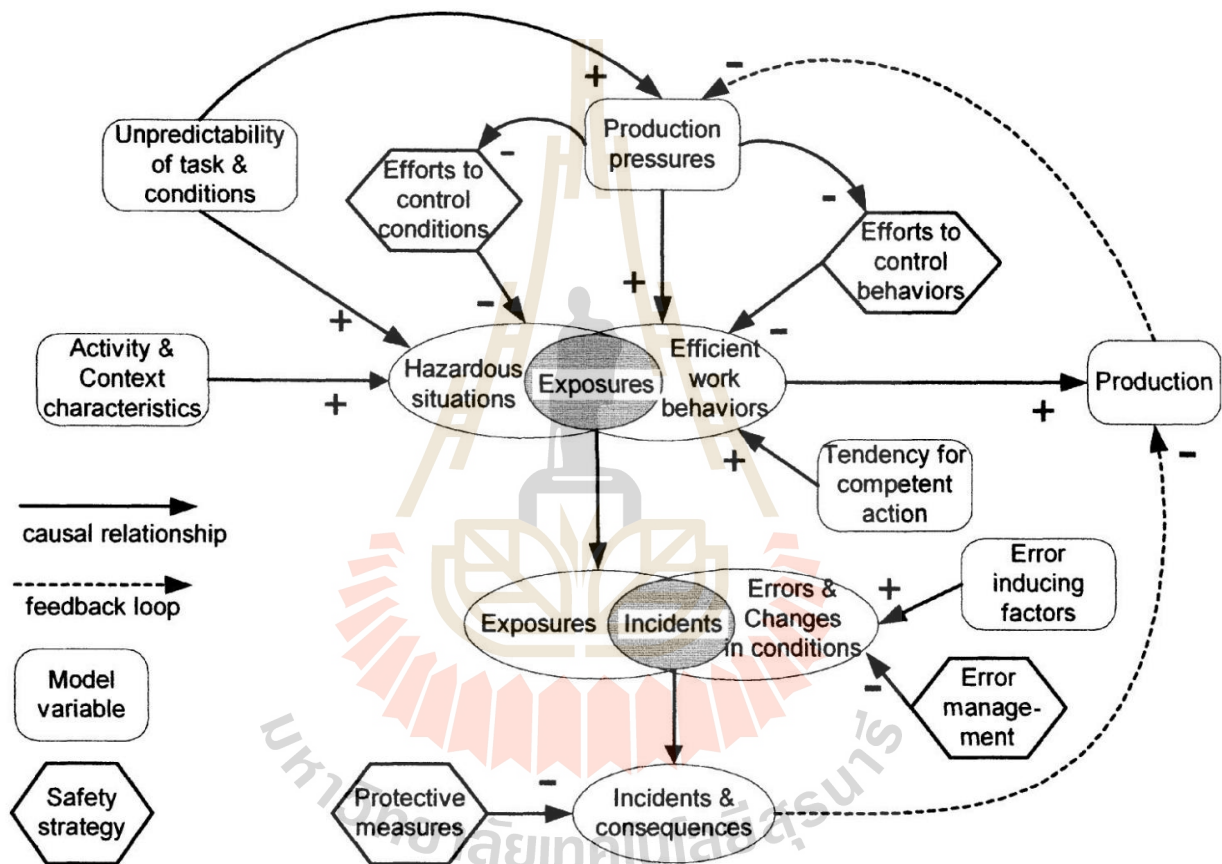
ปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาด (Error inducing factors) ความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นอยู่กับความต้องการของงาน (task demands) สภาพแวดล้อม (environment) และความสามารถของคนงาน (workers' capability) ซึ่งอธิบายได้ว่าสาเหตุของความผิดพลาดมนุษย์ ได้แก่ เหตุการณ์ภายนอก เช่น การรบกวน ความล้มเหลวขององค์ประกอบ หรือสภาพแวดล้อมทางกายภาพ, ความต้องการงานที่มากเกินไปเนื่องจากลักษณะงานและสถานการณ์, ปัจจัยที่กำหนดสมรรถนะ เช่น ภาระงาน ทักษะและปัจจัยความเครียด, ความสามารถที่ลดลง เนื่องจากเช่น ความเมื่อยล้า เป็นต้น, หรือความแปรปรวนจากสภาวะภายในของมนุษย์

การจัดการความผิดพลาด (Error management) เป็นชุดกลยุทธ์ที่ช่วยให้คนงานตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนจะเกิดผลกระทบ กลยุทธ์การจัดการความผิดพลาดสำหรับบุคคลและทีมงานมุ่งเน้นการปรับปรุงการรับรู้สถานการณ์ และการพัฒนากระบวนการของทีมที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มความตระหนักและการตัดสินใจโดยรวมของทีมงานในงานก่อสร้าง กลยุทธ์การจัดการความผิดพลาดหลักคือ การใช้ป้ายเตือนเพื่อแจ้งเตือนพนักงานเมื่อเข้าใกล้อันตราย ประสิทธิภาพของมาตรการเตือนดังกล่าวมีข้อจำกัด และประสิทธิภาพของการเตือนภัยต่ำเนื่องจากระดับเสียงโดยทั่วไปของสถานที่ก่อสร้างทำให้ความสนใจลดลง

อุบัติเหตุและผลลัพธ์ที่ตามมา (Incidents and consequences) อุบัติการณ์คือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งเป็นผลมาจากการปลดปล่อยความอันตราย โดยคนงานผู้ที่สัมผัสกับอันตรายหรือโดยคนอื่น ผลลัพธ์ที่ตามมาขึ้นอยู่กับความสูญเสีย ได้แก่ เนียด (near miss) การบาดเจ็บ หรือเสียชีวิต ถ้าคนงานสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วพอที่จะหลีกเลี่ยงอันตรายหรือขัดขวางการไหลของเหตุการณ์ได้ อุบัติการณ์นั้นก็จะเป็น

เฉียด ความสามารถในการตอบสนองขึ้นอยู่กับความเร็วของการปลดปล่อยความอันตราย เช่น เมื่อการสูญเสียการควบคุมเป็นไปอย่างกะทันหันจนไม่มีเวลาตอบโต้ ประสิทธิภาพของคนงานและความตระหนักในสถานการณ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการคาดการณ์การปลดปล่อยและดำเนินการอย่างเหมาะสม

มาตรการป้องกันคือสิ่งที่ช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลจะเพิ่มความอดทนต่อความผิดพลาดของระบบ เช่น อุปกรณ์ป้องกันการตกลงผลกระทบจากตกจากที่สูง ขนาดของการบาดเจ็บขึ้นอยู่กับปัจจัยสถานการณ์ที่อาจทำให้รุนแรงขึ้นหรือบรรเทาอาการบาดเจ็บ รวมถึงความอดทนของแต่ละคนและโชคด้วย

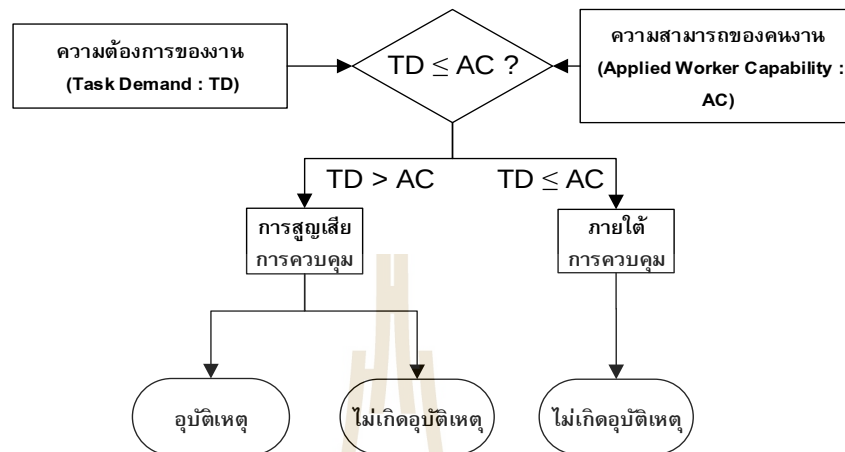


รูปที่ 2.2 แบบจำลองสาเหตุของอุบัติเหตุ (Mitropoulos et al. 2005)

2.9 แบบจำลองอินเทอร์เฟซความต้องการของงาน - ความสามารถ (Task Demand - Capacity Interface Model: TCI)

Fuller (2005) ได้เสนอแบบจำลองนี้และเป็นแนวคิดใหม่เกี่ยวกับอุบัติเหตุจากการจราจร ที่อธิบายกระบวนการชนที่เกิดขึ้น และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แบบจำลอง TCI พิจารณาเหตุการณ์ยานพาหนะชนกันว่าเป็นสถานการณ์ที่ความต้องการของงาน (Task Demands) มากกว่าความสามารถที่ใช้ (Applied Capability) รูปที่ 2.3

แสดงส่วนติดต่อ (Interface) ระหว่างความต้องการของงานเพื่อให้บรรลุผลความปลอดภัยและความสามารถในการใช้ระหว่างทำงาน เมื่อความสามารถเกินความต้องการของงาน ผู้ขับขี่จะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ แต่เมื่อความต้องการของงานเกินความสามารถ จะส่งผลให้สูญเสียการควบคุมซึ่งอาจส่งผลลัพท์ต่อมาเป็นการชน หรืออาจไม่เกิดขึ้นหากมีการดำเนินชดเชยโดยผู้ขับขี่ฝั่งตรงข้าม



รูปที่ 2.3 แบบจำลอง Task demand-Capability Interface: TCI (ประยุกต์จาก Fuller 2005)

แบบจำลอง TCI มีพื้นฐานอยู่บนทฤษฎี Risk homeostasis ซึ่งเสนอว่าผู้ขับขี่จะปรับพฤติกรรมของพวกเขาเพื่อรักษาระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หรือ Safety margins ไว้ ความต้องการของงานจะพิจารณาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ ยานพาหนะ ถนน สภาพการจราจร ความเร็ว และงานอื่น ๆ ที่ผู้ขับขี่อาจดำเนินการไปพร้อมกับการขับขี่ ความเร็วของการขับขี่มีบทบาทสำคัญในด้านความปลอดภัย ซึ่งเป็นผลจากเป้าหมายของผู้ขับขี่และพฤติกรรมส่วนบุคคล ความสามารถที่ใช้เกี่ยวข้องกับ สมรรถนะของคนขับ ระดับของความพร้อมและปัจจัยมนุษย์ ระดับของความต้องการของงานและความสามารถที่ใช้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นอกจากนี้ความต้องการของงานและความสามารถที่ใช้มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน การเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ความต้องการของงานจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนระดับของความพร้อม ซึ่งจะไปเปลี่ยนแปลงความสามารถของคนขับ ดังนั้นเพื่อรักษาการควบคุมให้ได้ ผู้ขับขี่จึงต้องต้องได้รับผลตอบกลับที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความต้องการของงานอย่างถูกต้อง ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อความปลอดภัย ได้แก่

1. แรงกดดันด้านการผลิต Hinze and Parker (1978) พบว่าความกดดันจากงานและการแข่งขันของแรงงานเกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บมากขึ้นและชี้ให้เห็นว่าการปฏิบัติงานมีความสำคัญมากกว่านโยบายด้านความปลอดภัยในการป้องกันอุบัติเหตุ Weyman et al. (2003) พบว่าหนึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อพฤติกรรมความเสี่ยงของคนงานเหมือนคือ ความกดดันด้านเวลา Rasmussen ก็เสนอแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ไปที่ขอบว่ามาจากแรงกดดันด้านประสิทธิภาพในการทำงาน

2. สภาพแวดล้อมการทำงานแบบพลวัตร Scharf et al. (2001) เสนอว่าสภาพแวดล้อมแบบพลวัตรที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเป็นคุณลักษณะสำคัญของสภาพแวดล้อมการทำงานที่เป็นอันตราย

3. ความไม่แน่นอนในงาน Mitropoulos et al. (2005) เสนอว่าความไม่แน่นอนในงานอาจทำให้เกิดการหยุดชะงัก เงื่อนไขที่ไม่คาดคิด และเงื่อนไขที่คนงานไม่ได้เตรียมตัวไว้ เมื่อรวมกับแรงกดดันด้านการผลิตซึ่งมักจะนำไปสู่การตัดสินใจทำงานที่มีความเสี่ยงและเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ

4. การออกแบบและวิธีการ แบบก่อสร้างและวิธีการทำงานก็มีส่วนสำคัญต่อความปลอดภัย Gambatese et al. (2005) ได้เสนอแนวทางการแทรกแซงทางเทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของการดำเนินงานก่อสร้างโดยเฉพาะ

5. การปฏิบัติงานของโฟร์แมน Levitt and Samelson (1993) พบว่าโฟร์แมนที่ประสบความสำเร็จใช้วิธีปฏิบัติด้านการจัดการแรงงานต่อไปนี้ การปฐมนิเทศคนงานใหม่ คอยเฝ้าระวังคนงานที่อ่อนแอ วิเคราะห์ปัญหาการผลิตกับคนงาน ตอบสนองต่อการทำงานที่ดี สร้างบรรยากาศงานที่สงบและเป็นกันเอง

6. ระบบการควบคุมการผลิต Lean Construction Institute ได้พัฒนาระบบ Last Planner (Ballard and Howell 1998) เพื่อควบคุมการก่อสร้าง ซึ่งเป็นชุดของหลักการสำหรับการวางแผนการมอบหมายงาน ผลของ Last Planner เกี่ยวกับความปลอดภัยโดย Thomassen et al. (2003) พบว่าทีมงานที่ใช้ Last Planner มีอุบัติเหตุประมาณ 45% ต่ำกว่าทีมงานอื่นในบริษัทเดียวกันที่ทำงานคล้ายคลึงกัน

นอกจากนี้ในงานก่อสร้างยังมีลักษณะของการทำงานเป็นทีม (Teamwork) เมื่อกระบวนการทำงานเกี่ยวข้องกับคนหลายคน การประสานงานของทีมงานมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานและการเกิดอุบัติเหตุ ความสัมพันธ์ของทีม Hinze (1981) รายงานว่าความสัมพันธ์ในการทำงานที่ดีกับโฟร์แมนและคนงานมีผลช่วยลดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง Iverson and Erwin (1997) พบว่าการสนับสนุนทางสังคมจากผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานช่วยลดการบาดเจ็บ ความใส่ใจของคนงานคนหนึ่งต่อความปลอดภัยของผู้อื่นในการระบุถึงอันตรายและการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัยและดำเนินการแก้ไขที่เหมาะสม (Roberts and Geller 1995) การดูแลอย่างกระตือรือร้นเพิ่มการตรวจสอบความปลอดภัยและการตรวจสอบกันเองระหว่างสมาชิกในทีม การลาออกและการขาดงาน Goodman and Garber (1988) พบความสัมพันธ์ระหว่างการขาดงานและการเกิดอุบัติเหตุในงานเหมืองแร่ Hinze (1978) พบว่าการลาออกที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่สูงขึ้นในการก่อสร้าง

2.10 แบบจำลองความต้องการงาน – ความสามารถสำหรับความปลอดภัยในการก่อสร้าง

Mitropoulos and Cupido (2009) ได้เสนอแบบจำลองความต้องการงาน – ความสามารถสำหรับความปลอดภัยในการก่อสร้าง (Task Demand – Capability Model of Construction Safety) โดยมีหลักการสามประการที่เป็นพื้นฐานของแบบจำลองนี้ ได้แก่ 1. งานก่อสร้างเป็นงานที่มีปฏิสัมพันธ์แบบพลวัตระหว่างคนงานและองค์ประกอบของงานและสิ่งแวดล้อม ความต้องการของงานที่คาดหวังหรือที่รับรู้ (Expected or perceived task demands) มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการทำงาน (Work behavior) ซึ่งจะย้อนกลับไปมีผลต่อสถานการณ์การทำงานและความต้องการของงาน 2. อุบัติเหตุเป็นผลมาจากการสูญเสียการควบคุมเมื่อความต้องการของงานเกินความสามารถ ดังนั้นโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุระหว่างการก่อสร้างขึ้นอยู่กับ Task-Capability Interface แนวคิดนี้มีที่มาจากแบบจำลองของ Fuller (2005) ที่ปฏิวัติความเชื่อต่อแบบจำลองสาเหตุของอุบัติเหตุ (Accident causation model) ที่มีมาก่อนหน้านี้ ว่าได้แก่ กระบวนการทำงาน เจื่อนไข และพฤติกรรม ที่ไม่ปลอดภัยหรือไม่เหมาะสม สำหรับแบบจำลองความต้องการของงาน - ความสามารถ นั้นความผิดพลาดไม่ได้ถูกกำหนดไว้ว่าเป็นส่วนเบี่ยงเบนจากมาตรการด้านความปลอดภัยที่กำหนดไว้ แต่เป็นความล้มเหลวของการใช้ความสามารถเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของงาน การสูญเสียการควบคุมไม่จำเป็นต้องส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บ แต่ผลที่ตามมาขึ้นอยู่กับการใช้มาตรการป้องกันและปัจจัยด้านสถานการณ์อื่น ๆ 3. การปฏิบัติงานและกระบวนการทีมของคนงานในการทำงานเป็นตัวกำหนดสถานการณ์ของงาน และโอกาสเกิดอุบัติเหตุ รายละเอียดของส่วนประกอบของแบบจำลอง ได้แก่

1. ความต้องการของงาน (Task demand) แสดงถึงระดับความยากในการปฏิบัติงานการผลิตให้สำเร็จภายใต้สภาพที่ทำงานเฉพาะและการควบคุมและหลีกเลี่ยงอันตราย ความต้องการงานรวมทั้งความพยายามทางการยศาสตร์และความรู้สึก ต้องการของงานที่มากขึ้นจะยังมีโอกาสเกิดความผิดพลาดและสูญเสียการควบคุมของการทำงานได้มาก ปัจจัยของความต้องการของงานแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ Task factors, Environmental factors, และ Work behaviors

ปัจจัยงาน (Task factors) คือความต้องการของงานเพิ่มขึ้นตามจำนวนองค์ประกอบที่ต้องควบคุมหรือความซับซ้อนของงาน ความไม่แน่นอนขององค์ประกอบเหล่านี้ และความยากลำบากในการควบคุมองค์ประกอบเหล่านี้ Scharf et al. (2001) ปัจจัยงานรวมถึงความยากลำบากในการควบคุมดูแลเครื่องมือและอุปกรณ์ (Saurin and Guimarães 2006), ข้อกำหนดในการจัดการวัสดุ (Vander Molen et al. 2004), ความใกล้ชิดกับอันตราย, สภาพของอุปกรณ์รองรับ (Hsiao and Simeonov 2001), ข้อกำหนดด้านการประสานงาน, ข้อกำหนดด้านความถูกต้องของงาน และอื่น ๆ วิธีการก่อสร้างและการออกแบบก็มีผลต่อความต้องการของงานเนื่องจากมีผลต่อวัสดุและวิธีการทำงาน และความยากในการปฏิบัติงาน มาตรการด้านความ

ปลอดภัยสามารถช่วยความต้องการของงานได้ ตัวอย่างเช่น รั้วรอบขอบชิดช่วยลดการสัมผัสอันตรายจากการตกจากที่สูง และทำให้ความยากของงานลดลง เนื่องจากลดงานการควบคุมอันตรายลงได้หนึ่งอย่าง

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental factors) อ้างอิงถึงเงื่อนไขของพื้นที่ทำงาน และรวมถึงความใกล้ชิดกับอันตรายภายนอกตัวงาน เช่น ร่องลึก, การเคลื่อนที่ของเครื่องจักร, สายไฟ เป็นต้น สภาพการดูแลทำความสะอาด เนื่องจากสภาพที่ไม่ดีจะเพิ่มความยากลำบากของงานและโอกาสการเกิดข้อผิดพลาด และสภาพอากาศ เช่น ลม ฝน ทัศนวิสัย อุณหภูมิ ความไม่แน่นอนและความแปรปรวนของสภาพที่ทำงานอาจส่งผลต่อการเพิ่มความต้องการของงานอย่างไม่คาดฝัน

พฤติกรรมการทำงาน (Work behaviors) ยังส่งผลต่อความต้องการของงาน การปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยจะช่วยลดความต้องการของงาน หรืออาจช่วยลดความไม่แน่นอน พฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ (เช่น การเร่งความเร็ว, การใช้ทางลัด) เพิ่มอัตราผลผลิตของการทำงานเนื่องจากลดเวลาทำงานลง โดยการละเว้นงานที่ไม่ก่อให้เกิดผลงาน หรือโดยการทำงานทับซ้อนกัน ซึ่งเหล่านี้อาจเพิ่มความต้องการของงาน ตัวอย่างเช่น คนงานสองคนอาจตัดสินใจที่จะทำงานแยกกันอย่างอิสระ แทนที่จะทำงานร่วมกันเพื่อการประหยัดเวลา จึงเป็นการเพิ่มความต้องการของงานให้กับแต่ละคน

2. ความสามารถที่ใช้ (Applied capability) หมายถึงความสามารถในการรับมือกับความต้องการของงานและซึ่งขึ้นอยู่กับ 1. ความเชี่ยวชาญของคนงาน (Competency of worker) รวมถึงประสบการณ์ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน การฝึกอบรม ทักษะ และสภาพร่างกาย 2. ปัจจัยของมนุษย์ (Human factors) ที่ลดความเชี่ยวชาญ ของบุคคลลง สภาพของจิตใจ 4. สภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ ได้แก่ ความเร่งรีบ ความเมื่อยล้า ความหงุดหงิด และความพึงพอใจ (Threlfall 2000) 3. ระดับการกระตุ้นและความสนใจ (Level of activation and attention) ที่ให้กับงานและความอันตราย ความสนใจเป็นทรัพยากรที่มีจำนวนจำกัด ความต้องการหลายอย่างเนื่องจากความซับซ้อนของงาน จะลดความสนใจไปที่ความต้องการเดียวใด ๆ และการรบกวนสามารถหันเหความสนใจไปจากงานหรือความอันตราย Distraction theory ของ Hinze (1997) อธิบายว่าการให้ความสนใจไปที่การผลิตสามารถเป็นการทำให้ความสนใจไปความอันตรายลดลง ความสามารถที่ใช้จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาสามารถลดลงได้เนื่องจากความเมื่อยล้าหรือสามารถเพิ่มได้โดยการเพิ่มระดับการกระตุ้น

3. สถานการณ์การทำงานและศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุ (Work situations and potential for accident) ผลงานที่ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องใช้ความสามารถให้เกินกว่าความต้องการของงาน การสูญเสียการควบคุมเป็นผลมาจากความต้องการของงานที่เกินกว่าความสามารถที่ใช้ ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการของงานอย่างกะทันหัน หรือความต้องการของงานที่ไม่ได้คาดคิด หรือความสามารถลดลง การประเมินผลที่ถูกต้องและความคาดหวังต่อสถานการณ์การทำงานและระดับความต้องการของงานเป็นสิ่ง

สำคัญ ปัจจัยที่สร้างความต้องการของงานแตกต่างกันจึงต้องมีวิธีตอบสนองต่างกันตามที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ในสภาพการทำงานที่มีความพลวัตสูง จึงกำหนดให้มีผู้ที่คอยประเมินสถานการณ์อยู่ตลอดเวลา จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับมือได้ สำหรับงานที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนสูง การกำหนดให้มีคนงานที่มีประสบการณ์สูงเป็นผู้ที่สามารถคาดการณ์และตอบสนองต่อความต้องการของงานได้ดีขึ้น ความต้องการของงานที่เกิดจากภาระงานที่หนักสามารถจัดการได้โดยการเพิ่มคนงานเข้าไปช่วยทำงาน

4. แนวปฏิบัติในการผลิตที่มีผลต่อความต้องการของงานและความสามารถ (Production practices affecting task demands and capabilities) กระบวนการทำงานและทีมงานมีผลต่อทั้งอัตราผลิตและโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุได้แก่ การวางแผน เนื่องจากความไม่แน่นอนสร้างการรบกวนให้กับกระบวนการทำงานตามปกติที่ควรจะเป็น ความไม่ปกตินี้อาจส่งผลให้เกิดงานเพิ่มเติม ความต้องการของงานที่สูงขึ้น เพิ่มแรงกดดันในการผลิต หรือการจัดสรรทรัพยากรใหม่ และความไม่พอดีกันระหว่างความสามารถและความต้องการของงาน การวางแผนจะช่วยลดความไม่แน่นอนและส่งผลให้ลดความต้องการของงานโดยรวมลง การแบ่งงาน การแบ่งงานออกเป็นขอบเขตงานของแต่ละคน เป็นการกำหนดความต้องการของงานและความสามารถที่จำเป็นต้องใช้สำหรับบุคคลนั้น นอกจากนี้ยังกำหนดการพึ่งพาระหว่างงานและความจำเป็นของการประสานงาน ขั้นตอนการประสานงานจะกำหนดว่าคนงานทำหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ดีเพียงใด การแจกจ่ายงานเป็นการกำหนดปริมาณงานและกำหนดความสามารถของคนงานจับคู่กับความต้องการของงาน แรงกดดันด้านการผลิต ภาระงานและแรงกดดันในการผลิตมีผลต่อพฤติกรรมการทำงานและประสิทธิภาพการทำงาน Rasmussen (1997) ระบุว่าคนงานมีแนวโน้มที่จะลดภาระงานให้มากที่สุดเป็นปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้คนงานอยู่ใกล้ขอบ แรงกดดันด้านการผลิตอาจเป็นผลมาจากเหตุผลหลายประการ เช่น การตั้งเป้าหมายเชิงรุก ความแปรปรวนของกำลังคน ปัญหาตารางเวลา ฯลฯ การลาออกและการขาดงานก็สร้างผลกระทบต่องานได้เช่นกัน การตรวจสอบและควบคุมประสิทธิภาพ หมายถึงกลยุทธ์สำหรับตรวจสอบสถานะของระบบงาน และการป้องกันข้อผิดพลาดในการผลิตและข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ในการก่อสร้าง มีกระบวนการหลายอย่างที่คอยลดประสิทธิภาพการทำงานเมื่อเวลาผ่านไป และคอยเพิ่มความต้องการของงานอย่างเป็นระบบ และลดความสามารถของคนงาน และคอยผลักดันคนงานไปอยู่ใกล้ขีดจำกัดความปลอดภัย หรือการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่าง ๆ การละเลยการเก็บกวาดทำความสะอาด การกระทำของคนอื่น ๆ ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงขีดจำกัดความปลอดภัย ความเหนื่อยล้าของคนงาน ความสนใจที่ลดลง และแรงกดดันของการผลิตที่อาจนำไปสู่การยอมแลกกับความปลอดภัย

5. กระบวนการของทีมงานที่มีผลต่อความต้องการและความสามารถของงาน (Team processes affecting task demands and capabilities) พฤติกรรมการทำงานเป็นทีมมีอิทธิพลต่อความต้องการและความสามารถของงาน ได้แก่ การวางแผนงานของทีมงานสร้างแบบจำลองทางจิตที่ใช้ร่วมกันและเพิ่มความเข้าใจ

เกี่ยวกับสถานะของระบบรวมทั้งงานและความต้องการของแต่ละคน พฤติกรรมการประสานงานกัน มีการเสนอและการยอมรับความช่วยเหลือระหว่างกันเป็นการช่วยลดภาระงานและความต้องการงานลง คำเตือนและคำแนะนำช่วยเพิ่มความตระหนักถึงปัจจัยและสภาพของงาน การตรวจสอบกันเองสำหรับการดำเนินการที่สำคัญต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพการทำงาน ช่วยลดข้อผิดพลาด นอกจากนี้ยังช่วยให้ตรวจพบความสามารถที่ลดลง เช่น ความล้า เป็นต้น ความกระตือรือร้น ช่วยให้สมาชิกในทีมสามารถชี้ให้เห็นถึงภัยคุกคามต่อการผลิตและความปลอดภัยและป้องกันหรือแก้ไขข้อผิดพลาด ความตั้งใจในการสื่อสารจะช่วยหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดหากการกระทำของสมาชิกคนหนึ่งไม่ได้รับการสนับสนุนด้วยความรู้ของสมาชิกอีกฝ่ายหนึ่ง การจัดการคนงานที่มีประสบการณ์น้อยให้สมาชิกที่มีประสบการณ์มากกว่าคอยดูแล เนื่องจากคนงานใหม่จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่า และอัตราการลาออกสูงทำให้เกิดคนงานใหม่ในทีมอย่างต่อเนื่อง

2.11 แบบจำลองประชาชนเกี่ยวกับพฤติกรรมของคนงานก่อสร้าง

“ประชาชน” หรือ “ปรีชา” หรือ “การรับรู้” (Cognition) หมายถึงการกระทำหรือกระบวนการทางใจเพื่อให้ได้ความรู้ความเข้าใจผ่านความคิด ประสบการณ์ และประสาทสัมผัส รวมทั้ง ความรู้ การใส่ใจ ความจำ การประเมินตัดสินคุณค่าความสำคัญ การหาเหตุผลพร้อมการคำนวณ การแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ความเข้าใจ การใช้ภาษา ให้สังเกตว่า ประชาชนของมนุษย์มีทั้งแบบ “ได้สำนึก” และ “เหนือสำนึก” เป็นไปในเรื่องทั้ง “รูปธรรม” และ “นามธรรม” ทั้งแบบ “รู้เอง” (intuitive) เช่น การรู้ภาษา และแบบ “นึกคิด” (conceptual) เช่น การรู้หลักภาษา กระบวนการทางประชาชนทั้งใช้ความรู้ที่มีอยู่และสร้างความรู้ใหม่ ๆ ประชาชนจึงเป็นเรื่องเกี่ยวกับกระบวนการคิดและการให้เหตุผล ซึ่งต่างจากการศึกษาแบบพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) ที่มุ่งเน้นพฤติกรรมที่สังเกตได้เท่านั้น โดยมีได้สนใจกับกระบวนการคิดหรือกิจกรรมทางเขาว์ปัญญาของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งที่นักจิตวิทยาประชาชนพิจารณาว่าจำเป็นต้องศึกษา เป็นการให้ความสำคัญต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าภายนอกที่ได้จากประสาทสัมผัสต่าง ๆ กับสิ่งเร้าภายในซึ่งก็คือกระบวนการทางประชาชนที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ (th.wikipedia.org 2018)

Fang et al. (2016) อธิบายระบบกลไกของพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างด้วยแบบจำลองประชาชนเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของพนักงานก่อสร้าง (Cognitive model of construction workers's unsafe behaviors) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. Obtaining information 2. Understanding information 3. Perceiving responses 4. Selecting response และ 5. Taking action ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การได้รับข้อมูล (Obtaining information) เป็นขั้นตอนแรก แสดงถึงการค้นหาและการตรวจหาศักยภาพของความอันตรายจากภายนอกด้วยความช่วยเหลือจากประสบการณ์ของตนเอง ภายใต้ข้อจำกัดที่มีข้อมูลที่รับมาแล้วจะถูกประมวลผลต่อไป องค์ประกอบพื้นฐานสำหรับการได้รับข้อมูล ได้แก่

Working memory และ Long-term memory, WM คือพื้นที่ทำงานของจิตใจเพื่อเก็บและประมวลผลข้อมูล ทั้งการจัดเก็บและการประมวลผลร่วมกันและการแข่งขันสำหรับขีดความสามารถของ WM WM เป็นพื้นที่ที่กระบวนการประสานส่วนใหญ่ของคอนงานเกิดขึ้น WM จัดระเบียบข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด ลบทิ้งข้อมูลที่ไมจำเป็นและส่งต่อผลการประมวลผลไปยังขั้นตอนถัดไป ส่วน LM ของคอนงานเป็นที่เก็บประสบการณ์และความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ได้รับมาก่อนหน้านี้

ทรัพยากรความสนใจ (Attention resources) ความสนใจเป็นทรัพยากรประสานที่มีอยู่อย่างจำกัดที่ถูกจัดสรรให้กับกิจกรรมประสาน ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมการทำงานหลายอย่างพร้อมกันจึงทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง นอกจากนี้ความสนใจยังถูกรักษาให้อยู่ในระดับคงที่ได้ยาก เนื่องจากต้องใช้ความพยายามทางร่างกายและจิตใจ

ตัวกรองภายนอกและตัวกรองภายใน (External filter and internal filter) คนสามารถตรวจจับข้อมูลทั้งโดยตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจ การได้รับข้อมูลจะต้องผ่านกระบวนการกรองมาไม่มากนักน้อย การกรองขั้นแรกคือตัวกรองภายนอกที่ทำหน้าที่ก่อนที่ข้อมูลจะถูกรับโดยอวัยวะที่รับรู้ความรู้สึก ได้แก่ เสียงรบกวนและมุมมองภาพ จากนั้นถ้าข้อมูลได้รับโดยตั้งใจก็จะตรงไปที่ WM เพื่อการประมวลผล แต่ถ้าได้รับโดยไม่ได้ตั้งใจก็ต้องผ่านตัวกรองขั้นที่สองคือตัวกรองภายใน ได้แก่ ความสนใจแบบคัดเลือก ความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่จำกัด ความสำคัญของข้อมูลต่ำ หลังจากนั้นข้อมูลที่ได้รับโดยไม่ได้ตั้งใจเหล่านี้จะไป WM

การเรียกคืนสภาวะเดิม (Calling conditions) WM ไม่มีการเข้าถึงข้อมูลที่เก็บไว้ใน LM โดยตรง อย่างไรก็ตาม WM สามารถดึงข้อมูลด้วยการเรียกคืนสภาวะเดิม หรือกระตุ้นความรู้สึก (evoking stimulus) กลไกพื้นฐานในการเรียกข้อมูลคือ similarity-matching และ frequency-gambling โดยที่ similarity-matching หมายถึงประสบการณ์หรือความรู้ที่ตรงกับการเรียกคืนสภาวะเดิมจะทำให้เกิดการเรียกใช้ได้ง่าย frequency-gambling จะใช้ประสบการณ์หรือความรู้ที่ถูกเรียกใช้บ่อย เพื่อการเรียกคืนสภาวะเดิมเข้าสู่ WM ในกระบวนการประสาน

สภาวะเริ่มต้นของการได้รับข้อมูล (Start modes of obtaining information) ข้อมูลในประสานของคอนงานสามารถหาได้จากทั้งภายในและภายนอก เริ่มแรกคอนงานได้รับข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมภายนอก และในระหว่างการประมวลผลข้อมูลคอนงานจะได้รับข้อมูลจาก LM ดังนั้นการได้รับ

ข้อมูลจะเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะการเริ่มต้นสามารถแบ่งออกเป็นสองโหมด:

การค้นหาโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ ในการค้นหาโดยตั้งใจข้อมูลจากภายนอกจะเข้าสู่ WM ผ่านตัวกรองภายนอก ในขณะที่การค้นหาโดยไม่ตั้งใจจะเข้ามาผ่านตัวกรองทั้งภายนอกและภายใน การค้นหาโดยตั้งใจเริ่มขึ้นเมื่อคนงานตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นและตื่นตัวสำหรับการค้นหาอันตรายและการเฝ้าดูสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น คนงานที่มีประสบการณ์มักจะรู้ว่าอันตรายอยู่ที่ใดและจะรู้วิธีค้นหา ในขณะที่คนงานที่ไม่มีประสบการณ์มักจะไม่ทราบว่าจะหาอะไร

ความล้มเหลวในการได้รับข้อมูลเกิดขึ้นได้ ถ้าคนงานคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมรอบตัว พวกเขามักจะตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ ข้อมูลต้องได้รับการรับรู้ผ่านสายตาและการได้ยิน ดังนั้นข้อมูลความเป็นอันตรายที่ไม่ผ่านตัวกรองภายนอกอาจเป็นเพราะสิ่งกีดขวางทางสายตาหรือเสียง เช่น ความเสี่ยงที่ซ่อนอยู่เนื่องจากความไม่เป็นระเบียบของไซต์งาน เสียงดังในบริเวณดังกล่าวขัดขวางไม่ให้คนงานสังเกตถึงอันตรายอันตรายที่มีขนาดเล็ก หรือมีจุดบอดสายตาที่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ดีในอุปกรณ์บางอย่าง ความเหนื่อยล้าก็นำไปสู่ความล้มเหลวของการค้นหาโดยตั้งใจได้ และอันตรายบางอย่างไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยตาเปล่า

2. การทำความเข้าใจข้อมูล (Understanding information) หลังจาก WM ได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วขั้นตอนที่สองของประชาชนคือทำความเข้าใจข้อมูล ในขั้นตอนนี้คนงานจะสร้างการตอบสนองใน WM ซึ่งสามารถแปลข้อมูลความอันตรายเป็นปัญหาหรือเป้าหมายได้ คนงานประเมินความอันตรายและเข้าใจลักษณะของมัน ตัวอย่างเช่น ถ้าคนงานค้นพบช่องเปิดที่ไม่มีการป้องกัน โดยการทำความเข้าใจกับข้อมูลนี้คนงานจะตระหนักว่าช่องเปิดนี้เป็นสิ่งที่อันตรายและควรหลีกเลี่ยง

3. การรับรู้การตอบสนอง (Perceiving responses) ในขั้นตอนนี้ WM จะมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น หากปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้และถูกตรวจพบว่าซับซ้อน กลยุทธ์ที่คัดเลือกจะนำมาใช้แก้ปัญหาต่อไป การเลือกกลยุทธ์ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากประสบการณ์ส่วนตัว ขั้นตอนของการทำความเข้าใจข้อมูลและการรับรู้การตอบสนองนี้อาจเกิดขึ้นแบบกลับไปกลับมา จนกว่าจะได้คำตอบที่เป็นไปได้สำหรับแก้ปัญหา

กระบวนการประชันสองขั้นตอนแรกนี้มีลักษณะเป็นวงจร ความล้มเหลวในขั้นตอนหนึ่งจะส่งผลต่ออีกขั้นตอนหนึ่ง โดยที่การขาดความรู้หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอันตรายที่ประสบอยู่นำไปสู่ความล้มเหลวของการทำความเข้าใจข้อมูล

4. การเลือกการตอบสนอง (Selecting a response) ในขั้นตอนนี้การตอบสนองอย่างใดอย่างหนึ่งจะถูกเลือก การคัดเลือกขึ้นอยู่กับประสบการณ์ว่าการตอบสนองใดจะสอดคล้องกับแรงจูงใจในปัจจุบันของคนงานได้ดีที่สุด แรงจูงใจมีรากในจิตวิทยา พฤติกรรม ประชาชน และสังคม ซึ่งเป็นแรงขับภายในของคนที่ยังผล

ต่อพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่แสดงออกมา แรงจูงใจเกี่ยวกับประเด็นนี้มีสองประเภทคือ Safety-only motivation หรือ Comprehensive motivation โดย Safety-only motivation จะเลือกการตอบสนองที่ทำให้เกิดความปลอดภัยว่าเป็นการตอบสนองที่ดีที่สุด ส่วน Comprehensive motivation เป็นลักษณะที่คนงานมีแรงจูงใจอื่น ๆ นอกเหนือจากความปลอดภัย เช่น ต้องการผลผลิตสูง ต้องการความสัมพันธ์ที่ดี

ความล้มเหลวของการเลือกการตอบสนอง ที่เลือกการละเมิดเกิดจากปัจจัย 3 ปัจจัยคือ ทักษะคติบรรทัดฐาน และการควบคุมพฤติกรรม บุคคลคนหนึ่งอาจมีความเชื่ออยู่หลากหลายด้านซึ่งส่งผลให้แสดงออกมาเป็นพฤติกรรม ถ้าคนงานมีทัศนคติที่ดีต่อพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยว่าสามารถทำให้ทำงานได้เร็วขึ้นและสบายขึ้นมากกว่าการทำงานอย่างปลอดภัย ถ้าคนงานได้รับแรงกดดันด้านการผลิตมาก พวกเขาก็จะมุ่งเน้นไปที่อัตราการทำงานมากกว่าความปลอดภัย ในบางกรณีพฤติกรรมของคนงานก็เป็นไปตามบรรทัดฐานของกลุ่ม ถ้าหัวหน้าหรือเพื่อนร่วมงานสนับสนุนหรือเห็นดีเห็นงามกับพฤติกรรมบางอย่าง พวกเขาก็มักจะเลือกที่จะตอบสนองอย่างสอดคล้อง คนงานอาจจะประเมินความสามารถของตนเองมากเกินไปจนไม่สามารถจัดการความอันตรายได้

5. การดำเนินการ (Taking action) คือการสิ้นสุดกระบวนการประชาชน การตอบสนองจะถูกนำไปดำเนินการ

กลไกการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน (Mechanism of workers' unsafe behaviors) ที่พิจารณาบนพื้นฐานของกระบวนการประชาชนข้างบนนี้ ในบริบทของงานก่อสร้างเมื่อต้องเผชิญกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้น คนงานควรจะสามารถใช้พฤติกรรมที่ปลอดภัยเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุได้ อย่างไรก็ตามหากเกิดความล้มเหลวทางประชาชนขึ้นในขั้นตอนใด ๆ คนงานจะไม่สามารถบรรลุเป้าหมายความปลอดภัยได้

2.12 สรุปการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง สามารถสรุปเป็นประเด็นหลักเพื่อนำไปใช้พัฒนางานวิจัยของโครงการนี้ต่อไป ดังต่อไปนี้

1) ปัจจุบันการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างมีจุดมุ่งเน้นที่การออกกฎและข้อบังคับต่าง ๆ เพื่อให้คนงานปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด แต่หลักการดังกล่าวยังได้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าพอใจนักเนื่องจากธรรมชาติของงานก่อสร้างมีความพลวัตสูง มีสถานการณ์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้การสร้างกฎและข้อบังคับเพื่อให้ครอบคลุมทุกสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นเป็นไปได้ยาก และที่สำคัญคืออาจไม่ได้รับความร่วมมือปฏิบัติตามจากคนงานอย่างแท้จริง แนวคิดใหม่ที่มุ่งเน้นที่กระบวนการประชาชนสามารถอธิบายกลไกพฤติกรรมการทำงานที่เกิดขึ้นจริงของคนงานได้เป็นอย่างดี พฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานและข้อผิดพลาดของมนุษย์ที่เกิดขึ้นเป็นองค์ประกอบหลักที่ส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุ/เหตุการณ์และความสูญเสียในที่สุด การสร้าง

แบบจำลองบนพื้นฐานหลักการประชานนั้นสามารถแสดงกลไกการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์ด้วยการวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการคิดของมนุษย์ จึงสามารถวางไว้เป็นตัวช่วยในการสร้างเครื่องมือในการจัดการความปลอดภัยได้ดี

2) งานวิจัยเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างมีความหลากหลายและจำนวนมาก ส่วนหนึ่งมีเป้าหมายที่จะบ่งชี้ปัจจัยสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ได้เสนอปัจจัยที่แตกต่างกันจำนวนมาก พบว่าสามารถจัดกลุ่มปัจจัยเหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือ กลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับงาน และที่เกี่ยวข้องกับคนงาน งานวิจัยของ Mitropoulos et al. (2009) และ Fuller (2005) นำเสนอแบบจำลองอุบัติเหตุบนพื้นฐานความเข้าใจกระบวนการประชานนั้นแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างนั้นเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มปัจจัยด้านความต้องการของงานและกลุ่มปัจจัยด้านความสามารถของคนงาน

3) งานวิจัยด้านความปลอดภัยได้นำเสนอแบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง มุ่งเน้นการพัฒนาตัวชี้วัดเพื่อการประเมินความเสี่ยงของอุบัติเหตุ แต่ยังขาดการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการทำนายอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถใช้เป็นการแจ้งเตือนได้



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ด้วยปัจจัยองค์ประกอบด้านความต้องการของงาน (Task Demands) และความสามารถของคนงาน (Worker Capabilities) ที่สัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง มีขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

1. การสร้างกรอบแนวคิดของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง
2. การกำหนดปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้น
3. การคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบ
4. การหาค่าน้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบ
5. การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง
6. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์
7. การเก็บข้อมูลในสนาม

โดยกรอบแนวคิดของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 ก่อนหน้านี้และอ้างอิงทฤษฎีการเกิดอุบัติเหตุแนวคิดใหม่บนพื้นฐานกระบวนการประชานของคนงานด้วยแบบจำลองปฏิสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงานและความสามารถของคนงาน (Task Demand-Worker Capability Interface: TCI) ที่ประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างโดย Mitropoulos และ Cupido (2009) และที่ประยุกต์ใช้ในการขับขีพาทะหนะของ Fuller (2005) ที่อธิบายการเกิดอุบัติเหตุว่าเป็นสถานการณ์ที่ความต้องการของงาน (Task Demands: TD) เกินกว่าความสามารถของคนงาน (Applied Worker Capabilities: AC) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งความสมดุลระหว่าง Task Demands และ Applied Worker Capabilities นี้เองที่กำหนดสถานะการควบคุมสถานการณ์ กล่าวคือเมื่อใดก็ตามถ้าความต้องการของงานไม่มากกว่าความสามารถในการทำงานนั้นแล้ว ($TD \leq AC$) สถานการณ์นั้นจะอยู่ภายใต้การควบคุม (Under control) ของผู้ปฏิบัติงานได้และสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยไม่เกิดอุบัติเหตุ แต่กลับถ้าหากความต้องการของงานเกินกว่าความสามารถ ($TD > AC$) ก็จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียการควบคุมสถานการณ์ (Loss of control) นั้นและอยู่ในสถานะของความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุขึ้นในที่สุด หรือหากมีการกระทำผิดอื่น ๆ ก็อาจจะไม่เกิดอุบัติเหตุขึ้น และเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดระดับผลกระทบหลายระดับ

สภาวะของที่สูญเสียการควบคุม มีโอกาสในการเกิดและไม่เกิดอุบัติเหตุ ในกรณีที่ไม่มีเกิดอุบัติเหตุ นั้นจะเป็นสถานการณ์ที่คนงานปฏิบัติงานโดยมีประสิทธิภาพที่ต่ำและอยู่ในสภาวะของความเครียดที่มีโอกาสจะประสบอุบัติเหตุได้ตลอดเวลา แต่ถ้าเมื่อไรที่ความต้องการของงานน้อยกว่าความสามารถในการทำงาน กิจกรรมนั้นก็ไม่มีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ หรืองานนั้นง่ายกว่าความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน และยังส่งผลถึงโอกาสของการปรับปรุงผลิตภาพ (Productivity) ของกระบวนการทำงานของงานดังกล่าวได้ดีขึ้นอีก โดยยังคงความปลอดภัยในการทำงานอยู่ด้วย ซึ่ง Sooksil and Benjaoran (2014) ได้นำแบบจำลองที่ได้จากการนำหลักการสมดุลความปลอดภัยระหว่างความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นคนงานก่อสร้างในโครงการก่อสร้างอาคารสูงที่เคยประสบอุบัติเหตุระหว่างการทำงานจำนวน 15 ราย และพบว่าหลักการดังกล่าวนี้มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

บทนี้จะอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนที่เหลื้ดไปของการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 การกำหนดปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้น

ปัจจัยองค์ประกอบในแบบจำลองที่จะพัฒนาขึ้นนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) และปัจจัยความสามารถของคนงาน (C) โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทบทวนงานวิจัยต่าง ๆ พบงานวิจัยที่น่าสนใจที่นำเสนอปัจจัย TD และ C ที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง Mitropoulos and Cupido (2009); Haslam et al. (2005); และ Loughborough University and UMIST (2003) ซึ่งเก็บข้อมูลจากการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ของผู้ซึ่งมีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลายในงานก่อสร้างโดยทำการอภิปรายและเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง แล้วทำการตรวจสอบสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุรวมทั้งหมด 100 เหตุการณ์พร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของผลที่จะตามมาของแต่ละเหตุการณ์ จากการศึกษาพบว่ามากกว่า 1 ใน 3 ของเหตุการณ์ทั้งหมดมีศักยภาพที่จะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุถึงขั้นเสียชีวิต และ 2 ใน 3 ของเหตุการณ์ทั้งหมดมีศักยภาพที่จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บขั้นรุนแรง สาเหตุที่เป็นปัจจัยหลักในการเกิดอุบัติเหตุจำนวน 100 เหตุการณ์นั้นมีทั้ง (ก) ปัจจัยที่เกิดขึ้นจากคนงานและทีมคนงานเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมการทำงานและความสามารถของคนงาน (ข) ปัจจัยด้านสถานที่ก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นความไม่สะอาดหรือความไม่เรียบร้อยของโครงการก่อสร้าง และปัญหาทางด้านผังโครงการและพื้นที่การทำงาน (ค) ปัจจัยทางด้านการขาดสนของอุปกรณ์ (รวมถึงไปถึงอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล : PPE) (ง) ปัจจัยทางด้านความเหมาะสมและสภาพของวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงวิธีการบรรจุภัณฑ์ของวัสดุหลักดังกล่าว และ (จ) ปัจจัยในด้านการจัดการความเสี่ยงที่เป็นสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ในการศึกษาดังกล่าวยังได้นำเสนอแบบจำลองลำดับขั้นของสาเหตุของอุบัติเหตุอีกด้วย

จากการสังเคราะห์งานวิจัยข้างต้น ได้ผลเป็นว่าปัจจัย TD มีอิทธิพลจากความต้องการทางกายภาพ และความต้องการทางประชนของงาน (Physical Demands and Cognitive Demands) ซึ่งผลักดันให้คนงานไปสู่สภาวะความเสี่ยง โดย TD สามารถแยกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยงาน (Task Factors), ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factors), และปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factors) และกระจายต่อไปเป็นปัจจัยย่อยได้รวมทั้งหมด 23 ปัจจัยย่อย สำหรับปัจจัย C มีอิทธิพลมาจากตัวของคนงานเองที่สามารถรับมือกับความยากของงานที่ทำ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors), ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors), ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors), และปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) ซึ่งทั้ง 4 ปัจจัยหลักเหล่านี้สามารถกระจายต่อไปเป็น 12 ปัจจัยย่อย

3.2 การคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบ

ปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้นจะถูกพิจารณาโดยคณะผู้ทรงคุณวุฒิด้วยกระบวนการ Delphi ซึ่งเป็นกระบวนการที่มักจะถูกนำมาใช้ในการหาปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลอง โดยทั่วไปการวิจัยเรื่องความปลอดภัยจะมีข้อสรุปบนพื้นฐานข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความคิดเห็นส่วนบุคคลหรือการระดมความคิดเห็นของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีอคติ (Biases) อยู่ด้วย ซึ่งต้องมีวิธีการบ่งชี้และจำกัดอคติเหล่านี้ที่ปนอยู่ในข้อมูลให้น้อยที่สุด (Hallowell and Gambatese 2010)

กระบวนการ Delphi ถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจหรือทำนายสถานการณ์ที่แบบจำลองทางสถิติทั่วไปไม่สามารถทำได้ (Wright et al. 1996) หลักการสำคัญของกระบวนการ Delphi มี 4 ประการ คือ การไม่เปิดเผยชื่อ (Anonymity) การทวนซ้ำหลายรอบ (Iteration) การควบคุมข้อเสนอแนะ (Controlled Feedback) และการตอบสนองของกลุ่มโดยพิจารณาค่าทางสถิติ (Statistical Aggregation of Group Response) (Rowe and Wright 1999) กระบวนการ Delphi ซึ่งเป็นวิธีการหาความคิดเห็นที่เป็นเอกฉันท์จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน มีการสำรวจตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไป ในแต่ละรอบของการสำรวจจะไม่มีเปิดเผยชื่อผู้เข้าร่วมการสำรวจให้แก่ผู้เข้าร่วมทราบ ภายหลังการสำรวจในแต่ละรอบ ผู้เข้าร่วมการสำรวจจะทราบผลคะแนนในรอบที่ผ่านมา และใช้ประกอบการพิจารณาการให้คะแนนในรอบต่อไป โดยเป้าหมายของกระบวนการดังกล่าวนั้นจะเป็นการลดความแปรปรวนและหาความเป็นเอกฉันท์ของค่าที่ถูกต้องที่สุดของกลุ่มที่สำรวจข้อมูล กระบวนการ Delphi มีประโยชน์ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลที่ต้องการได้ หรือขาดหลักฐานที่แน่ชัด และต้องการข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงใช้งานได้จริง (Hallowell and Gambatese 2010)

ข้อดีของกระบวนการ Delphi คือการลดการแปรปรวนของความคิดเห็นที่หลากหลายและพยายามให้ได้ข้อมูลที่เป็นเอกฉันท์จากกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ด้วยการใช้แบบสอบถามหลายรอบในการสำรวจข้อมูล (Raheem and Issa 2016) ข้อดีอีกประการคือการไม่มีข้อกำหนดจำนวนผู้ให้ข้อมูลในคณะผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างไรก็ตาม

จำนวนผู้ให้ข้อมูลควรเพียงพอสำหรับให้บทสรุปเป็นที่ยอมรับได้ Rowe and Wright (1999) เสนอจำนวนของผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการ Delphi ไว้ว่าควรมีน้อยที่สุด 3 คน ไปจนถึงมากที่สุด 80 คน จำนวนผู้ให้ข้อมูลที่เหมาะสมถูกกำหนดได้จากลักษณะของงานวิจัยนั้น ๆ เช่น จำนวนที่จะสามารถจัดหาได้ ความเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมาย และความสามารถของผู้ดำเนินรายการในกระบวนการ อย่างไรก็ตาม คณะผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อมูลไม่ควรใหญ่เกินไป หรือจำนวน 5 ถึง 9 คนก็เพียงพอแล้ว (Hallowell and Gambatese 2010)

โดยกระบวนการ Delphi ที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัยนี้จะช่วยควบคุมอคติจากข้อกำหนดการไม่เปิดเผยชื่อผู้ให้ข้อมูล และสามารถได้รับข้อมูลที่เป็นจริง ที่สะท้อนสภาพความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่เป็นอยู่ปัจจุบัน โดยคณะผู้ทรงคุณวุฒิด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงจะถูกคัดเลือกตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ โดยที่แต่ละท่านจะไม่ทราบว่ามีสมาชิกท่านอื่นของคณะเป็นใคร คณะผู้ทรงคุณวุฒินี้ต้องให้ข้อมูลแก่ผู้ดำเนินรายการตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไปโดยใช้แบบสอบถามที่จัดเตรียมขึ้นไว้ การวิจัยนี้วางแผนจะใช้คณะผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 10 ท่าน ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย จำนวน 5 ราย และหัวหน้าโฟร์แมน จำนวน 5 ราย โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 รายจะต้องมีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 5 ปี และผ่านการฝึกอบรมในงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมงเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน พร้อมทั้งให้นิยามในแต่ละปัจจัยที่ได้ โดยการนิยามดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ มีคะแนนเป็น (1) กลาง มีคะแนนเป็น (2) และสูง มีคะแนนเป็น (3) อ้างอิงตามงานวิจัยของ Mitropoulos and Namboodiri (2011)

3.3 การหาค่าน้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบ

ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยองค์ประกอบ เป็นค่าตัวเลขที่สะท้อนระดับอิทธิพลความสำคัญของแต่ละปัจจัยนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นที่เหลือ การวิจัยนี้เลือกใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น หรือ Analytical Hierarchy Process (AHP) ในการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ได้ถูกคัดเลือกเป็นองค์ประกอบของแบบจำลองแล้ว โดย AHP ถูกริเริ่มโดย Saaty (2008) และเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยของแบบจำลอง ซึ่งค่าน้ำหนักเหล่านี้ช่วยแสดงถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่สัมพันธ์กันอยู่ (Ai Lin Teo and Yean Yng Ling 2006) เช่น งานวิจัยของ Shapira and Goldenberg (2005) ใช้ AHP คำนวณหาค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ซึ่งเป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นจริงของระดับความปลอดภัยที่เกิดขึ้นในสถานที่ก่อสร้าง งานวิจัยของ Shapira และ Simcha (2009) ก็ได้ใช้ AHP เป็นเครื่องมือในการช่วยดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยความปลอดภัยของปั้นจั่นหอคอย (Tower Crane) ในสถานที่ก่อสร้าง ข้อได้เปรียบหลักของกระบวนการ AHP นั้นก็คือความสามารถของในการตรวจสอบและช่วยลดความไม่ลงรอยกันของการตัดสินใจในผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน ทำให้เกิดการตัดสินใจผ่านมติที่เป็นเอกฉันท์ของกลุ่มในขณะเดียวกันนั้นก็ยังช่วยลดอคติในกระบวนการตัดสินใจอีกด้วย (Aminbakhsh et al. 2013)

AHP ไม่ได้กำหนดจำนวนชั้นต่ำของผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมในกระบวนการ โดย AHP นั้นเป็นกระบวนการที่ใช้ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลในการจัดระบบการคิดของตนเพื่อทำการตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ ได้ กระบวนการ AHP ยินยอมให้แต่ละบุคคลได้ทำการทดลองในเงื่อนไขต่าง ๆ และทำการตัดสินใจในแต่ละแบบ (Saaty 2002) บางงานวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้วิธีรวมกันของวิธี Delphi และวิธี AHP และยังใช้กลุ่มผู้ชำนาญการที่ให้ข้อมูลงานวิจัยทั้ง 2 วิธีเป็นกลุ่มเดียวกัน (Moradi et al. 2014; Hsu and Chen 2007) โดยในงานวิจัยบางงานได้มีการใช้กระบวนการ Delphi ในช่วงเริ่มต้นเพื่อทำการระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงใช้กระบวนการ AHP ในขั้นตอนต่อมาเพื่อที่จะหาน้ำหนักของปัจจัยที่ได้ถูกคัดเลือกเข้ามา (Da Cruz et al. 2013)

การวิจัยนี้จะหาค่าน้ำหนักและจัดกลุ่มของปัจจัยด้วย AHP ของ Saaty (2008) โดยใช้คณะผู้ทรงคุณวุฒิด้านความปลอดภัย จำนวน 10 ท่าน ซึ่งเป็นคณะเดียวกับที่ใช้ในกระบวนการคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบของแบบจำลองสมมูลความปลอดภัยในงานก่อสร้างด้วยวิธี Delphi

3.4 การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง

เมื่อได้ปัจจัยองค์ประกอบของแบบจำลองแล้ว จึงวิเคราะห์หาอิทธิพลและความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้กับเหตุการณ์อุบัติเหตุจริงที่เกิดกับคนงานก่อสร้างจำนวน 100 คนจากอุบัติเหตุจำนวน 100 เหตุการณ์ (1 เหตุการณ์ต่อคนงาน 1 คน) โดยทำการประเมินค่าระดับความต้องการของงาน (TD) และระดับความสามารถในการทำงานของคนงาน (C) ณ ขณะที่ประสบอุบัติเหตุ โดยใช้การสัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุด้วยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น เนื่องจากการใช้แบบสอบถามนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการสอบถามคนงานในเรื่องเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Fang et al. 2006) จากนั้นจึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า TD และ C กับการเกิดอุบัติเหตุ ความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะทำให้แบบจำลองสามารถพยากรณ์อุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ รายละเอียดของแบบสอบถามที่มีรายละเอียดดังนี้

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลรายละเอียดทั่วไปของโครงการก่อสร้างที่คนงานประสบอุบัติเหตุ จำนวน 10 คำถาม และตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลรายละเอียดของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ ประกอบด้วย ชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ สัญชาติ เชื้อชาติ ประสบการณ์การทำงาน อัตราค่าจ้าง ระยะเวลาที่ทำงานกับบริษัทปัจจุบัน ประวัติการประสบอุบัติเหตุอื่นก่อนหน้า

2. ข้อมูลรายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบด้วย เวลาเกิดเหตุ ผู้เกี่ยวข้องในเหตุการณ์ ลักษณะงานกำลังทำ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ ตำแหน่งที่เกิดเหตุและสภาพแวดล้อมโดยรอบ ลักษณะของการบาดเจ็บ จำนวนวันที่ต้องหยุดงาน

3. ข้อมูลค่าระดับความต้องการของงาน ณ ขณะที่เกิดอุบัติเหตุ โดยใช้มาตรวัดค่าระดับของปัจจัยองค์ประกอบด้านความต้องการของงานทั้ง 23 ปัจจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือต่ำมีคะแนนเป็น 1, ปานกลาง มีคะแนนเป็น 2, และสูงมีคะแนนเป็น 3 ทั้งนี้อ้างอิงจาก Mitropoulos and Namboodiri (2011) โดยเป็นการถามทีละปัจจัย

4. ข้อมูลค่าระดับความสามารถในการทำงาน ณ ขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ โดยใช้มาตรวัดค่าระดับของปัจจัยองค์ประกอบด้านความสามารถในการทำงานทั้ง 12 ปัจจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ เช่นเดียวกัน คือต่ำมีคะแนนเป็น 1, ปานกลาง มีคะแนนเป็น 2, และสูงมีคะแนนเป็น 3 (Mitropoulos and Namboodiri 2011) โดยถามทีละปัจจัย

ในการเก็บข้อมูลนี้ คณะผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์คนงานที่ประสบอุบัติเหตุเป็นรายบุคคลเองโดยตรงเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล มีการอธิบายคำถามและคำนิยามที่ชัดเจนของแต่ละปัจจัยให้ผู้ตอบคำถามเข้าใจอย่างดียิ่งก่อน ตอบคำถามข้อสงสัยต่าง ๆ ของผู้ถูกสัมภาษณ์ในระหว่างการเก็บข้อมูล โดยในช่วงคำถามเกี่ยวกับระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานนั้น คนงานต้องนึกย้อนถึงเหตุการณ์ที่ตนเองได้ประสบอุบัติเหตุ เพื่อประเมินค่าระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานกลุ่มตัวอย่างจะถูกคัดเลือกจากคนงานที่ประสบอุบัติเหตุในการทำงานก่อสร้างภายในระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือนที่ผ่านมา เพื่อให้ความทรงจำเกี่ยวกับรายละเอียดของเหตุการณ์ยังคงชัดเจน

3.5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานและกระบวนการความคิดของมนุษย์มีความสลับซับซ้อนสูง ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงระหว่างค่าระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานกับเหตุการณ์อุบัติเหตุ อาจไม่เหมาะสม ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) เหมาะสมกับแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง โดยเทคนิค 2 วิธีถูกนำมาใช้กับแบบจำลองนี้ได้แก่ Logistic Regression (LR) และ Artificial Neural Network (ANN)

1. การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression: LR) เป็นรูปแบบการถดถอยที่ใช้เมื่อตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous variable) และตัวแปรต้นเป็นชนิดใดก็ได้ (Field 2009) การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยสมการพหุตัวแปรเป็นการทำนายค่าตัวแปรตามจากตัวแปรต้นหลาย ๆ ตัว เพื่อแก้ปัญหา เช่น การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม

(Discriminant Analysis) หรือการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regressions) การถดถอยโลจิสติกสามารถนำมาพยากรณ์การเกิดหรือไม่เกิดขึ้นของเหตุการณ์ (Kleinbaum 2002) โดยกำหนดค่าผลลัพธ์เป็นค่า 0 หรือ 1 ซึ่งแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างนี้จะกำหนดให้ค่า 0 หมายถึงไม่เกิดอุบัติเหตุ และค่า 1 หมายถึงเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกจะตรวจจับสัญญาณ Odds หรือความเป็นไปได้ของการเกิดและไม่เกิดเหตุการณ์ เพื่อพยากรณ์เป็นการเกิดหรือไม่เกิดเหตุการณ์นั้น โดยใช้สมการพหุตัวแปรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y และ X_n ดังสมการที่ (3.1)

$$Y = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \quad (3.1)$$

$$P = \frac{1}{1+e^{-(Y)}} \quad (3.2)$$

โดยที่ P = ความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์

C_0 = ค่าคงที่

C_i = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระที่ i

X_i = ค่าตัวแปรอิสระที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

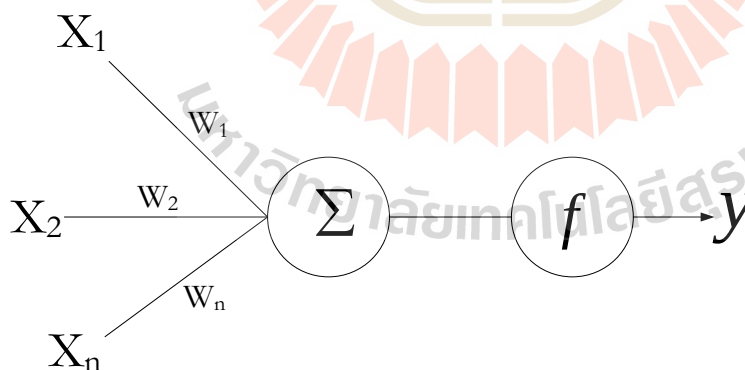
กราฟของฟังก์ชันในสมการที่ (3.2) เป็นรูปตัว S มีค่าอยู่ในช่วง (0, 1) สำหรับค่า Y ที่อยู่ในช่วง $(-\infty, +\infty)$ ฟังก์ชันนี้ไม่อยู่ในรูปเส้นตรง ขณะที่ความสัมพันธ์ของ Log of odds กับตัวแปรอิสระนั้นจะอยู่ในรูปเส้นตรง แต่จะต่างกับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตรงที่ค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้ของสมการโลจิสติกมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามที่ต่างออกไป โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้ของค่าตัวแปรอิสระนั้นจะเป็นตัวแทนของ Log of odds ไม่ใช่ตัวแทนของความเป็นไปได้ ดังนั้นในสมการที่ (3.2) ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการโลจิสติกจะถูกแสดงความสัมพันธ์ว่าการเปลี่ยนแปลงใน Log odds จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงไปหนึ่งหน่วยในตัวแปรอิสระ เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองโลจิสติกจะพยากรณ์การเกิดหรือไม่เกิดอุบัติเหตุโดยพิจารณาการตัดค่าที่ 0.5 การทำนายโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุก็จะตกในช่วง “ใช่” หรือ “ไม่” ขึ้นอยู่กับชนิดและค่าของตัวแปรอิสระ

2. เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เป็นอัลกอริทึมปัญญาประดิษฐ์ที่ได้รับแรงบันดาลใจจากระบบชีวประสาท และเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ (Rumelhart et al. 1994) โดยทั่วไปแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วยชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer) จำนวน 1 ชั้น ชั้นซ่อน (Hidden Layer) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชั้น และชั้นสุดท้ายเป็นชั้นข้อมูลส่งออก (Output Layer) จำนวน 1 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะมีกลุ่มโหนด (Node) หรือตัวแทนของเซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neural) จำนวนหนึ่งบรรจุอยู่ ซึ่งแต่ละโหนดในชั้นซ่อนจะรับการป้อนข้อมูลนำเข้าจากโหนดในชั้นข้อมูลนำเข้าจำนวน

ตั้งแต่ 1 โหนดขึ้นไป โดยที่แต่ละโหนดจะถูกคูณด้วยค่าน้ำหนัก (Weight) ประจำตัวของโหนดนั้น ๆ และรวมเข้ากับค่าอคติ (Bias) (Omran et al. 2016) ค่าน้ำหนักและค่าอคติจะถูกกำหนดขึ้นโดยการสุ่ม และจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามผลลัพธ์ของกระบวนการฝึกหัดการเรียนรู้ข้อมูล (Training Process) (Atici 2011) อัลกอริทึมการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ก็จะทำให้การปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของโหนดต่าง ๆ ในเครือข่ายที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนด จึงทำให้เครือข่ายที่สร้างขึ้นสามารถลดค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายให้เหลือน้อยที่สุด (Goh and Sa'adon 2015)

งานวิจัยที่ผ่านมาชี้แนะว่าเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิมหรือเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบอื่น ๆ เช่น Ling and Liu (2004) ชี้ว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมทำนายผลได้ดีกว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น Dvir et al. (2006) ได้สรุปว่าเครือข่ายประสาทเทียมมีพลังการทำนายมากกว่า และช่วยสืบเสาะความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลได้ในทางที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคทางด้านสถิติแบบดั้งเดิม Chua et al. (1997) ได้แนะนำว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมนั้นมีความสามารถในการทำนายผลลัพธ์ของโครงการได้โดยไม่ต้องการข้อมูลที่ครบถ้วน โดยที่ยังมีระดับความแม่นยำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เครือข่ายประสาทเทียม คือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการประมวลผลข้อมูลด้วยหน่วยเล็ก ๆ จำนวนมากที่เรียกว่า นิวรอน (Neuron) ข้อมูลจะมีการเชื่อมต่อกันผ่านการเชื่อมโยงระหว่างนิวรอน ซึ่งการเชื่อมโยงนั้นจะมีน้ำหนักร่วมอยู่ด้วย ในแต่ละนิวรอนที่เชื่อมต่อกันจะมีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Activation/Transfer Function) แก่ข้อมูลที่เข้ามาและระบุข้อมูลที่ออกไป



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณค่าในนิวรอน

แบบจำลองนิวรอนแบบ McCulloch-Pitts กำหนดการคำนวณในนิวรอนพื้นฐาน โดยให้ข้อมูลในชั้นข้อมูลนำเข้าเป็น 0 หรือ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จากนั้นจะคำนวณผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักรวมของข้อมูลนำเข้าจำนวน n ตัวที่เข้ามาหรือ $x_i = 1, 2, \dots, n$ และจะให้ค่าข้อมูลส่งออกเป็น 0 หรือ 1 สำหรับฟังก์ชันการถ่ายโอนถูกเสนอไว้อยู่หลายแบบ เช่น Linear Function, Sigmoid Function, และ Gaussian

Functions แต่ที่ใช้กันทั่วไปก็คือ Sigmoid Function (Jha and Chockalingam 2009) สมการที่ (3.3) แสดงการคำนวณของนิวรอน j ที่เป็นผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของค่าข้อมูลนำเข้า

$$net_j = \sum_{i=0}^n w_j x_i \quad (3.3)$$

ข้อมูลส่งออกของนิวรอนถูกกำหนดให้เป็นค่า y ซึ่งเป็นฟังก์ชันการถ่ายโอนของค่าผลรวมที่ได้ก่อนหน้านี้ แสดงดังสมการที่ (3.4)

$$y = f(net_j) \quad (3.4)$$

อัลกอริทึมการเรียนรู้ของ ANN หลายหลายวิธีได้ถูกพัฒนาขึ้น แต่วิธีการเรียนรู้แบบ Back-propagation Learning เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างการทำนาย (Delen et al. 2006) การเรียนรู้แบบ Back-propagation Learning เป็นการเรียนรู้แบบ Supervised Learning (การเรียนรู้แบบมีการสอนเหมือนกับการสอนนักเรียนโดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ) โดยในแต่ละรอบของการเรียนรู้ (Epoch) ประกอบไปด้วยการส่งต่อไปข้างหน้า (Forward Pass) ข้อมูลนำเข้าจะถูกป้อนเข้าสู่เครือข่ายประสาทเทียม จากนั้นเครือข่ายประสาทเทียมจะคำนวณค่าผลลัพธ์ออกมา แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายหรือค่าข้อมูลเหตุการณ์จริง ความแตกต่างระหว่างค่าผลลัพธ์กับค่าเป้าหมายจะเป็น ค่าความผิดพลาด (Error) ซึ่งจะต้องทำการส่งกลับ (Backward Pass) ไปที่เครือข่ายเพื่อทำการปรับค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างนิวรอนเพื่อที่จะทำให้ค่าความผิดพลาดน้อยลงในการคำนวณซ้ำรอบถัดไป และน้อยลงเรื่อย ๆ กระทั่งสิ้นสุด

แบบจำลอง ANN ก็จะถูกฝึกฝน (Training) ให้เรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยชุดข้อมูลนำเข้าและชุดข้อมูลส่งออก กระบวนการฝึกฝนจะเสร็จสิ้นเมื่อตัวแบบจำลองได้ผ่านการปรับแก้ค่าน้ำหนักในตัวเชื่อมโยงระหว่างนิวรอนแล้วหลาย ๆ รอบ วิธีการฝึกฝน ANN มีหลายวิธี แต่การวิจัยนี้จะเลือกใช้วิธีในกลุ่มประเภท Supervised Learning ที่นิยมแพร่หลายคือ Back-propagation โดยจะเปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าข้อมูลส่งออกที่ได้กับค่าข้อมูลเป้าหมาย หรือค่าข้อมูลเหตุการณ์จริง การประเมินผลการฝึกฝนจะใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ระหว่างค่าข้อมูลส่งออกที่ได้กับค่าข้อมูลเป้าหมาย โดยต้องมีค่าน้อยที่สุด ด้วยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างนิวรอน และอ้างอิงตามสมการที่ (3.5):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (D_i - P_i)^2} \quad (3.5)$$

โดยที่; ε = ค่า RMSE

D_i = ค่าข้อมูลเป้าหมาย สำหรับชุดข้อมูล i^{th} ที่ป้อนเข้ามา

P_i = ค่าค่าข้อมูลส่งออกที่คำนวณได้ สำหรับชุดข้อมูล i^{th} ที่ป้อนเข้ามา

n = จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในเครือข่าย

สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครือข่าย (Creditability) การวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิค 10-Fold Cross-Validation (Witten 2011) โดยเทคนิคนี้จัดแบ่งชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Set) ออกเป็น 10 ชุดข้อมูลย่อย นำชุดข้อมูลย่อยจำนวน 9 ชุดใช้ในกระบวนการฝึกฝน ชุดข้อมูลย่อยที่เหลืออีกจำนวน 1 ชุด ถูกสุ่มเลือกเพื่อแยกเก็บไว้สำหรับใช้ในการทดสอบโดยทำหน้าที่เสมือนเป็นค่าข้อมูลเป้าหมาย วิธีนี้จะทำให้สามารถหาค่า RMSE ได้ โดยกระบวนการดังกล่าวจะทำทั้งหมด 10 รอบ โดยเวียนสลับให้มีชุดข้อมูลย่อย 1 ชุด เป็นชุดทดสอบ แล้วค่าเฉลี่ยของค่า RMSE ทั้ง 10 รอบนั้น จะใช้ในการประเมินผลของการฝึกฝนเครือข่ายต่อไป วิธีนี้มีข้อดีที่ช่วยลดอคติในการเลือกชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝนและทดสอบ วิธีการนี้ยังเหมาะสมในกรณีที่มีชุดข้อมูลในการศึกษาไม่มากนัก (Goh and Chua 2013; Goh and Sa'adon 2015).

3. เปรียบเทียบการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียม

เทคนิคการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียมจะถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาแบบจำลอง โดยทั้ง 2 เทคนิคมีความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงได้เป็นอย่างดี และไม่ต้องตรวจสอบเงื่อนไขการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลที่จะวิเคราะห์ ดังที่วิธีวิเคราะห์พหุตัวแปรต้องทำ (Field 2009; Goh and Sa'adon 2015) แต่หากเปรียบเทียบกันเองระหว่างสองเทคนิคนี้ เครือข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของคนงานก่อสร้าง (Goh and Sa'adon 2015)

การถดถอยโลจิสติกนั้นให้ค่าตัวแปรตามเป็นได้แค่เพียง 2 ค่า (Dichotomy) ขณะที่ตัวแปรตามของเครือข่ายประสาทเทียมสามารถเป็นได้หลายแบบ ทั้ง 2 เทคนิคมีความสามารถในการใช้งานกับข้อมูลที่เป็นแบบเชิงคุณภาพได้อย่างดี วิธีการถดถอยโลจิสติกนั้นสามารถอธิบายระดับความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรได้เหมือนกับกระบวนการถดถอยเชิงเส้น ขณะที่เครือข่ายประสาทเทียมนั้นไม่สามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ แต่ข้อด้อยดังกล่าวได้ถูกทดแทนด้วยความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-learning) และความสามารถในการอัปเดตข้อมูลด้วยตัวเอง (Self-updating)

3.6 แบบสอบถามและการเก็บข้อมูลในสนาม

การสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลในสนามใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น งานวิจัยเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างและการสำรวจด้านจิตวิทยาและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยที่ผ่านมาเลือกใช้เครื่องมือนี้กันอย่างแพร่หลาย (Fang et al. 2006; Goh and Sa'ado 2015) แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยนี้ถูกออกแบบบนพื้นฐานของปัจจัยด้านความต้องการของงานกับปัจจัยความสามารถในการทำงาน

กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยจำนวน 120 คน ที่ยินดีให้ความร่วมมือและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกเท่านั้น เนื่องจากการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด ประณีต ใช้การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวโดยตรงกับทุกคน เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ตอบเข้าใจประเด็นในแบบสอบถามอย่างดี โดยแต่ละคนก็เป็นตัวแทนในแต่ละเหตุการณ์อุบัติเหตุหรือเหตุการณ์การปฏิบัติงาน (กรณีไม่เกิดอุบัติเหตุ) โดยตัวอย่างทั้งหมด 120 เหตุการณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเท่ากัน โดยกลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่เคยประสบอุบัติเหตุ และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ จำนวนข้อมูล 120 เหตุการณ์นี้เพียงพอต่อการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองตามที่ต้องการ เหตุการณ์อุบัติเหตุที่ทำให้เสียชีวิตนั้นไม่ได้ถูกรวมในการศึกษาครั้งนี้ และพิจารณาเฉพาะเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นภายใน 3 เดือนก่อนหน้าวันที่สัมภาษณ์เท่านั้น สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ ผู้ให้ข้อมูลจะถูกถามถึงงานที่ได้รับมอบหมายให้ทำในวันก่อนหน้าวันที่สัมภาษณ์เท่านั้น

การสำรวจเก็บข้อมูลนี้ประกอบด้วยโครงการก่อสร้างอาคารสูงจำนวน 13 โครงการ โดย 3 โครงการเป็นงานก่อสร้างของเอกชน และที่เหลือเป็นของรัฐบาล โครงการก่อสร้างเหล่านี้ถูกคัดเลือกจากการตอบรับให้เข้าเก็บข้อมูล ซึ่งการที่เก็บข้อมูลโดยไม่ได้เป็นการสุ่มเก็บข้อมูลเช่นนี้อาจทำให้เกิดความไม่ถูกต้องของผลที่ได้ ดังนั้นจะไม่มีผลอ้างอิงผลที่ได้ในงานวิจัยในครั้งนี้ว่าเป็นภาพรวมของอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Lingard et al. 2012)

แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก รายละเอียดของแบบสอบถามนี้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ส่วนที่ 1 เป็นการเก็บรายละเอียดทั่วไปของโครงการก่อสร้าง และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เก็บรายละเอียดของเหตุการณ์อุบัติเหตุ/ไม่เกิดอุบัติเหตุ โดยส่วนที่ 2 นี้แบ่งย่อยออกเป็นอีก 4 ตอน ในตอนแรกประกอบไปด้วยข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ เพศ อายุ สัญชาติ ตำแหน่งงานที่ทำ และประสบการณ์การทำงาน ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างไฟ ช่างเชื่อม และกรรมกร โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 41.27 ปี (อายุต่ำสุดที่ 15 ปีและสูงสุดที่ 60 ปี) ประสบการณ์การทำงานของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 3 เดือนไปจนถึง 30 ปี และเป็นคนไทยทุกคน สำหรับตอนที่ 2 ของแบบสอบถามเป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพเหตุการณ์อุบัติเหตุ/ไม่เกิดอุบัติเหตุ ประกอบไปด้วย งานที่ได้รับมอบหมาย วันเวลา เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ วัสดุที่ใช้ สภาพแวดล้อม (เช่น สภาพแสงสว่าง เสียง อุณหภูมิ) ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน บริเวณใดที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนวันหรือชั่วโมงที่ต้องหยุดงานเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในส่วนนี้เป็นการเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับเหตุการณ์อุบัติเหตุ/ไม่เกิดอุบัติเหตุในรูปคำถาม อะไร เมื่อไร ที่ไหน และอย่างไร ตอนที่ 3 จะเป็นคำถามการวัดปัจจัยด้านความต้องการของงานจำนวน 23 ปัจจัย และสุดท้ายตอนที่ 4 เป็นคำถามการวัดปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานของพนักงานจำนวน 12 ปัจจัย โดยทั้งตอนที่ 3 และ 4 นี้ แต่ละปัจจัยจะถูกวัดโดยมาตรวัดระดับ 5 ระดับตาม Likert Scale ที่เป็นมาตรวัดการตอบสนองทางจิตวิทยาซึ่งใช้ในแบบสอบถามเพื่อให้รับทราบระดับการโอ

เอียงหรือระดับของความเห็นด้วยของผู้ให้ข้อมูลจากชุดของคำถาม รูปแบบทางภาษา (ต่ำมาก ต่ำ กลาง สูง สูงมาก) ได้ถูกระบุด้วยค่าคะแนน 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ โดยคำนิยามทุกปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัยนี้ จะถูกอธิบายอย่างชัดเจนแก่ผู้ให้ข้อมูลในทุกครั้งที่ทำการสัมภาษณ์

ชุดข้อมูลของตัวอย่างที่เก็บได้จำนวนทั้งหมด 120 เหตุการณ์ ทั้งที่เกิดอุบัติเหตุและไม่เกิดอุบัติเหตุ จะนำไปใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยเทคนิคการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียมเป็นจำนวน 100 เหตุการณ์ เพื่อการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) และส่วนที่เหลืออีก 20 เหตุการณ์จะถูกใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง



บทที่ 4 ปัจจัยกำหนดความต้องการของงานและความสามารถของ คนงาน

บทนี้เป็นการรายงานผลการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เพื่อเป็นการกำหนดปัจจัยองค์ประกอบของแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง จากนั้นจึงคัดเลือกเอาเฉพาะปัจจัยที่มีอิทธิพล แล้วจึงหาค่าน้ำหนักของปัจจัยเหล่านี้ ขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 นี้จึงเป็นการก่อโครงสร้างของแบบจำลองขึ้น

4.1 ปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้น

แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ที่พัฒนาในการวิจัยนี้ มีแนวคิดมาจาก Rasmussen (1997) ที่อธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานที่โน้มเข้าหาขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ ซึ่งก็มีพื้นฐานมาจากหลักการวิศวกรรมประจักษ์ (Cognitive Engineering) กับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของ Fuller (2005) CWBM จะอธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานรายบุคคลที่ปรับเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขข้อจำกัดของความต้องการของงาน (Task Demand: TD) และความสามารถในการทำงาน (Capability: C) ในแต่ละสถานการณ์ โดยความเปลี่ยนแปลงของค่า TD และ C จะเป็นตัวกำหนดโอกาสเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง ซึ่ง CWBM จะใช้ทำนายว่าจะเกิดอุบัติเหตุหรือไม่

ปัจจัยองค์ประกอบของ CWBM จึงแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ปัจจัยแห่งความต้องการของงาน (Task Demand: TD) และปัจจัยแห่งความสามารถในการทำงาน (Capability: C) ของคนงานก่อสร้าง จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้รวบรวมคำจำกัดความและปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้นของสองกลุ่มนี้ ดังนี้

ความต้องการของงาน (Task Demand) คือปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดระดับของความยากในการทำงานให้สำเร็จภายใต้สภาวะการทำงาน ที่ต้องควบคุมการเกิดและหลีกเลี่ยงอันตรายไปพร้อมกันด้วย ซึ่งรวมถึงปัจจัยทางกายภาพและทางด้านจิตใจ ยิ่งความต้องการของงานมาก ยิ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดและการสูญเสียการควบคุมในระหว่างการทำงาน ความต้องการของงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปัจจัยของงาน (Task Factors) กลุ่มปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environment Factors) และกลุ่มปัจจัยข้อกำหนดของงาน (Work Setting Factors) ตัวอย่างเช่น กิจกรรมการเคลื่อนย้ายวัสดุก่อสร้างด้วยปั้นจั่น มีปัจจัยที่กำหนดความต้องการของงานนี้ ได้แก่ กลุ่มปัจจัยของงาน: น้ำหนักที่ยก ระยะทาง และมุมในการยก; กลุ่มปัจจัยสิ่งแวดล้อม: ลม ความมั่นคงของดิน พลังงานไฟฟ้า; และกลุ่มปัจจัยข้อกำหนดของงาน: ความเร็วของการทำงาน หรืองานอื่นที่ต้องทำไปพร้อมกันด้วย

ความสามารถในการทำงาน (Capability) คือปัจจัยที่กำหนดขีดความสามารถในการทำงานของ คนงานเพื่อรองรับกับความต้องการของงาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มปัจจัยสมรรถนะ (Competency Factors) กลุ่มปัจจัยความเป็นมนุษย์ (Human Factors) กลุ่มปัจจัยความใส่ใจ (Attention Factors) และกลุ่มปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) โดยที่ สมรรถนะของคนงานถูกกำหนดด้วย ประสบการณ์การทำงานในลักษณะงานเดียวกัน การฝึกฝน ทักษะ ความแข็งแรง และความพร้อมของร่างกาย ความเป็นมนุษย์ของคนงานถูกกำหนดด้วยสภาวะทางจิตใจซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อสมรรถนะในการทำงาน ของคนงานได้ เช่น ความเร่งรีบ ความล่า ความหงุดหงิด และความพึงพอใจ ความใส่ใจที่คนงานที่มีให้ต่องาน สะท้อนออกมาเป็นความระมัดระวังต่อความอันตรายในงาน และสิ่งรบกวนอื่นก็ยิ่งส่งผลต่อสมาธิในการทำงาน ที่จะให้ความใส่ใจต่อตัวงานและความอันตรายของงานลดลงได้ ผู้ควบคุมงานเป็นบุคคลที่ใกล้ชิดของคนงาน และมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของคนงาน

จากการสังเคราะห์ผลของงานวิจัยที่ผ่านมา (Haslam et al. 2005; Mitropoulos and Cupido 2009; Loughborough University and UMIST 2003) และจากผลการสำรวจความเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงจำนวน 9 ท่าน ซึ่งมีตำแหน่งเป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับ วิชาชีพและระดับบริหาร ที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยระหว่าง 6 ถึง 23 ปี ทำให้ได้ ปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้นรวม 35 ปัจจัย เฉพาะกรณีงานก่อสร้างอาคารสูง โดยเป็นปัจจัยความต้องการของ งาน (TD) จำนวน 23 ปัจจัย และความสามารถในการทำงาน (C) ของคนงาน จำนวน 12 ปัจจัย

กลุ่มปัจจัยของงาน (Task Factors) ที่อธิบายลักษณะของงานที่ได้รับมอบหมาย ประกอบไปด้วย ปัจจัยย่อย 11 ปัจจัย ได้แก่

TD1: Task Complexity ความซับซ้อนของงาน สะท้อนระดับความชำนาญของคนงานที่จะต้องใช้ในการ ทำงาน

TD2: Material Transportation การขนย้ายวัสดุก่อสร้างจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งภายในสถานที่ ก่อสร้าง ในระหว่างการทำงาน โดยเกี่ยวข้องกับเครื่องมือเครื่องจักรสำหรับการขนย้าย

TD3: Work Coordination การประสานงานกับงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ถ้างานใดต้อง ประสานงานกับงานอื่น ๆ อีกหลายงานก็จะทำให้งานนั้นเป็นงานที่ยาก

TD4: Working Space Required ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ได้จริงสำหรับการทำงานนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานนั้น ในบางครั้งพื้นที่สำหรับการทำงานก็ไม่เพียงพอแก่ความ ต้องการ ซึ่งเป็นการเพิ่มความยากของการทำงาน

TD5: Main Material Type ชนิดของวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถมีผลต่อความยากของงานได้เช่นกัน เช่น คอนกรีตที่มีการไหลต่ำกว่าที่เหมาะสม

TD6: Machines/Equipment เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีความเหมาะสม เพียงพอ หรืออยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน

TD7: Tools เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เช่นเดียวกับปัจจัยก่อนหน้านี้ ยังต้องใช้เครื่องมือมาก งานก็ยิ่งยากขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานโดยทั่วไป

TD8: Building Design แบบก่อสร้างที่ใช้มีความยากง่ายในการก่อสร้าง

TD9: Construction Methods วิธีการก่อสร้าง ไม่เพียงแต่แบบก่อสร้างที่ส่งผลกระทบ วิธีการก่อสร้างที่ไม่คุ้นเคย จะทำให้คนงานทำงานได้ยากกว่าที่ควรจะเป็น

TD10: Engineering Tolerances ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม อาจวัดในรูปของระยะคลาดเคลื่อน ขนาด หรือมิติ เป็นตัวกำหนดความเข้มงวดในการทำงาน ซึ่งส่งผลต่อความยากของงาน

TD11: Finishing-Work Quality ระดับคุณภาพของงานสถาปัตยกรรม/งานที่เสร็จสมบูรณ์ (Finishing-work) กำหนดความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน

กลุ่มปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) อธิบายถึงสภาพแวดล้อมของสถานที่ก่อสร้างของโครงการที่คนงานปฏิบัติงานอยู่ โดยสภาพแวดล้อมเหล่านี้ค่อนข้างหลากหลายและส่งผลต่อความต้องการของงาน ประกอบไปด้วยปัจจัยย่อย 6 ปัจจัย ได้แก่

TD12: Weather Conditions สภาพอากาศขณะที่ปฏิบัติงาน ที่ส่งผลต่อความรู้สึกไม่สบายตัวได้ เช่น ลม ฝน ความชื้น และอุณหภูมิ

TD13: Physical Site Conditions สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ ได้แก่ เสียง แสงสว่าง การระบายอากาศ ณ ขณะปฏิบัติงาน สภาพทางกายภาพสามารถรบกวนคนงานได้

TD14: Site Tidiness and Cleanliness ความสะอาดและความเป็นระเบียบ คุณภาพความเป็นอยู่ในโครงการก่อสร้าง และสุขลักษณะ

TD15: Work Obstacle Conditions การรบกวนจากงานอื่น ๆ ที่ทำงานในพื้นที่บริเวณเดียวกันหรือข้างเคียง ทำให้คนงานเสียสมาธิต่องานที่ตนกำลังปฏิบัติงานอยู่

TD16: Site Welfare ความเพียงพอของสวัสดิการของโครงการที่ถูกจัดหาไว้ให้บริการคนงาน เช่น น้ำดื่ม ห้องน้ำ ที่พักระหว่างเวลาพักการทำงาน ซึ่งสวัสดิการเหล่านี้จะทำให้คนงานมีความสดชื่น กระปรี้กระเปร่าในการทำงานต่อไป

TD17: Societal and Environmental Impact Awareness ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อมที่โครงการประสบอยู่ ซึ่งส่งผลให้คนงานต้องทำงานอย่างระมัดระวัง ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมรอบข้างให้น้อยที่สุด เช่น โครงการที่ตั้งอยู่ในบริเวณชุมชนที่อยู่อาศัย

กลุ่มปัจจัยข้อกำหนดของงาน (Work Setting Factors) อธิบายรูปแบบของการทำงานหรือปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มคนงานซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของงาน โดยประกอบไปด้วยปัจจัยย่อย 6 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

TD18: Work Pacing การเร่งงาน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาโครงการที่เหลื่อมตามสัญญา ถ้าโครงการมีความล่าช้าเกิดขึ้น แผนเร่งงานก็จะถูกเข้ามาใช้งาน และการทำงานก็จะยากขึ้น

TD19: Safety Rules Strictness ความเข้มงวดของการบังคับใช้กฎความปลอดภัยของโครงการ ไม่ปฏิบัติตามให้เป็นอันตรายทั้งต่อตนเองและผู้อื่น ถ้าไม่เข้มงวด งานที่ทำก็จะยากขึ้น

TD20: Crew Size ความเพียงพอของจำนวนคนงานที่ช่วยกันทำงานนั้น ถ้าจำนวนคนงานไม่เพียงพอก็จะทำให้คนงานต้องทำงานยากขึ้น

TD21: Restricted Working Hours การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน ช่วงเวลาที่คนงานสามารถใช้ปฏิบัติงาน ถ้ามีชั่วโมงการทำงานไม่เพียงพอ

TD22: Number of Commanders จำนวนหัวหน้างานที่มอบหมายงานให้คนงานนั้นทำ ยังมีคนมอบหมายงานหลายคนยังทำให้คนงานมีความสับสนในการปฏิบัติงาน

TD23: Abrupt Changes of Working Method การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน อย่างไม่คาดคิดหรือทันทีทันใด

กลุ่มปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors) สะท้อนสมรรถนะรวมภายในตัวคนงาน ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยย่อย 3 ปัจจัย ได้แก่

C1: Work Experience ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ คือระดับของประสบการณ์การทำงานของคนงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่ได้รับมอบหมาย

C2: Job Training การฝึกอบรมในงานที่ทำ คือระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาของคนงานซึ่งสามารถทำให้สมรรถนะของเขานั้นพัฒนาขึ้น

C3: Health Conditions สภาพร่างกายและความแข็งแรงของร่างกาย สภาพการเจ็บป่วย มีโรคประจำตัว การดื่มแอลกอฮอล์หรือใช้สารเสพติด

กลุ่มปัจจัยความเป็นมนุษย์ (Human Factors) แสดงออกด้วยลักษณะทางจิตวิทยา 5 ด้าน ได้แก่ การเร่งรีบ ความล่าช้า ความหงุดหงิด ความพึงพอใจ และความสัมพันธ์ ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 5 ปัจจัย สำหรับแต่ละด้าน ได้แก่

C4: Hasty Behavior พฤติกรรมการเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล

C5: Fatigue ความเหนื่อยล้าของร่างกายซึ่งมีผลมาจากสภาพจิตใจหรือร่างกายที่พยายามออกแรงมากหรือมีการเจ็บป่วย หรืออาจเกิดจากการทำงานล่วงเวลาติดต่อกันหลายวัน

C6: Frustration ความหงุดหงิดของจิตใจ ความรู้สึกที่ถูกรบกวนจิตใจ หรือทำให้อารมณ์เสีย ทั้งเรื่องงาน และเรื่องส่วนตัว

C7: Job Satisfaction ความพึงพอใจและทัศนคติต่องานที่ทำของคนงาน

C8: Working Relationship ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน เนื่องจากงานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องทำงานร่วมกับคนงานอื่นเป็นจำนวนมาก การมีความสัมพันธ์ที่ดีช่วยให้การประสานงานราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

กลุ่มปัจจัยความใส่ใจ (Attention Factors) สะท้อนความตั้งใจ ความระมัดระวัง และความไม่ประมาทของคนงานในขณะทำงาน ซึ่งความใส่ใจเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด หากคนงานต้องใช้ความใส่ใจในหลายเรื่องพร้อมกัน ก็จะต้องลดความใส่ใจต่องานที่ตนเองกำลังทำอยู่ ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 2 ปัจจัย ได้แก่

C9: Work Attention ความตั้งใจในการทำงาน คนงานควรให้ความสนใจต่องานที่ตนเองกำลังทำอย่างเต็มที่ เพียงพอ

C10: Safety Awareness ความไม่ประมาท เมื่อไรก็ตามที่คนงานมีความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน ความสามารถในการทำงานก็สามารถเพิ่มขึ้นได้ คนงานต้องมีการระมัดระวังและพึงตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

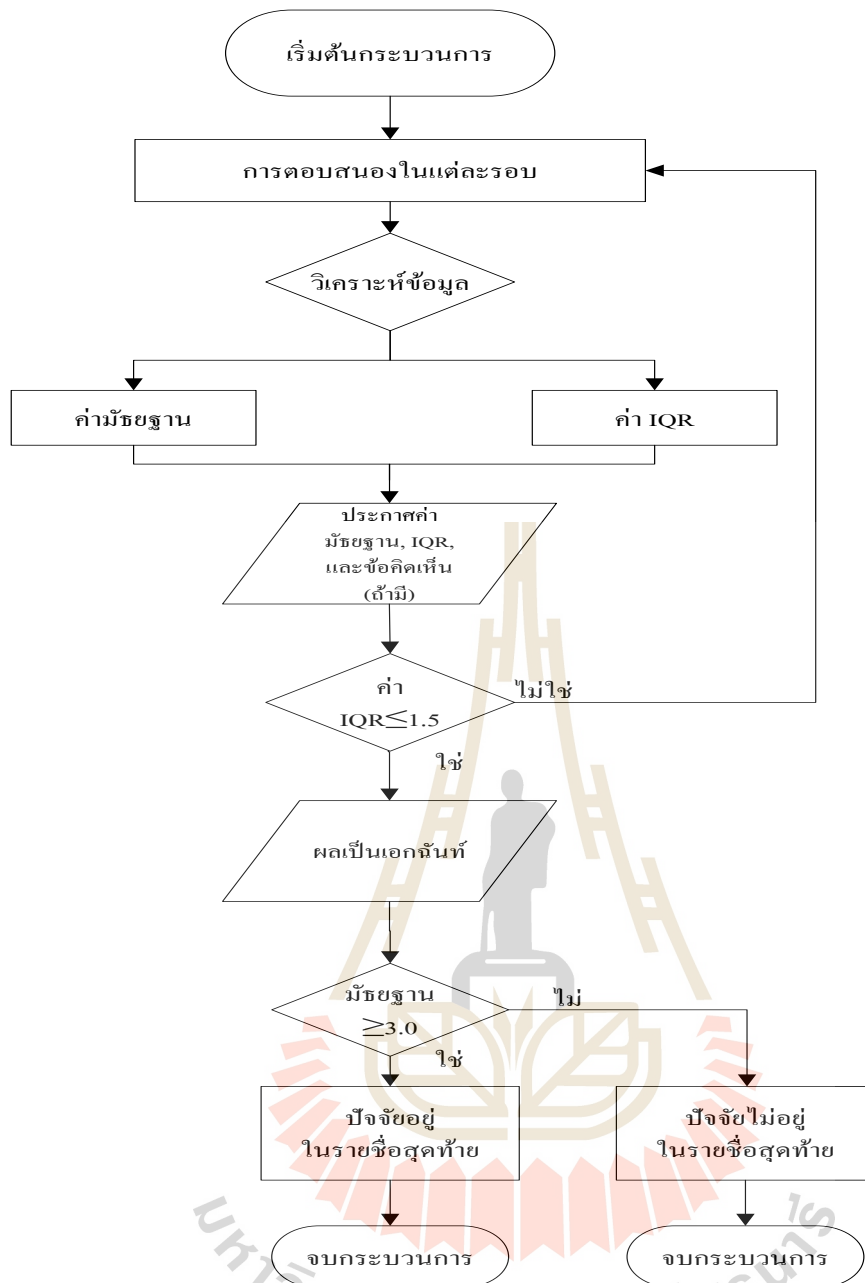
กลุ่มปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) สัมพันธ์กับประสบการณ์การทำงานและความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน เนื่องจากผู้ควบคุมงานเป็นบุคคลคนสำคัญในการสนับสนุนความสามารถของลูกทีม ดังนั้นความสามารถของคนงานก็มีอิทธิพลมาจากปัจจัยผู้ควบคุมงานด้วย ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 2 ปัจจัย ได้แก่

C11: Foreman's Work Experience ประสบการณ์การทำงานของผู้ควบคุมงาน ผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญสามารถให้คำแนะนำหรือส่งต่อความรู้ให้แก่ลูกทีมได้ ทำให้คนงานที่เป็นลูกทีมมีความสามารถมากขึ้นได้

C12: Foreman's Communication Ability ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงานกับลูกทีม การสื่อสารที่ดีสามารถส่งต่อคำสั่งให้ได้รับการเข้าใจอย่างชัดเจนถูกต้อง ซึ่งคนงานก่อสร้างในปัจจุบันมักเป็นแรงงานต่างชาติ ทำให้การสื่อสารมีความสำคัญอย่างมาก

4.2 ปัจจัยองค์ประกอบจากการคัดเลือกด้วยวิธี Delphi

การคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบของแบบจำลอง CWBM จากปัจจัยเบื้องต้นในหัวข้อก่อนหน้า ด้วยวิธี Delphi ซึ่งเป็นวิธีการช่วยคัดกรองหาเฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากรายการปัจจัยเบื้องต้นที่ถูกเสนอไว้แล้ว ทั้งปัจจัยด้าน TD และ C ส่วนปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญก็จะถูกคัดออกจากแบบจำลอง ซึ่งจะใช้น้ำหนักมติของคณะผู้เชี่ยวชาญ วิธี Delphi แบ่งกระบวนการออกเป็นรอบ ๆ หลายรอบ เริ่มต้นจากรอบแรกให้ผู้ดำเนินรายการร้องขอให้คณะผู้เชี่ยวชาญให้ค่าระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยเบื้องต้น โดยใช้แบบมาตราวัด 5 ระดับ ได้แก่ ค่า 1, 2, 3, 4 และ 5 เพื่อแทนระดับความสำคัญ ตั้งแต่ที่น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก จนถึงมากที่สุด ตามลำดับ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะให้ความเห็นของตนเองพิจารณาอย่างอิสระ จากนั้นผู้ดำเนินรายการรวบรวมคำตอบจากคณะผู้เชี่ยวชาญและประกาศผลค่าที่ได้ทั้งหมดให้แก่ทุกท่านทราบ แต่ไม่เปิดเผยชื่อผู้ให้ค่าระดับ เพื่อป้องกันอคติที่ผู้เชี่ยวชาญท่านหนึ่งอาจมีต่อผู้เชี่ยวชาญท่านอื่น รอบต่อไปผู้ดำเนินรายการเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญทบทวนค่าระดับของตนเอง เมื่อได้รับรู้ค่าระดับของคณะในรอบก่อนหน้านี้แล้ว จากนั้นผู้ดำเนินรายการรวบรวมคำตอบจากคณะผู้เชี่ยวชาญในรอบที่สองและประกาศผลค่าที่ได้ทั้งหมดให้แก่ทุกท่านทราบ โดยไม่เปิดเผยชื่อเช่นเดิม ทำเช่นนี้ซ้ำหลายรอบ จนกระทั่งค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range: IQR) ของคำตอบของกลุ่ม น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.50 ซึ่งหมายความว่าคณะผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำตอบที่เป็นไปในทางเดียวกันค่อนข้างใกล้เคียงกันแล้ว กระบวนการจึงสามารถยุติได้ อีกทั้งคำนวณค่ามัธยฐาน (Median) ของแต่ละปัจจัยของกลุ่ม หากมีค่าน้อยกว่า 3.00 ถูกพิจารณาเป็นปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญและจะถูกคัดออกจากกระบวนการ ส่วนปัจจัยที่มีค่ามัธยฐาน (Median) มากกว่าหรือเท่ากับ 3.00 จะถูกพิจารณาเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญและจะถูกรวมไว้ในแบบจำลอง กระบวนการของวิธี Delphi แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 Flowchart ของกระบวนการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธี Delphi

ค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) จะถูกคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้ (Ott and Longnecker 2008):

$$\text{ค่ามัธยฐาน (Median)} = L + w(0.5n - cfb)/fm \quad (4.1)$$

โดยที่ L = ขีดจำกัดล่างในชั้นที่มีมัธยฐานอยู่

n = ความถี่ของข้อมูลทั้งหมด

cfb = ความถี่สะสมก่อนชั้นที่มีฐานอยู่

fm = ความถี่ของชั้นที่มีฐานอยู่

w = ความกว้างของอันตรภาคชั้น

ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range: IQR) = $Q_3 - Q_1$

โดยที่ ค่าควอไทล์ที่ 1 (Q_1) และ 3 (Q_3) คำนวณโดย

$$Q_i = L_{Qi} + ((n * i)/4 - cfb)w/f_{Qi} \quad (4.2)$$

โดยที่ i = ควอไทล์ที่ i^{th}

L_{Qi} = ขีดจำกัดล่างที่แท้จริงของชั้นที่มีควอไทล์ i^{th}

n = ความถี่ของข้อมูลทั้งหมด

cfb = ความถี่สะสมก่อนชั้นที่มีควอไทล์ i^{th} อยู่

f_{Qi} = ความถี่ของชั้นที่มีควอไทล์ i^{th} อยู่

w = ความกว้างของอันตรภาคชั้น

จะเห็นได้ว่าวิธี Delphi เป็นการคัดเลือกปัจจัยโดยอาศัยความเห็นของคณะผู้เชี่ยวชาญผ่านการพิจารณาพบทวนหลาย ๆ รอบเพื่อปรับแต่งแนวความเห็นของกลุ่มให้เข้าหากันได้ในที่สุด คณะผู้เชี่ยวชาญจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผลของวิธีการ โดยการวิจัยนี้ใช้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง จำนวน 9 ท่าน ที่มีคุณวุฒิดังนี้

- ตำแหน่งระดับผู้อำนวยการโครงการของบริษัท และกรรมการบริหารสมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) จำนวน 2 ท่าน ตำแหน่งระดับผู้จัดการความปลอดภัยของบริษัท จำนวน 4 ท่าน ตำแหน่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับชำนาญการ จำนวน 3 ท่าน

- ระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญระดับปริญญาตรีหรือปริญญาโท จำนวน 8 ท่าน และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงจำนวน 1 ท่าน

- มีใบรับรองเป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับวิชาชีพ จำนวน 8 ท่าน และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานบริหารระดับ จำนวน 6 ท่าน

- ประสบการณ์ทำงานด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้าง โดยเฉลี่ยท่านละมากกว่า 15 ปี

- ชั่วโมงรวมในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในการทำงานเกิน โดยเฉลี่ยท่านละมากกว่า 180 ชั่วโมง

- วิทยากรด้านความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างประจำบริษัท จำนวน 8 ท่าน และวิทยากรให้ความรู้แก่หน่วยงานภายนอกบริษัท จำนวน 2 ท่าน

- เขียนหนังสือคู่มือแนวทางการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างประจำบริษัท จำนวน 8 ท่าน และคณะกรรมการจัดทำคู่มือความปลอดภัยในงานก่อสร้างของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน จำนวน 2 ท่าน

ผลการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธีการ Delphi จากปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้นที่ผู้วิจัยได้เสนอไว้จำนวน 35 ปัจจัย คำจำกัดความของแต่ละปัจจัยถูกอธิบายให้แก่คณะผู้เชี่ยวชาญก่อนเริ่มกระบวนการ กระบวนการเสร็จสิ้นลงที่การดำเนินการรอบที่ 2 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) ในรอบแรก ค่ามัธยฐานของกลุ่มของทุกปัจจัยมีค่ามากกว่า 2.0 และมี 8 ปัจจัยที่มีค่า IQR มากกว่า 1.50 ซึ่งหมายความว่าความเห็นของกลุ่มยังไม่เป็นแนวทางใกล้เคียงกัน ในรอบที่ 2 ค่ามัธยฐานของกลุ่มของปัจจัยทั้ง 23 ปัจจัย มีค่าสูงกว่า 3.00 ทุกปัจจัยจึงมีความสำคัญและต้องเก็บไว้ ในขณะที่ค่า IQR ของแต่ละปัจจัยก็มีค่าต่ำกว่า 1.50 จึงหมายถึงความเห็นของกลุ่มถูกปรับแต่งให้เป็นไปในแนวทางเดียวกันแล้ว กระบวนการจึงยุติลงที่รอบที่ 2 ปัจจัยเบื้องต้นทั้ง 23 ปัจจัย (TD1-TD23) จึงถูกรวมไว้ในแบบจำลอง โดยไม่มีปัจจัยใดถูกคัดออกไป โดยปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงสุด ได้แก่ TD2-การขนย้ายวัสดุ มีค่าเท่ากับ 4.75 ส่วนปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มต่ำที่สุดมี 2 ปัจจัย ได้แก่ TD16-สวัสดิการของโครงการ และ TD21-การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน โดยทั้งสองมีค่ามัธยฐานของกลุ่มเท่ากับ 3.00 ที่เส้นแบ่งพอดี

ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) ในรอบแรกพบว่าค่ามัธยฐานของกลุ่มของทุกปัจจัยสูงกว่า 3.00 แต่มีปัจจัย 3 ปัจจัยที่มีค่า IQR สูงกว่า 1.50 จึงต้องทำการทบทวนในรอบที่สอง ซึ่งผลที่ได้คือ ค่า IQR ของทุกปัจจัยต่ำกว่า 1.50 จึงเสร็จสิ้นกระบวนการที่รอบนี้ โดยทุกปัจจัยในรอบที่สองนี้ยังคงมีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงกว่า 3.00 ทุกปัจจัย ทำให้ปัจจัยเบื้องต้นทั้ง 12 ปัจจัย (C1-C12) ต้องถูกรวมไว้ในแบบจำลอง โดยไม่มีปัจจัยใดที่ถูกคัดออก ปัจจัย C2-การฝึกอบรมในงานที่ทำ เป็นปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงที่สุดด้วยค่าเท่ากับ 4.40 ส่วนปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มต่ำที่สุดมี 3 ตัวด้วยกันได้แก่ C4-การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล , C8-ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน, และ C9-ความตั้งใจในการทำงาน โดยทั้งสามปัจจัยมีค่ามัธยฐานของกลุ่มเท่ากับ 3.40

ผลการคัดเลือกปัจจัยองค์ประกอบทั้งด้าน TD และ C ด้วยวิธีการ Delphi สิ้นสุดที่การดำเนินการในรอบที่ 2 เท่านั้น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ที่ก็รายงานผลจากวิธีการ Delphi ว่าใช้จำนวน

รอบการดำเนินการประมาณ 2-3 รอบก็ได้ข้อยุติต่อการระบุผลลัพธ์ที่ได้ (Raheem and Issa 2016; Shapira and Simcha 2009; Ludwig 1997)

ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเบื้องต้นทั้งด้าน TD และ C รวม 35 ปัจจัยนั้นไม่มีปัจจัยใดเลยที่ถูกคัดออก ซึ่งเหตุผลอาจเนื่องจากการคัดสรรปัจจัยเบื้องต้นเหล่านี้อย่างละเอียดรอบคอบอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา พร้อมกับผลสำรวจเบื้องต้นโดยผู้วิจัยเองในโครงการก่อสร้างอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร ซึ่งการศึกษาเบื้องต้นดังกล่าวทำให้ได้ปัจจัยเบื้องต้นที่ผ่านการคัดกรองมาแล้ว

4.3 น้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบด้วยวิธี AHP

กระบวนการ AHP ถูกใช้หาน้ำหนักของทั้งปัจจัยองค์ประกอบทั้ง 35 ปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกด้วยวิธี Delphi แล้ว AHP ช่วยประมาณระดับความสำคัญและอิทธิพลของแต่ละปัจจัยของแบบจำลอง AHP ใช้ความคิดเห็นจากคณะผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการวิจัยนี้ใช้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างจำนวน 9 ท่าน ที่ร่วมให้ข้อมูลในกระบวนการ AHP เป็นชุดเดียวกันกับที่ให้ข้อมูลในกระบวนการ Delphi ซึ่งวิธีการ AHP จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย (Pair-wise Comparison) การคำนวณหาน้ำหนักปัจจัย (Relative Weight Computation) และการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio Calculation) รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

การเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย (Pair-wise Comparison) เป็นเปรียบเทียบปัจจัยทุกตัวในแต่ละลำดับชั้น คราวละคู่ โดยอาจสร้างเป็นตารางเมตริกซ์ของการเปรียบเทียบ (Comparison Matrix) ทุกคู่ปัจจัยที่เป็นไปได้ ด้วยการเรียงปัจจัยทุกตัวทั้งในแนวนอน (Column) และแนวตั้ง (Row) ในการเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย ผู้เชี่ยวชาญต้องพิจารณาทุกคู่ปัจจัยว่า ปัจจัยตัวใดของคู่ปัจจัยที่กำลังพิจารณามีความสำคัญหรืออิทธิพลมากกว่าอีกปัจจัยที่เหลือ และค่าระดับความสำคัญของสองปัจจัยนั้นแตกต่างกันมากเพียงใด โดยค่าระดับความสำคัญจะถูกกำหนดด้วยมาตราวัดตัวเลข 1 – 9 โดยที่ค่า 1 หมายถึง สองปัจจัยนั้นมีความสำคัญเท่ากัน, 3 หมายถึง สำคัญกว่าเล็กน้อย, 5 หมายถึง สำคัญกว่าปานกลาง, 7 หมายถึง สำคัญกว่ามาก, และ 9 หมายถึง สำคัญกว่ามากที่สุด แต่หากพิจารณาว่าค่าระดับความสำคัญอยู่ในช่วงก้ำกึ่ง ก็สามารถให้ค่าเป็น 2, 4, 6, หรือ 8 ตามลำดับ ในทางตรงข้ามหากปัจจัยตัวใดมีความสำคัญหรืออิทธิพลน้อยกว่าอีกปัจจัยที่เหลือ จะกำหนดค่าระดับความสำคัญเป็นเลขเศษส่วน ได้แก่ $1/1$, $1/3$, $1/5$, $1/7$, $1/9$ หมายถึง ความสำคัญเท่ากัน, สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย, สำคัญน้อยกว่าปานกลาง, สำคัญน้อยกว่ามาก, สำคัญน้อยกว่ามากที่สุด

การคำนวณหาน้ำหนักปัจจัย (Relative Weight) ใช้ค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) ของตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบ (Comparison Matrix) เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย การคำนวณค่าไอเกนเวกเตอร์ ($\bar{w}$) เสนอโดย Saaty (1980) เรียกว่าวิธี Average of Normalized Columns (ANC) เป็นวิธีที่มี

ความถูกต้องสูง เริ่มจากการหาผลรวมค่าคะแนนในแต่ละ column ได้เป็นค่า Column Sum แล้วนำไปเป็นตัวหารค่าคะแนนอีกทีหนึ่ง ได้เป็นค่า Normalized-column ซึ่งจะนำไปหาค่า Row Sum ต่อไป ค่า w_i คือน้ำหนักของปัจจัยที่อยู่ใน Row i และเป็นส่วนประกอบของค่าไอเกนเวกเตอร์ ($\vec{w}$) สมการที่ 4.3 แสดงการคำนวณค่า w_i

$$w_i = (\sum_{j=1}^n a_{ij})/n \quad (4.3)$$

โดยที่ a_{ij} = ค่าสมาชิกที่อยู่ใน Row i และ Column j ของ Normalized-column Matrix

การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio: CR) โดย CR เป็นดัชนีชี้วัดความสมเหตุสมผลของผลการให้ค่าระดับความสำคัญจากการเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย เป็นตัวช่วยตรวจสอบยืนยันว่าค่าระดับความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบรายคู่นั้นไม่ได้ความขัดแย้งระหว่างกันเองเกิดขึ้น Saaty (1980) ได้เสนอการคำนวณค่า CR และค่า CR ที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 0.10 หากเกินจะหมายถึงค่าระดับที่ได้ไม่สมเหตุสมผล ไม่สามารถนำไปใช้ได้ และต้องทำการเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัยใหม่ อย่างไรก็ตามค่า CR ที่ผ่านเกณฑ์นั้นไม่ได้รับประกันว่าค่าระดับที่ได้นั้นถูกต้อง

ตัวอย่างเช่น กลุ่มปัจจัยทางด้านความต้องการของงาน (Task Demand: TD) ที่ต้องการค่าน้ำหนักประกอบด้วย 3 กลุ่มปัจจัยคือ กลุ่มปัจจัยงาน (Task Factor: TF) กลุ่มปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factor: EF) และ กลุ่มปัจจัยข้อกำหนดของงาน (Work Setting Factor: WF) ตารางเมตริกซ์ของการเปรียบเทียบ (Comparison Matrix) จะมีขนาด 3x3 ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย เช่น ค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบระหว่าง EF และ WF หรือ EF/WF ให้เท่ากับ 7 หรือหมายความว่า EF มีความสำคัญมากกว่า WF อย่างมาก และทำให้การเปรียบเทียบย้อนกลับระหว่าง WF และ EF หรือ WF/EF ต้องมีค่าเท่ากับ 1/7 โดยอัตโนมัติ ค่าระดับความสำคัญจะถูกหารโดยผลรวมของแนวดิ่งเพื่อให้ได้ Normalized-column Matrix โดยผลรวมในแนวดิ่งแต่ละ Column จะเท่ากับ 1 จากนั้นคำนวณค่า Row sum และค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigen vector) ได้เป็นค่า w_i ซึ่งใช้เป็นค่าน้ำหนักของแต่ละกลุ่มปัจจัย เท่ากับ 0.283, 0.643, และ 0.074 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่าง Comparison Matrix และการคำนวณค่า Eigen Vector และค่า Consistency Ratio

Pair-wise Comparison	TF	EF	WF	Normalized-Column	TF	EF	WF	Row sum	Eigen vector w_i
TF	1.00	1/3	5.00	TF	0.24	0.23	0.38	0.85	0.283

EF	3.0	1.0	7.00	EF	0.71	0.68	0.54	1.93	0.643
	0	0							
WF	1/5	1/7	1.00	WF	0.05	0.10	0.08	0.22	0.074
Column	4.2	1.4	13.0	Column	1.00	1.00	1.00	3.00	1.000
sum	0	8	0	sum					
Weighted Columns					TF	EF	WF	Weighted Sum	Weighted Sum/ w_i
TF					0.28	0.21	0.36		
					3	4	7	0.864	3.051
EF					0.85	0.64	0.51		
					0	3	3	2.007	3.119
WF					0.05	0.09	0.07		
					7	2	3	0.222	3.026
									9.196
Eigenvalue ($\lambda_{\max}$)								=	3.066
Consistency Index (CI) [$(\lambda_{\max}-n)/(n-1)$]								=	0.0328
Random Index (RI) (for $n = 3$)								=	0.580
Consistency Ratio (CR) [CI/RI]								=	0.0565

ผลลัพธ์ของการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยองค์ประกอบด้วยวิธี AHP แสดงดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 สำหรับน้ำหนักของปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) สูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ TD17-ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 10% โดยคณะผู้เชี่ยวชาญได้ชี้แจงว่าปัจจุบันนี้งานก่อสร้างอาคารสูงนั้นต้องผ่านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) ก่อนเริ่มโครงการได้ ซึ่งมันส่งผลทำให้ความต้องการของงาน (TD) นั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และบางกิจกรรมก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนที่อาศัยใกล้เคียงโครงการก่อสร้าง เช่น ฝุ่น เสียงรบกวน จะทำให้เกิดการร้องเรียน โครงการจึงต้องพยายามหลีกเลี่ยงป้องกัน ซึ่งทำให้ความยากในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น

TD9-วิธีการก่อสร้าง มีค่าน้ำหนักของปัจจัยเท่ากับ 8% ซึ่งคณะผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าสามารถเพิ่ม TD ได้โดยตรง ตัวอย่างเช่น วิธีการก่อสร้างที่ต้องทำงานในพื้นที่อับอากาศนั้นจะทำให้งานนั้นยากต่อการปฏิบัติงาน หรือเพิ่ม TD ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ Everett (1999) ที่เน้นย้ำว่าการบาดเจ็บจากการออกแรงเกินกำหนดในงานก่อสร้างนั้นมีสาเหตุมาจากการกำหนดวิธีการทำงานและข้อกำหนดเครื่องมือที่ใช้นั่นเอง และปัจจัย TD14-ความสะอาดและความเป็นระเบียบ มีค่าน้ำหนักของปัจจัยเท่ากับ 8% สภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่สะอาดและไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยสามารถส่งผลทำให้เกิดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุแก่

คนงานได้ ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษา Sawacha, Naoum, and Fong (1999) ที่พบว่าความเป็นระเบียบเรียบร้อยและการจัดวางผังสถานที่ก่อสร้างที่ดีจะช่วยส่งผลทำให้เกิดความปลอดภัยขึ้น

สำหรับปัจจัยด้าน TD ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด ได้แก่ TD11-ระดับคุณภาพของงานสถาปัตยกรรม/งานที่เสร็จสมบูรณ์ มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2% โดยคณะผู้เชี่ยวชาญได้ให้เหตุผลว่า งานก่อสร้างอาคารสูงในปัจจุบันเป็นงานที่มีการแข่งขันกันสูงมาก มาตรฐานคุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์จึงอยู่ในระดับสูงมากและไม่ต่างกันมากนัก ปัจจัยนี้จึงไม่ส่งผลต่อ TD มากนัก

สำหรับน้ำหนักของปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) สูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ C12-ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน, C10-ความไม่ประมาท, และ C9-ความตั้งใจในการทำงาน โดยมีค่าน้ำหนักปัจจัยเท่ากับ 12%, 11%, และ 11% ตามลำดับ โดยคณะผู้เชี่ยวชาญระบุว่า C12-ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อ C ซึ่งสอดคล้องกับ Loushine et al. (2006) ที่พบว่า การติดต่อสื่อสารนั้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งเสริมให้มาตรการความปลอดภัยและคุณภาพในงานก่อสร้างประสบความสำเร็จ นอกจากนี้โครงการก่อสร้างในปัจจุบันใช้แรงงานต่างชาติจำนวนมาก จึงทำให้ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงานยังมีความสำคัญต่อการควบคุมแรงงานเหล่านี้ และประสิทธิภาพในการสื่อสารยังช่วยส่งต่อคำสั่งและความรู้ของผู้ควบคุมงานสู่คนงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย คณะผู้เชี่ยวชาญยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัย C10-ความไม่ประมาท เนื่องจากงานก่อสร้างเป็นงานที่มีความเสี่ยงอันตรายสูง คนงานจึงต้องตระหนักและเฝ้าเตือนตัวเองในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยตลอดเวลา พร้อมกับไม่ปฏิบัติตัวให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การที่คนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงยิ่งช่วยทำให้เพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น (Maiti, Chatterjee and Bangdiwala 2004) ความไม่ประมาทจึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำงานของคนงาน C9-ความตั้งใจในการทำงาน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของคนงานค่อนข้างมาก เนื่องจากความตั้งใจ/ความสนใจเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด การที่คนงานทำงานหลายงานในเวลาเดียวกัน มีการหยอกล้อ หรือไม่ให้ความสนใจ/ไม่ตั้งใจในงานส่งผลให้เกิดการลดลงของความสามารถในการทำงานของคนงาน ทฤษฎีของ Hinze (1996) ได้อธิบายว่าการที่คนงานให้ความสนใจในผลิตภาพของงานนั้นส่งผลให้เกิดการไม่สนใจในความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นและส่งผลต่อโอกาสในการประสบอุบัติเหตุที่มากขึ้น

ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักปัจจัยน้อยที่สุดในด้าน C คือปัจจัย C6-ความหงุดหงิดของจิตใจ มีค่าเท่ากับ 6% โดยคณะผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาว่าความหงุดหงิดในระหว่างขณะปฏิบัติงานนั้นมีผลต่อความสามารถในการทำงานของคนงานไม่มากนัก

ตารางที่ 4.2 ผลการคัดเลือกปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) ด้วยวิธีการ Delphi และผลการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธีการ AHP

Delphi						AHP	
กลุ่มปัจจัย	ปัจจัย	รอบที่ 1		รอบที่ 2		น้ำหนัก	
		Median	IQR	Median	IQR		
กลุ่มปัจจัยของงาน (Task Factors)	35%	TD1	3.75	1.69	4.00	1.50	3%
		TD2	3.75	3.13	4.75	0.88	3%
		TD3	3.60	1.13	3.86	0.64	2%
		TD4	3.13	1.69	3.38	1.27	3%
		TD5	2.88	2.19	3.75	1.00	2%
		TD6	4.40	0.99	4.06	0.56	2%
		TD7	4.33	1.35	4.40	0.99	2%
		TD8	3.88	1.69	4.38	1.13	5%
		TD9	3.88	1.31	4.20	1.00	8%
		TD10	3.38	1.94	3.60	0.99	3%
		TD11	3.13	1.31	3.60	0.99	2%
กลุ่มปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment Factors)	35%	TD12	3.60	1.43	3.75	0.88	5%
		TD13	3.80	1.50	4.08	0.75	6%
		TD14	4.60	1.13	4.60	0.99	8%
		TD15	4.60	2.13	4.25	0.88	4%
		TD16	3.00	0.90	3.00	0.50	2%
		TD17	4.25	2.19	4.33	1.35	10%
กลุ่มปัจจัยข้อกำหนดของ งาน (Work Setting Factors)	29%	TD18	4.20	1.00	4.40	0.99	7%
		TD19	4.00	0.90	4.40	0.99	6%
		TD20	3.25	1.00	3.25	0.88	3%
		TD21	2.80	1.50	3.00	1.50	4%
		TD22	3.08	0.75	3.25	0.88	4%
		TD23	3.40	1.43	3.94	0.56	6%

ตารางที่ 4.3 ผลการคัดเลือกปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) ด้วยวิธีการ Delphi และผลการหาค่า น้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธีการ AHP

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัย	Delphi		AHP
		รอบที่ 1	รอบที่ 2	น้ำหนัก

			Media n	IQR	Media n	IQR	
กลุ่มปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors)	21%	C1	3.80	1.00	3.94	0.56	7%
		C2	4.40	0.99	4.40	0.99	7%
		C3	3.67	1.35	3.80	1.00	7%
กลุ่มปัจจัยความเป็นมนุษย์ (Human Factors)	36%	C4	3.33	1.50	3.40	0.99	7%
		C5	3.75	1.38	3.94	0.56	7%
		C6	4.00	1.63	4.20	1.00	6%
		C7	3.38	1.27	3.60	0.99	9%
		C8	3.33	1.50	3.40	0.99	7%
กลุ่มปัจจัยความใส่ใจ (Attention Factors)	22%	C9	3.13	1.19	3.40	0.99	11%
		C10	4.00	2.02	4.00	1.50	11%
กลุ่มปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors)	21%	C11	3.80	1.00	3.86	0.64	9%
		C12	3.88	1.69	4.10	0.80	12%

บทที่ 5 แบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

บทนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ที่พัฒนาบนหลักการวิศวกรรมระบบประสาท (Cognitive System Engineering) ซึ่งแบบจำลองนี้ใช้อธิบายกลไกของพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยองค์ประกอบกับเหตุการณ์อุบัติเหตุด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ซึ่งแบบจำลองที่ได้จะเป็นเครื่องมือช่วยทำนายการเกิดอุบัติเหตุ รวมทั้งบทนี้ยังรายงานผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากทั้ง 2 วิธีด้วย

5.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยองค์ประกอบทั้งหมด 35 ปัจจัย ที่แบ่งเป็นปัจจัยด้านความต้องการของงาน 23 ปัจจัย และปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน 12 ปัจจัย โดยความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยเหล่านี้กับเหตุการณ์อุบัติเหตุจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression: LR) ดังนั้นปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัยจึงเป็นตัวแปรอิสระ และการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุเป็นตัวแปรตามจำนวน 1 ตัวแปร

การวิเคราะห์ LR ดำเนินการด้วยโปรแกรม IBM SPSS statistics version 21 โดยกระบวนการวิเคราะห์เริ่มจากหาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวแปรตาม คราวละหนึ่งตัวแปร (Stepwise Process) เพื่อเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองเป็นรอบ ๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระใดมีค่าสำคัญทางสถิติ (Significant p Value) ค่า Cox&Snell R^2 and Nagelkerke R^2 เป็นตัวชี้วัดความสอดคล้องระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามของแบบจำลอง หากค่า R^2 สูง หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความชัดเจนสูง โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ B เป็นขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระหรือปัจจัยตัวนั้นที่มีต่อค่า Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุ เมื่อตัวแปรอิสระมีค่าเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย ค่าความสำคัญในแต่ละตัวแปรจะประเมินโดยค่าสถิติ Wald Test ซึ่งมีการกระจายไคสแควร์ (Chi-square Distribution) (Mohamed et al. 2009) ค่าสถิติ Wald Test นี้โดยทั่วไปแล้วใช้ในการประเมินว่าค่าสัมประสิทธิ์นั้นแตกต่างทางสถิติหรือไม่

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี LR แสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าทางสถิติของกระบวนการ Stepwise Logistic Regression

Step	Variable	Chi-sq.	df	Sig. ^a	-2 Log likelihood	Cox & Snell R ²	Nagelkerke R ²	Class %
1	IN: C10	81.994	1	.000	56.635	.560	.746	90.0
2	IN: TD10	95.496	2	.000	43.134	.615	.820	94.0
3	IN: TD17	104.364	3	.000	34.265	.648	.864	93.0
4	IN: C2	111.189	4	.000	27.441	.671	.895	96.0

^a ที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ 5%

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.1 แสดงว่ามีการคัดเลือกตัวแปรอิสระเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลองแบบ Stepwise จำนวน 4 ครั้งรวม 4 ตัวแปร ได้แก่ C10-ความไม่ประมาท TD10-ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม TD17-ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม และ C2-การฝึกอบรมในงานที่ทำ ในรอบที่ 1 ตัวแปรที่ถูกนำเข้าตัวแรกมีค่า chi-square ที่สูงที่สุด = 81.994 และเข้ากับเงื่อนไขค่า p value (ที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ 5%) ค่า Cox&Snell R² และ Nagelkerke R² ของรอบแรกแสดงว่าแบบจำลองที่มีตัวแปรตัวแรกสามารถอธิบายความแปรปรวนในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้ 56.0%–74.6% และสามารถทำนายเหตุการณ์อุบัติเหตุได้ถูกต้อง 90% ของ 100 ข้อมูลเหตุการณ์ จากนั้นผลการนำเข้าตัวแปรในรอบถัด ๆ มาอีก 3 ตัวแปร ทำให้สุดท้ายมีค่า Cox&Snell R² และ Nagelkerke R² เท่ากับ 67.1%–89.5% ซึ่งชี้ว่าแบบจำลองมีการพัฒนาประสิทธิภาพดีขึ้นในแต่ละรอบของกระบวนการสร้าง และแบบจำลองผลลัพธ์ที่ได้มีตัวแปรอิสระทั้งหมด 4 ตัวแปร และมีความแม่นยำในการทำนายสูงขึ้นถึง 96%

ตารางที่ 5.2 แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ (B) และค่าสถิติที่เกี่ยวข้องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี LR ของตัวแปรทั้ง 4 ตัวที่ถูกเลือกนำเข้าสู่แบบจำลอง (C10-ความไม่ประมาท TD10-ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม TD17-ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม และ C2-การฝึกอบรมในงานที่ทำ) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 5%

ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์ (B) และค่าสถิติที่เกี่ยวข้องจาก Logistic Regression

Variable	B	S.E.	Wald	df	Sig. ^a	Exp(B)
Constant	-4.377	4.432	.975	1	.323	.013
C10	-72.144	18.128	15.838	1	.000	.000
TD10	80.461	26.569	9.171	1	.002	8.79E+34
TD17	41.487	13.856	8.965	1	.003	1.04E+18
C2	27.336	12.159	5.054	1	.025	7.45E+11

ผลการวิเคราะห์ได้สมการของความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5.1

$$Y = -4.377 - 72.144C_{10} + 80.461TD_{10} + 41.487TD_{17} + 27.366C_2 \quad (5.1)$$

โดยที่ ค่า Y เท่ากับ Log of odds ของเหตุการณ์อุบัติเหตุ

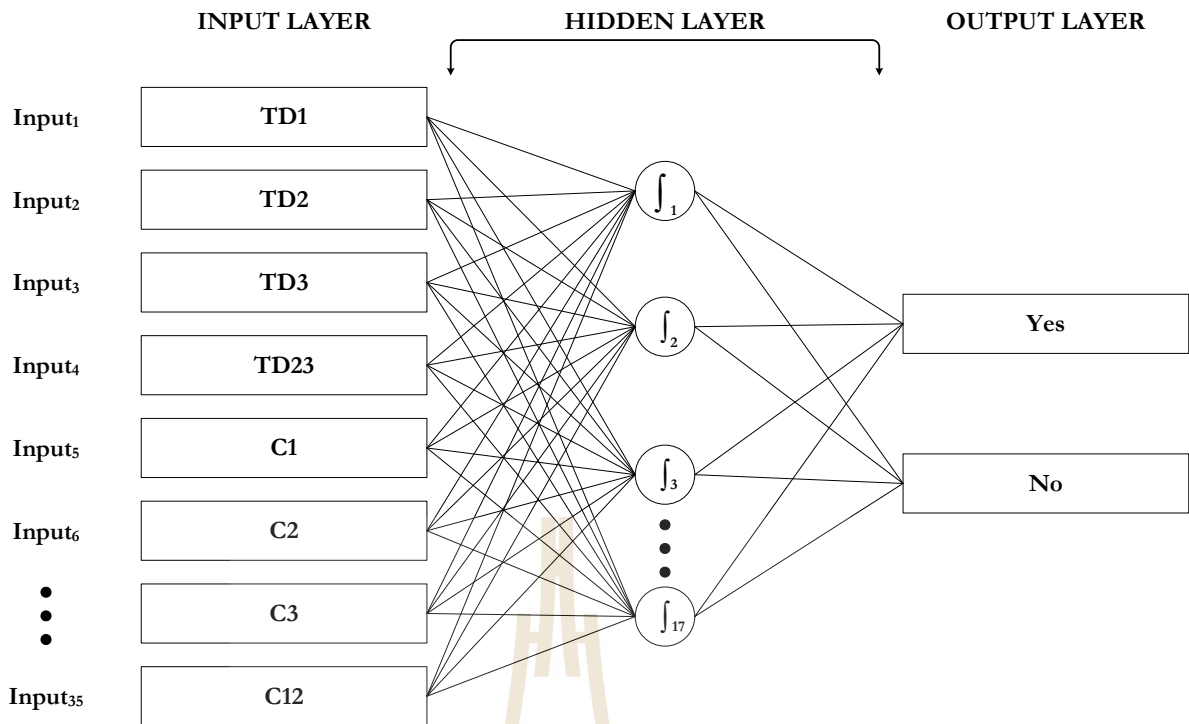
ค่าสัมประสิทธิ์ B ของตัวแปร C_{10} มีค่าเป็นลบ หมายถึงความสัมพันธ์แบบผกผัน ถ้า C_{10} เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุลดลง ตัวแปร TD_{10} และ TD_{17} มีค่า B เป็นบวก หมายถึงความสัมพันธ์แบบแปรผันตาม คือถ้า TD_{10} หรือ TD_{17} เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ทำให้ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น และปัจจัยตัวสุดท้าย C_2 มีค่า B เป็นบวก หมายถึงความสัมพันธ์แบบแปรผันตามเช่นกัน

5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการเครือข่ายประสาทเทียม

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เนื่องจากแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุนี้มีปัจจัยองค์ประกอบทั้งหมด 35 ปัจจัย ดังนั้นปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัยจึงเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งใช้เป็นจำนวนนิวรอนในชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer) รวม 35 ตัว และการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุเป็นตัวแปรตามจำนวน 1 ตัวแปร ซึ่งใช้เป็นจำนวนนิวรอนในชั้นข้อมูลส่งออก (Output Layer) รวม 2 ตัวที่แทนค่าของการเกิดและไม่เกิดอุบัติเหตุ

เครือข่ายที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยชั้นซ่อน (Hidden Layer) เพียงชั้นเดียวตามที่แนะนำโดย Elhag and Wang (2007) กระบวนการ Trial-and-Error ถูกใช้ในการหาจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมในชั้นซ่อน มีขั้นตอนการทดลองใช้จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนแตกต่างกันในระหว่างการพัฒนาแบบจำลอง โดย Berry and Linoff (1997) แนะนำว่าจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนควรมีจำนวนประมาณน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนนิวรอนในชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer) ดังนั้นจึงเริ่มทดลองใช้จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเป็น 16 ตัว เพิ่มคราวละหนึ่งตัวจนถึง 20 ตัว เครือข่ายที่ใช้ทดลองในการ Trial-and-Error จึงได้แก่ 35-16-2 (หมายถึง จำนวนนิวรอนในชั้น Input Layer – Hidden Layer – Output Layer) และเพิ่มจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนทีละหนึ่งตัวไปจนถึง 35-20-2 แสดงดังรูปที่ 5.1

เครือข่ายที่ใช้เป็นแบบ Multi-layered Perceptron ใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Back-propagation และใช้ฟังก์ชันแบบ Sigmoid สำหรับการถ่ายโอน (Activation Function) ดำเนินการด้วยโปรแกรม WEKA version 3.8.0 (2016) ใช้ข้อมูลทั้งหมด 100 ชุดสำหรับการฝึกฝนเพื่อสร้างแบบจำลองขึ้น ค่า Learning Rate Parameter (n) และค่า Momentum Factor (α) ถูกกำหนดด้วยค่าดั้งเดิม (default) ของโปรแกรม (n = 0.3, และ $\alpha = 0.2$) จำนวนรอบการฝึกฝน (Epochs) สูงสุดกำหนดไว้เท่ากับ 1,000 รอบ เทคนิค 10-Fold Cross-Validation ได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครือข่าย



รูปที่ 5.1 ตัวอย่าง ANN ที่มีโครงสร้าง 3 ชั้น 35-17-2

ตารางที่ 5.3 แสดงผลค่า Root Mean Square Error (RMSE) จากกระบวนการฝึกฝน (Training) เครือข่ายต่าง ๆ ที่ใช้ทดลองจำนวน 5 เครือข่าย และแสดงร้อยละความถูกต้องของการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง พบว่าเครือข่ายทดลองทั้ง 5 สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุในกระบวนการฝึกฝนได้ถูกต้อง 92% เท่ากันทุกเครือข่าย และมีความแม่นยำในการจัดกลุ่ม No และ Yes เท่ากับ 88.9% และ 95.7% ตามลำดับ เท่ากันอีก โดยเครือข่าย 35-17-2 ให้ค่า RMSE ของการทำนายที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.2657 ซึ่งต่ำกว่าเครือข่ายอื่นเล็กน้อย จึงเลือกเครือข่ายนี้ในการใช้งานต่อไป ผลที่ได้สอดคล้องกับ Witten (2011) ที่แนะนำว่าจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนนั้นมีค่าใกล้กับค่าเฉลี่ยของผลรวมจำนวนตัวแปรข้อมูลเข้า (Input) และจำนวนตัวแปรข้อมูลออก (Output)

ตารางที่ 5.3 ผลการฝึกฝนเครือข่ายประสาทเทียม 5 เครือข่าย

Artificial Neural Network	Correctly Classified Instances	Incorrectly Classified Instances	Total Number of Instances	Precision		Root Mean Square Error (RMSE)
				No	Yes	
35-16-2	92.00%	8.00%	100	0.889	0.957	0.2663
35-17-2	92.00%	8.00%	100	0.889	0.957	0.2657
35-18-2	92.00%	8.00%	100	0.889	0.957	0.2664

35-19-2	92.00%	8.00%	100	0.889	0.957	0.2671
35-20-2	92.00%	8.00%	100	0.889	0.957	0.2669

5.3 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้เทคนิควิเคราะห์ความสัมพันธ์ 2 วิธี คือ แบบจำลอง LR และแบบจำลอง ANN จะวัดจากความถูกต้องของการทำนายผลเหตุการณ์จริงทั้งที่เกิดและไม่เกิดอุบัติเหตุ (Yes/No) ด้วยการนำเสนอแบบตาราง Confusion Matrix ที่แสดงดังตารางที่ 5.4 ซึ่งแบ่งตารางเป็นคอลัมน์แสดง Predicted Class คือผลข้อมูลส่งออกที่ทำนายโดยแบบจำลองที่สร้างขึ้น และแถวแสดง Actual Class คือข้อมูลจริงของเหตุการณ์ เนื่องจากการทำนายนี้มีทางเลือกของคำตอบได้สองทาง คือ Yes or No จึงทำให้ Confusion Matrix แสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ True Positive (TP) เท่ากับจำนวนครั้งที่ทำนายได้ถูกต้องว่าเกิดอุบัติเหตุ, True Negative (TN) เท่ากับจำนวนครั้งที่ทำนายได้ถูกต้องว่าไม่เกิดอุบัติเหตุ, False Negative (FN) เท่ากับจำนวนครั้งที่ทำนายผิดว่าไม่เกิดอุบัติเหตุ, และ False Positive (FP) เท่ากับจำนวนครั้งที่ทำนายผิดว่าเกิดอุบัติเหตุ

ตารางที่ 5.4 Confusion Matrix

		Predicted Class	
		Yes	No
Actual Class	Yes	TP	FN
	No	FP	TN

โดยการประเมินประสิทธิภาพจะใช้ตัวชี้วัด 3 ค่า (Meng et al. 2013; Kandhasamy and Balamurali 2015) ได้แก่

Accuracy คือค่าตัวชี้วัดที่เท่ากับสัดส่วนของเหตุการณ์ที่ทำนายได้ถูกต้องต่อเหตุการณ์ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ $Accuracy = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN)$

Sensitivity คือค่าตัวชี้วัดที่เท่ากับสัดส่วนของเหตุการณ์ที่ทำนายได้ถูกต้องว่าเกิดอุบัติเหตุต่อเหตุการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุขึ้นจริงทั้งหมด $Sensitivity = TP / (TP + FN)$

Specificity คือค่าตัวชี้วัดที่เท่ากับสัดส่วนของเหตุการณ์ที่ทำนายได้ถูกต้องว่าไม่เกิดอุบัติเหตุต่อเหตุการณ์ที่ไม่เกิดอุบัติเหตุขึ้นจริงทั้งหมด $Specificity = TN / (FP + TN)$

ผลของประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Model Verification) ด้วยข้อมูลจริงจำนวน 20 เหตุการณ์ซึ่งแยกเก็บไว้ก่อนแล้วเพื่อใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพ จึงเป็นข้อมูลคนละกลุ่มกับข้อมูลจริงที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจำนวน 100 เหตุการณ์ ข้อมูลจริงจำนวน 20 ชุดเหล่านี้จะใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง LR และ ANN โดย 10 ชุดเป็นเหตุการณ์เกิดอุบัติเหตุ และอีก 10 ชุดเป็นเหตุการณ์ไม่เกิดอุบัติเหตุ สำหรับแบบจำลอง LR จะแทนค่าข้อมูลจริงที่ตัวแปร 4 ตัว (พร้อมทั้งน้ำหนักของแต่ละตัวแปรที่ได้จากกระบวนการ AHP) ลงในสมการที่ (5.1) จากนั้นแทน ค่า Y ที่ได้ลงในสมการ (3.2) เพื่อคำนวณเป็นค่า P ที่ใช้ทำนายการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุ สำหรับแบบจำลอง ANN จะแทนค่าข้อมูลจริงที่นิเวศในชั้นข้อมูลนำเข้าของเครือข่าย 35-17-2 ที่ผ่านกระบวนการฝึกฝนมาแล้ว เพื่อให้ได้ค่าการทำนายการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุจากนิเวศในชั้นข้อมูลส่งออก โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.5 ในรูปตาราง Confusion Matrix

พบว่าแบบจำลอง ANN ทำนายเหตุการณ์ผิดพลาดไปเพียงแค่ 2 เหตุการณ์ (FN = 2; FP = 0) จากทั้งหมด 20 เหตุการณ์ แต่แบบจำลอง LR ทำนายเหตุการณ์ผิดพลาดถึง 5 เหตุการณ์ (FN = 2; FP = 3)

ตารางที่ 5.5 ผลการทำนายของแบบจำลอง LR และ ANN ที่ทดสอบกับข้อมูลจริง 20 เหตุการณ์

LR Model		Predicted Class		ANN Model		Predicted Class	
		Yes	No			Yes	No
Actual Class	Yes	8	2	Actual Class	Yes	8	2
	No	3	7		No	0	10

สามารถคำนวณค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัวชี้วัดของทั้ง 2 แบบจำลอง ได้ผลดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง LR และ ANN

	LR Model	ANN Model
Accuracy	75%	90%
Sensitivity	80%	80%
Specificity	70%	100%

โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ANN ให้ประสิทธิภาพในการทำนายที่ดีกว่าแบบจำลอง LR โดยเฉพาะค่าความแม่นยำ (Accuracy) นั้นพบว่าแบบจำลอง ANN มีค่าสูงกว่าเท่ากับ 90% ขณะที่แบบจำลอง LR มีค่าเท่ากับ 75%

5.4 การอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยได้สร้างแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ที่พัฒนาบนหลักการวิศวกรรมระบบประสาท (Cognitive System Engineering) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงระหว่างปัจจัยองค์ประกอบกับเหตุการณ์อุบัติเหตุ 2 เทคนิค ทำให้ได้แบบจำลอง 2 แบบจำลอง คือแบบจำลองจากวิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression: LR) และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)

สำหรับแบบจำลอง LR มีสมการที่ (5.1) เป็นสมการความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ และจากการทดสอบมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของการทำนายเหตุการณ์อุบัติเหตุ 75% แบบจำลองนี้พบความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างนัยสำคัญจำนวน 4 ตัว ได้แก่ (1) ปัจจัย C10-ความไม่ประมาท โดยมีค่าความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งสะท้อนว่ายิ่งคนงานมีความตระหนักรู้เรื่องความปลอดภัยมากจะส่งผลให้อโอกาสเกิดอุบัติเหตุลดลง คนงานจึงต้องมีความระมัดระวังในการทำงาน ปฏิบัติตัวตามกฎหมายความปลอดภัยต่าง ๆ ไม่ทำพฤติกรรมเสี่ยงขณะปฏิบัติงาน และพึงตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน (2) ปัจจัย TD10-ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม และ (3) ปัจจัย TD17-ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม มีค่าความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุ โดย TD10 อธิบายเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในแต่ละงาน ยิ่งงานมีมาตรฐานที่สูงก็ส่งผลต่อความยากของงานและส่งผลเพิ่มอัตราการเกิดอุบัติเหตุ ส่วน TD17 หมายถึงโครงการก่อสร้างตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดผลกระทบต่อชุมชนหรือสิ่งแวดล้อม คนงานก็ต้องให้ความใส่ใจต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นดังกล่าว ส่งผลให้งานยากขึ้นและเพิ่มอัตราการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับ Mitropoulos et al. (2009) และ Rajendran et al. (2009) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของการออกแบบอาคารเขียวและวิธีการก่อสร้างที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและสุขภาพคนงาน โดยผลที่ได้พบว่าไม่ได้เกิดความแตกต่างมากนักระหว่างโครงการก่อสร้างอาคารดังกล่าวกับอาคารปกติเมื่อพิจารณาในด้านประสิทธิภาพความปลอดภัย เพราะอัตราการเกิดอุบัติเหตุในโครงการก่อสร้างอาคารเขียวนั้นไม่ได้ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารปกติ แต่กลับมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการมากขึ้นเพื่อให้โครงการก่อสร้างอาคารดังกล่าวเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (4) ปัจจัย C2-การฝึกอบรมในงานที่ทำ มีค่าความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งหมายถึงว่ายิ่งระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาของคนงานมากอัตราการเกิดอุบัติเหตุยิ่งมากขึ้น การฝึกอบรมนั้นควรทำให้สมรรถนะของคนงานพัฒนาขึ้น ความสัมพันธ์นี้จึงต่างจากการคาดการณ์เบื้องต้น แต่เมื่อทำความเข้าใจในรายละเอียดพบว่า การฝึกอบรมคนงานมักดำเนินการโดยเพื่อนร่วมงานกันเอง ไม่ใช่ผู้ชำนาญการ ซึ่งอาจทำให้การฝึกอบรมไม่ได้ทำให้เกิดผลดี แต่กระนั้นผลลัพธ์ที่ได้นี้ก็สอดคล้องกับ Patel and Jha (2015) ที่อ้างว่ากระบวนการฝึกอบรมหรือให้ความรู้ส่งผลต่อการเสริมสร้างสมรรถนะในการทำงานและบรรยากาศความปลอดภัยในการทำงานน้อยมาก

สำหรับแบบจำลอง ANN มีผลลัพธ์เป็นเครือข่าย 35-17-2 (35 นิวรอนใน Input Layer; 17 นิวรอนใน Hidden Layer; และ 2 นิวรอนใน Output Layer) ที่ผ่านกระบวนการฝึกฝนด้วยความแม่นยำที่ 92% และมีค่า RMSE ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.266 ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ผลของการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ANN มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลอง LR เนื่องจากสามารถทำนายเหตุการณ์ได้แม่นยำกว่ามาก โดยมีค่าความแม่นยำถึง 90% สูงกว่าของแบบจำลอง LR ที่มีความแม่นยำ 75% วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยเทคนิค ANN จึงเหมาะสมสำหรับ CWBM สอดคล้องกับ Goh and Sa'adon (2015) ที่แนะนำว่าวิธี ANN เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของคอนกรีตก่อสร้างเช่นกัน ผลลัพธ์ที่ได้สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองที่พัฒนาด้วยวิธี ANN ซึ่งเป็นเทคนิคแบบ Artificial Intelligence (AI) ที่ลอกเลียนการทำงานของสมองมนุษย์ คล้ายกับแบบจำลอง CWBM ที่ต้องการจำลองสะท้อนกระบวนการความคิดของคอนกรีตที่ส่งผ่านออกมาเป็นพฤติกรรมการทำงานของพวกเขา



บทที่ 6 บทสรุป

6.1 สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาและข้อมูลสถิติอุบัติเหตุในงานก่อสร้างชี้ว่าสาเหตุหลักของอุบัติเหตุคือพฤติกรรมการทำงานของตัวคนงานนั่นเอง ดังนั้นความเข้าใจถึงกลไกการเกิดพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยจะช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด การใช้มุมมองของวิศวกรรมระบบประสาทร (Cognitive System Engineering) ช่วยให้สามารถอธิบายกลไกการเกิดข้อผิดพลาดและพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี โดยเกี่ยวข้องกับปัจจัยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่กำหนดความต้องการของงาน (Task Demand) และความสามารถของคนงาน (Capacity) ซึ่งจะช่วยให้สามารถระบุสภาพเป็นจริงของการทำงานก่อสร้าง การสร้างแบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุของคนงานด้วยมุมมองวิศวกรรมระบบประสาทจะทำให้ประสิทธิภาพของการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างดีขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Worker Behaviors Model: CWBM) ที่ทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยด้านความต้องการของงาน (Task Demand) และด้านความสามารถของคนงาน (Capacity) ตามหลักการวิศวกรรมระบบประสาท ซึ่งการเกิดอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับปัจจัยองค์ประกอบทั้งสองด้านแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear Relationships) แนวคิดของแบบจำลอง CWBM ได้จากการสังเคราะห์ Rasmussen (1997) ที่อธิบายการทำงานของคนที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสีย และ Fuller (2005) ที่อธิบายกลไกการรักษาสภาพสมดุลระหว่างความต้องการของงานและความสามารถของผู้ใช้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุทางจราจร การพัฒนาแบบจำลอง CWBM เริ่มจากการกำหนดปัจจัยองค์ประกอบเบื้องต้นของแบบจำลองจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาและการสำรวจเก็บข้อมูลในโครงการก่อสร้าง จากนั้นทำการคัดเลือกปัจจัยด้วยวิธี Delphi และหาค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยวิธี AHP โดยคณะผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยอาคารสูงจำนวน 9 ท่าน ผลที่ได้คือปัจจัยด้านความต้องการของงานรวม 23 ปัจจัย (TD1 – TD23) และปัจจัยด้านความสามารถของคนงานรวม 12 ปัจจัย (C1 – C12) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการทำงานก่อสร้างประเภทโครงการอาคารสูง

การสร้างของแบบจำลอง CWBM ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยองค์ประกอบทั้ง 35 ปัจจัย และเหตุการณ์อุบัติเหตุ ด้วยเทคนิค ANN โดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์อุบัติเหตุจริงจำนวน 100 เหตุการณ์ และการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองใช้ข้อมูลเหตุการณ์อุบัติเหตุจริงจำนวน 20 เหตุการณ์ ได้ผลทดสอบเป็นค่าความแม่นยำในการทำนายเหตุการณ์เท่ากับ 90% ทั้งนี้เนื่องจากความร้ายแรงของเหตุการณ์

อุบัติเหตุที่ใช้นั้นมีความแตกต่างและหลากหลายระดับ ตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อยจนเข้าโรงพยาบาล แต่แบบจำลองจะทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้เพียงเกิดหรือไม่เกิดเท่านั้น ทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการทำนายอยู่ด้วย

6.2 วิธีการใช้งานแบบจำลอง CWBM

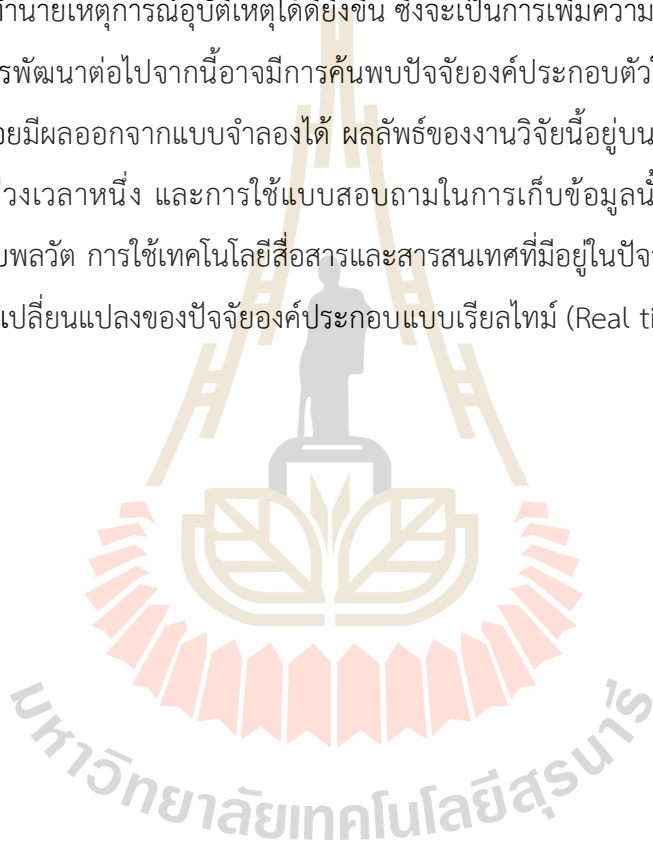
ผลการวิจัยได้แบบจำลอง CWBM ที่พัฒนาด้วย ANN สำหรับการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูง โดยวิธีการใช้งานแบบจำลองสามารถดำเนินการเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Procedure) สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารสูง เรียกว่า การประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคณงานก่อสร้าง (Accident Assessment of Construction Workers) ซึ่งขั้นตอนการประเมินนี้จะกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงความปลอดภัยในทีมงานก่อสร้างทุกระดับทั้งผู้บริหารจนถึงคณงาน ทั้งผู้ที่มีประสบการณ์สูงและน้อย และจะพัฒนาให้เกิดการทำงานอย่างมีอาชีพ การประเมินด้วยแบบจำลอง CWBM ของคณงานแต่ละคนก่อนเริ่มปฏิบัติงานในแต่ละวัน โดยใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ผู้ประเมินควรเป็นหัวหน้างาน (Headman) ของคณงานแต่ละชุด หรือผู้ที่มีหน้าที่บริหารจัดการแรงงาน ซึ่งผลการประเมินจะสามารถบ่งชี้คณงานที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งอาจผู้ที่มีความผิดปกติหรือไม่พร้อมสำหรับการทำงานที่ได้รับมอบหมาย จึงควรมีมาตรการป้องกันด้วยการสับเปลี่ยนคณงานอื่นที่มีความพร้อมและเหมาะสมมาแทนที่ แต่หากไม่สามารถจัดหาคณงานทดแทนได้ จะต้องเพิ่มมาตรการความปลอดภัยและการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ

หน้าที่ความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ในการดำเนินขั้นตอนการประเมิน ได้แก่ ผู้จัดการโครงการ (Project Manager) เป็นผู้จัดสรรงบประมาณ มอบนโยบาย และกำหนดหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการประเมินคณงาน (Worker) มีหน้าที่เข้ารับการประเมินก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกวัน หัวหน้าคณงาน (Headman) เป็นผู้ประเมินคณงานทุกคนในการบังคับบัญชาของตนเองเพียงคนเดียว โดยปราศจากอคติ ด้วยแบบฟอร์มการประเมิน (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข) ที่ประกอบด้วยคำถามระดับของปัจจัยองค์ประกอบทั้ง 35 ปัจจัย ที่เป็นมาตรวัด 5 ระดับ เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคคล (Human Resource Officer) เป็นผู้วิเคราะห์ผลการประเมินของคณงานด้วยการนำค่าระดับของปัจจัยเข้าสู่แบบจำลอง CWBM เพื่อให้ได้ค่าการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ จากนั้นจึงจัดการแรงงานให้มีจำนวนและคุณสมบัติที่เหมาะสม และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (Safety Officer) เป็นผู้จัดทำรายงานประจำวันของการประเมินนี้และสถิติการเกิดอุบัติเหตุ รวมทั้งบังคับใช้มาตรการความปลอดภัยเพิ่มเติมสำหรับคณงานที่ถูกทำนายว่าจะเกิดอุบัติเหตุ

6.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการวิจัยมีดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากโครงการก่อสร้างอาคารสูงของประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งทำให้สามารถประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ที่ได้กับโครงการในประเทศที่มีบริบทคล้ายกันเท่านั้น และการศึกษานี้ยังเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างที่ยินดีให้ความร่วมมือและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกเท่านั้น เพื่อให้ได้จำนวนข้อมูลที่มากพอเพียงสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญ วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างนี้จึงอาจมีต่อความถูกต้องของผลสรุปของงานวิจัย และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อาจจะไม่เป็นตัวแทนทั่วไปของคณงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงควรใช้การสุ่มตัวอย่างแบบชั้น (Stratified Sampling) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้ อย่างไรก็ตามการใช้ชุดข้อมูลจำนวน 120 ชุดในการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองก็เป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ การใช้ชุดข้อมูลจำนวนมากขึ้นอีกจะช่วยให้สามารถพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ในการทำนายเหตุการณ์อุบัติเหตุได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแม่นยำและเชื่อถือได้ของแบบจำลองนี้ และในการพัฒนาต่อไปจากนี้อาจมีการค้นพบปัจจัยองค์ประกอบตัวใหม่เข้ามาในแบบจำลองหรือการจัดตัวแปรที่ไม่ค่อยมีผลออกจากแบบจำลองได้ ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้อยู่บนพื้นฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เก็บได้จากช่วงเวลาหนึ่ง และการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลนั้นอาจไม่สะท้อนผลของสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบพลวัต การใช้เทคโนโลยีสื่อสารและสารสนเทศที่มีอยู่ในปัจจุบันอาจจะเป็นทางเลือกสำหรับการติดตามติดตามความเปลี่ยนแปลงของปัจจัยองค์ประกอบแบบเรียลไทม์ (Real time) ที่มีผลต่อพฤติกรรมของคณงานได้



บรรณานุกรม

- Abdelhamid, Tariq S., and John G. Everett. 2000. "Identifying Root Causes of Construction Accidents." *Journal of Construction Engineering and Management* 126 (1): 52–60.
- Ai Lin Teo, E., and Yean Yng Ling, F. 2006. "Developing a model to measure the effectiveness of safety management systems of construction sites." *Building and Environment* 41(11), 1584-1592.
- Aminbakhsh, S., Gunduz, M., and Sonmez, R. 2013. "Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects." *Journal of Safety Research* 46, 99-105.
- Ballard, Glenn, and Gregory Howell. 1998. "Shielding Production: Essential Step in Production Control." *Journal of Construction Engineering and Management* 124 (1): 11–17.
- Bernold, Leonhard E., Steven J. Lorenc, and Maureen L. Davis. 2001. "Technological Intervention to Eliminate Back Injury Risks for Nailing." *Journal of Construction Engineering and Management* 127 (3): 245–250.
- Berry, M. J., and Linoff, G. 1997. *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer support*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- BLS (Bureau of Labor Statistics) 2015. *Census of fatal occupational injuries (CFOI) – Current and Revised Data*. Retrieved from <https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0014.pdf>
- Chua, D., Kog, Y., Loh, P., and Jaselskis, E. 1997. "Model for construction budget performance- Neural network approach." *Journal of Construction Engineering and Management* 123(3), 214-222.
- Da Cruz, M. R. P., Ferreira, J. J., and Azevedo, S. G. 2013. "Key factors of seaport competitiveness based on the stakeholder perspective: An Analytic Hierarchy Process (AHP) model.
- Delen, D., Sharda, R., and Bessonov, M. 2006. "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks." *Accident Analysis & Prevention* 38(3), 434-444.
- Dvir, D., Ben-David, A., Sadeh, A., and Shenhar, A. J. 2006. "Critical managerial factors affecting defense projects success: A comparison between neural network and regression analysis." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 19(5), 535-543.

- Elhag, T. M. S., and Wang, Y.-M. 2007. "Risk assessment for bridge maintenance projects: Neural networks versus regression techniques." *Journal of Computing in Civil Engineering* 21(6): 402-409.
- Everett, John G. 1999. "Overexertion Injuries in Construction." *Journal of Construction Engineering and Management* 125 (2): 109–114.
- Fang, Dongping, Chen Zhao, and Mengchun Zhang. 2016. "A Cognitive Model of Construction Workers' Unsafe Behaviors." *Journal of Construction Engineering and Management* 142 (9): 04016039.
- Fang, D., Chen, Y., and Wong, L. 2006. "Safety climate in construction industry: a case study in Hong Kong." *Journal of Construction Engineering and Management* 132(6), 573-584.
- Field, A. 2009. *Discovering statistics using SPSS*: Sage publications.
- Fuller, Ray. 2005. "Towards a General Theory of Driver Behaviour." *Accident Analysis & Prevention* 37 (3): 461–472.
- Gambatese, Jgray A., J. Hinze, and Michael Behm. 2005. "Investigation of the Viability of Designing for Safety." The Center to Protect Workers' Rights, Silver Spring, MD, USA.
- Gambatese, John A. 2000. "Safety Constructability: Designer Involvement in Construction Site Safety." In *Construction Congress VI: Building Together for a Better Tomorrow in an Increasingly Complex World*, 650–660.
- Goh, Y. M., and Sa'adon, N. F. B. 2015. "Cognitive factors influencing safety behavior at height: A multimethod exploratory study." *Journal of Construction Engineering and Management* 141(6).
- Goh, Y. M., and Chua, D. 2013. "Neural network analysis of construction safety management systems: a case study in Singapore." *Construction Management and Economics* 31(5), 460-470.
- Goodman, Paul S., and Steven Garber. 1988. "Absenteeism and Accidents in a Dangerous Environment: Empirical Analysis of Underground Coal Mines." *Journal of Applied Psychology* 73 (1): 81.
- Hallowell, M., and Gambatese, J. 2010. "Population and Initial Validation of a Formal Model for Construction Safety Risk Management." *Journal of Construction Engineering and Management* 136(9), 981-990.
- Haslam, R. A., Hide, S. A., Gibb, A. G. F., Gyi, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., and Duff, A. R. 2005. "Contributing factors in construction accidents." *Applied Ergonomics* 36(4), 401-415.

- Hinze, J. 1997. "The Distractions Theory of Accident Causation." CIB REPORT, 112–121.
- Hinze, Jimmie. 1978. "Turnover, New Workers, and Safety." *Journal of the Construction Division* 104 (4): 409–417.
- Hinze, J. 1981. "Human Aspects of Construction Safety." *Journal of the Construction Division* 107 (1): 61–72.
- Hinze, Jimmie, and Henry W. Parker. 1978. "Safety: Productivity and Job Pressures." *Journal of the Construction Division* 104 (1): 27–34.
- Hinze, Jimmie, and Francis Wiegand. 1992. "Role of Designers in Construction Worker Safety." *Journal of Construction Engineering and Management* 118 (4): 677–684.
- Howell, Gregory A., Glenn Ballard, Tariq S. Abdelhamid, and Panagiotis Mitropoulos. 2003. "Rethinking Safety: Learning to Work near the Edge." In *Construction Research Congress: Wind of Change: Integration and Innovation*, 1–8.
- Hsiao, Hongwei, and Petre Simeonov. 2001. "Preventing Falls from Roofs: A Critical Review." *Ergonomics* 44 (5): 537–561.
- Hsu, D. J., Sun, Y. M., Chuang, K. H., Juang, Y. J., and Chang, F. L. 2008. "Effect of elevation change on work fatigue and physiological symptoms for high-rise building construction workers." *Safety Science* 46(5): 833–843.
- Hsu, P.-F., and Chen, B.-Y. 2007. "Developing and implementing a selection model for bedding chain retail store franchisee using Delphi and fuzzy AHP." *Quality & Quantity* 41(2), 275–290.
- ILO (International Labor Organization) 2005. Facts on safety work. Retrieved from http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—dgreports/—dcomm/documents/publication/wcms_067574.pdf
- Iverson, Roderick D., and Peter J. Erwin. 1997. "Predicting Occupational Injury: The Role of Affectivity." *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 70 (2): 113–128.
- Jaselskis, Edward J., Stuart D. Anderson, and Jeffrey S. Russell. 1996. "Strategies for Achieving Excellence in Construction Safety Performance." *Journal of Construction Engineering and Management* 122 (1): 61–70.
- Jha, K. N., and Chockalingam, C. T. 2009. "Prediction of quality performance using artificial neural networks: Evidence from Indian construction projects." *Journal of Advances in Management Research* 6(1), 70–86.

- Kleinbaum, D. G., Klein, M., & Pryor, E. (2002). *Logistic regression: a self-learning text* Springer, New York, USA.
- Levitt, Raymond E. 1975. "The Effect of Top Management on Safety in Construction."
- Levitt, Raymond Elliot, and Nancy Morse Samelson. 1993. *Construction Safety Management*. John Wiley & Sons.
- Lingard, H., Cooke, T., and Blismas, N. 2012. "Do perceptions of supervisors' safety responses mediate the relationship between perceptions of the organizational safety climate and incident rates in the construction supply chain?" *Journal of Construction Engineering and Management* 138(2), 234-241.
- Liske, Roger W., David W. Goodloe, and Rana Sen. 1993. *Zero Accident Techniques*. Construction Industry Institute, University of Texas at Austin.
- Loughborough University and UMIST. 2003. *Causal factors in construction accidents RR 156*. Sudbury, Suffolk, UK: HSE Books
- McClay, Robert E. 1989. "Toward a More Universal Model of Loss Incident Causation." *Professional Safety* 34 (1): 15.
- Mitropoulos, Panagiotis, Tariq S. Abdelhamid, and Gregory A. Howell. 2005. "Systems Model of Construction Accident Causation." *Journal of Construction Engineering and Management* 131 (7): 816–25. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:7\(816\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:7(816)).
- Mitropoulos, Panagiotis 'Takis,' and Gerardo Cupido. 2009. "The Role of Production and Teamwork Practices in Construction Safety: A Cognitive Model and an Empirical Case Study." *Journal of Safety Research* 40 (4): 265–75. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.05.002>.
- Mitropoulos, P., and Namboodiri, M. 2011. "New Method for Measuring the Safety Risk of Construction Activities: Task Demand Assessment." *Journal of Construction Engineering and Management* 137(1), 30-38.
- Mohamed, Sherif. 2002. "Safety Climate in Construction Site Environments." *Journal of Construction Engineering and Management* 128 (5): 375–384.
- Mohamed, S., Ali, T. H., and Tam, W. 2009. "National culture and safe work behaviour of construction workers in Pakistan." *Safety Science* 47(1): 29-35.
- Molenaar, Keith, Hyman Brown, Shreve Caille, and Roger Smith. 2002. "Corporate Culture." *Professional Safety* 47 (7): 18–27.

- MOM (Ministry of Manpower) 2008. Reports and statistics. Retrieved from http://www.mom.gov.sg/Home/Pages/reports_and_statistics.aspx
- Moradi, A., Etebarian, A., Shirvani, A., and Soltani, I. 2014. "Development of a fuzzy model for Iranian marine casualties management." *Journal of Fuzzy Set Valued Analysis* 2014, 1-17.
- Patel, D. A., and Jha, K. N. 2015. "Neural network approach for safety climate prediction." *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 05014027.
- Omran, B. A., Chen, Q., and Jin, R. 2016. "Comparison of Data Mining Techniques for Predicting Compressive Strength of Environmentally Friendly Concrete." *Journal of Computing in Civil Engineering* 30(6).
- Raheem, A. A., & Issa, R. R. 2016. "Safety implementation framework for Pakistani construction industry." *Safety Science* 82, 301-314.
- Rajendran, S., Gambatese, J. A., and Behm, M. G. 2009. "Impact of green building design and construction on worker safety and health." *Journal of Construction Engineering and Management* 135(10): 1058-1066.
- Rasmussen, Jens. 1997. "Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem." *Safety Science* 27 (2-3): 183-213. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0).
- Rasmussen, Jens, Annelise Mark Pejtersen, and Len P. Goodstein. 1994. "Cognitive Systems Engineering."
- Reason, James. 1990. *Human Error*. Cambridge university press.
- Rigby, Lynn V. 1970. "NATURE OF HUMAN ERROR." Sandia Labs., Albuquerque, N. Mex.
- Roberts, D. Steve, and E. Scott Geller. 1995. "An 'Actively Caring' Model for Occupational Safety: A Field Test." *Applied and Preventive Psychology* 4 (1): 53-59.
- Rowe, G., & Wright, G. 1999. "The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis." *International journal of forecasting* 15(4), 353-375.
- Rumelhart, D. E., Widrow, B., and Lehr, M. A. 1994. "The basic ideas in neural networks." *Communications of the ACM* 37(3), 87-93.
- Saaty, T. L. 2008. "Decision making with the analytic hierarchy process." *International Journal of Services Sciences* 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L. 2002. "How to make and justify a decision: The Analytic Hierarchy Process." *System Research and Information Technologies* 1, 95-108.

- Saurin, Tarcisio Abreu, and Lia Buarque de Macedo Guimarães. 2006. "Ergonomic Assessment of Suspended Scaffolds." *International Journal of Industrial Ergonomics* 36 (3): 229–237.
- Scharf, Ted, Charlie Vaught, Pamela Kidd, Lisa Steiner, Kathleen Kowalski, Bill Wiehagen, Lynn Rethi, and Henry Cole. 2001. "Toward a Typology of Dynamic and Hazardous Work Environments." *Human and Ecological Risk Assessment* 7 (7): 1827–1841.
- Shapira, A., and Goldenberg, M. 2005. "AHP-based equipment selection model for construction projects." *Journal of Construction Engineering and Management* 131(12), 1263-1273.
- Shapira, A., and Simcha, M. 2009. "AHP-based weighting of factors affecting safety on construction sites with tower cranes." *Journal of Construction Engineering and Management* 135(4), 307-318.
- Sousa, V., Almeida, N. M., and Dias, L. A. 2014. "Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry – Part 1: Background knowledge." *Safety Science* 66 (Supplement C), 75-86.
- SSO (Social Security Office) 2015. Record of occupational injuries classified by severity and type of firm on year 2015. Retrieved from <http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook2558.pdf>
- Suraji, Akhmad, A. Roy Duff, and Stephen J. Peckitt. 2001. "Development of Causal Model of Construction Accident Causation." *Journal of Construction Engineering and Management* 127 (4): 337–344.
- Thomassen, Mikkel Andreas, Dag Sander, Kristine Ann Barnes, and Anni Nielsen. 2003. "Experience and Results from Implementing Lean Construction in a Large Danish Contracting Firm." In *Proceedings of 11th Annual Conference on Lean Construction*, 644–655.
- Threlfall, D. 2000. "A Railroad Company Investigates the Human Side of Safety." *Industrial Safety & Hygiene News (ISHN)*.
- Toole, T. Michael. 2002. "Construction Site Safety Roles." *Journal of Construction Engineering and Management* 128 (3): 203–210.
- Vander Molen, Henk F., Robin Grouwstra, P. Paul FM Kuijer, Judith K. Sluiter, and Monique HW Frings-Dresen. 2004. "Efficacy of Adjusting Working Height and Mechanizing of

Transport on Physical Work Demands and Local Discomfort in Construction Work.”
Ergonomics 47 (7): 772–783.

Weyman, Andrew, David D. Clarke, and Tom Cox. 2003. “Developing a Factor Model of Coal Miners’ Attributions on Risk-Taking at Work.” Work and Stress 17 (4): 306–320.

Witten, I. H. 2011. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. Burlington, MA: Morgan Kaufmann.

Wright, G., Lawrence, M. J., & Collopy, F. 1996. "The role and validity of judgment in forecasting." International journal of forecasting 12(1), 1-8.

Zhou, Z., Goh, Y. M., and Li, Q. 2015. "Overview and analysis of safety management studies in the construction industry." Safety Science 72(Supplement C), 337-350.

วิกิพีเดีย 2019. "ประชาชน" Retrieved 1 August 2019 from <https://th.wikipedia.org/wiki/ประชาชน>.



ภาคผนวก ก แบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูลการพัฒนาแบบจำลอง CWBM

แบบสอบถามเรื่อง ความต้องการของงานและความสามารถของพนักงานที่สัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

คำชี้แจง:

1. แบบสอบถามนี้ต้องการเก็บข้อมูลค่าระดับความต้องการของงานและความสามารถของพนักงานในขณะทีประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุในการทำงานก่อสร้างอาคารสูง
2. ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานที่ประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุที่ผ่านมาโดยตรง และรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์อุบัติเหตุ
3. เหตุการณ์อุบัติเหตุเป็นอุบัติเหตุที่มีการบันทึกรายละเอียดไว้ในรายงานความปลอดภัยของโครงการ และต้องไม่เป็นอุบัติเหตุที่ร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต และเกิดขึ้นภายใน 3 เดือนจากวันที่สัมภาษณ์
4. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่
 - ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้าง จำนวน 10 ข้อ
 - ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ จำนวน 8 ข้อ
 - ตอนที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดของเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ/ไม่เกิดอุบัติเหตุ จำนวน 13 ข้อ
 - ตอนที่ 3 ข้อมูลระดับความต้องการของงานขณะทีประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ จำนวน 23 ข้อ
 - ตอนที่ 4 ข้อมูลระดับความสามารถของพนักงานขณะทีประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ จำนวน 12 ข้อ
5. ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลคำตอบแบบสอบถามจะเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบต่อตัวท่านผู้ตอบหรือองค์กรของท่าน

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโครงการก่อสร้าง

1. ชื่อโครงการ _____
ที่ตั้งเลขที่ _____ ซอย/ถนน _____
เขต/อำเภอ _____ จังหวัด _____
2. องค์กรเจ้าของโครงการ
☐ หน่วยงานรัฐบาล ☐ รัฐวิสาหกิจ
☐ เอกชน ☐ อื่น ๆ
3. ลักษณะการใช้สอยอาคาร
☐ ที่อยู่อาศัย ☐ สำนักงาน
☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ สาธารณะหรือกิจกรรมทางราชการ
☐ อื่น ๆ
4. มูลค่าของโครงการ (ล้านบาท) _____
5. ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตร.ม.) _____
6. จำนวนชั้น (ชั้น) _____
7. ระยะเวลาก่อสร้างของโครงการตามสัญญา (วัน) _____
8. ความก้าวหน้าของโครงการถึงปัจจุบัน (%) _____ ชั่วโมงหรือเร็วกว่าแผนงาน _____
9. จำนวนผู้รับเหมาช่วง (ราย) _____
10. จำนวนคนงานทั้งหมดโดยเฉลี่ยภายในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา (คน) _____

ส่วนที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดของการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ

1. ชื่อ _____ นามสกุล _____
2. ภูมิลำเนา จังหวัด _____ โทรศัพท์ _____
3. สัญชาติ _____ เชื้อชาติ _____
4. อัตราค่าจ้างต่อวัน (บาท) _____
5. ระยะเวลาที่ทำงานกับบริษัทปัจจุบัน (ปี) _____
6. ประสบการณ์ในงานที่ทำ (ปี) _____
7. บทบาทของบริษัทผู้ว่าจ้าง ☐ ผู้รับเหมาหลัก ☐ ผู้รับเหมาช่วง ☐ อื่นๆ
8. ประวัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ _____

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. ลักษณะประเภทยุบัติเหตุ_____
2. ลักษณะการบาดเจ็บ_____
3. ระยะเวลาหยุดงานเนื่องจากอุบัติเหตุ (วัน หรือ ชั่วโมง)_____
4. วันเวลาที่เกิด_____
5. หน้าที่ความรับผิดชอบ_____
6. กิจกรรมก่อสร้างที่ทำ_____
7. สถานที่_____
8. เพื่อนร่วมงาน_____
9. เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้_____
10. สภาพแวดล้อมทางกายภาพ_____
11. อธิบายสาเหตุของอุบัติเหตุ_____
12. รายละเอียดอื่น ๆ โดยย่อ_____
13. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุที่สามารถค้นหาได้:
รายงานการเกิดอุบัติเหตุ_____
Method Statement_____
การประเมินความเสี่ยง_____
ผังองค์กร_____
เอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง_____

ตอนที่ 3 ข้อมูลระดับความต้องการของงานขณะที่ประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ

รายละเอียดของปัจจัยด้านความต้องการของงาน	ระดับการประเมิน						
TD1 ความซับซ้อนของงาน ความซับซ้อนของงานเมื่อเทียบกับที่เคยทำมา	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD2 การขนย้ายวัสดุก่อสร้าง การขนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งภายในสถานที่ก่อสร้าง	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD3 การประสานงานกับงานอื่น ๆ ต้องมีการประสานงานกับงานอื่น ๆ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD4 ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ได้จริงสำหรับการทำงาน ความพอเพียงของขนาดพื้นที่สำหรับการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD5 ชนิดของวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสมของวัสดุหลักที่ทำงานด้วย	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD6 เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสม เพียงพอ หรือสภาพที่พร้อมใช้งาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD7 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสม เพียงพอ หรือสภาพที่พร้อมใช้งาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD8 แบบก่อสร้าง ความยากง่ายในการก่อสร้าง	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD9 วิธีการก่อสร้าง ความยากง่ายในการปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD10 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม ค่าระยะคลาดเคลื่อน ขนาด หรือมิติ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD11 คุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์ ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD12 สภาพอากาศขณะที่ปฏิบัติงาน ความเอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD13 สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ ความเหมาะสมของ เสียง แสงสว่าง การระบายอากาศ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD14 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ สภาพความสะอาดและเป็นระเบียบที่เหมาะสมต่อการทำงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
TD15 การรบกวนจากงานอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกัน การรบกวนสมาธิของงานอื่น ๆ ที่ทำอยู่ข้างเคียง	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD16 สวัสดิการของโครงการ ความเพียงพอของสวัสดิการที่ถูกจัดหาไว้ให้บริการ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD17 ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมจากงานที่ปฏิบัติ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

TD18 การเร่งงาน สถานะความก้าวหน้าของโครงการเทียบกับแผนงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD19 การบังคับใช้กฎความปลอดภัย ความเข้มงวดของการบังคับใช้กฎความปลอดภัยของโครงการ	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
TD20 จำนวนคนงาน ความเพียงพอของจำนวนคนงานที่ช่วยกันทำงานนั้น	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD21 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD22 จำนวนหัวหน้างานที่มอบหมายงาน ความเหมาะสมของการมอบหมายงานโดยหัวหน้างาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD23 การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน ความฉับพลันของการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

ตอนที่ 4 ข้อมูลระดับความสามารถของคนงานขณะที่ประสบ/ไม่ประสบอุบัติเหตุ

รายละเอียดของปัจจัยด้านความสามารถของคนงาน	ระดับการประเมิน						
C1 ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ ระดับของประสบการณ์การทำงานและความชำนาญ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C2 การฝึกอบรมในงานที่ทำ ระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C3 สภาพร่างกายและความแข็งแรงของร่างกาย สภาพการเจ็บป่วย โรคประจำตัว หรือใช้สารเสพติด	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C4 พฤติกรรมการเร่งรีบ สภาพการเร่งรีบของงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C5 ความเหนื่อยล้าของร่างกาย ระดับความเหนื่อยล้าของร่างกายจากการทำงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C6 ความหงุดหงิดของจิตใจ ระดับความหงุดหงิดของจิตใจทั้งจากเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C7 ความพึงพอใจและทัศนคติต่องาน ระดับความพึงพอใจและทัศนคติต่องานที่ทำ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C8 ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน สถานภาพความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C9 ความตั้งใจในการทำงาน ระดับความตั้งใจในการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C10 ความไม่ประมาท ความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C11 ประสบการณ์การทำงานของผู้ควบคุมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

ระดับประสบการณ์และความชำนาญงานของผู้ควบคุมงาน							
C12 ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน ระดับความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด



ภาคผนวก ข แบบการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคณงานก่อสร้าง

แบบฟอร์มการประเมินปัจจัยองค์ประกอบของแบบจำลอง CWBM ด้วยวิธี ANN

วันที่ _____ เวลา _____	โครงการ _____
ผู้ถูกประเมิน _____	ผู้ประเมิน _____
งานที่มอบหมาย _____	ตำแหน่งปฏิบัติงาน _____

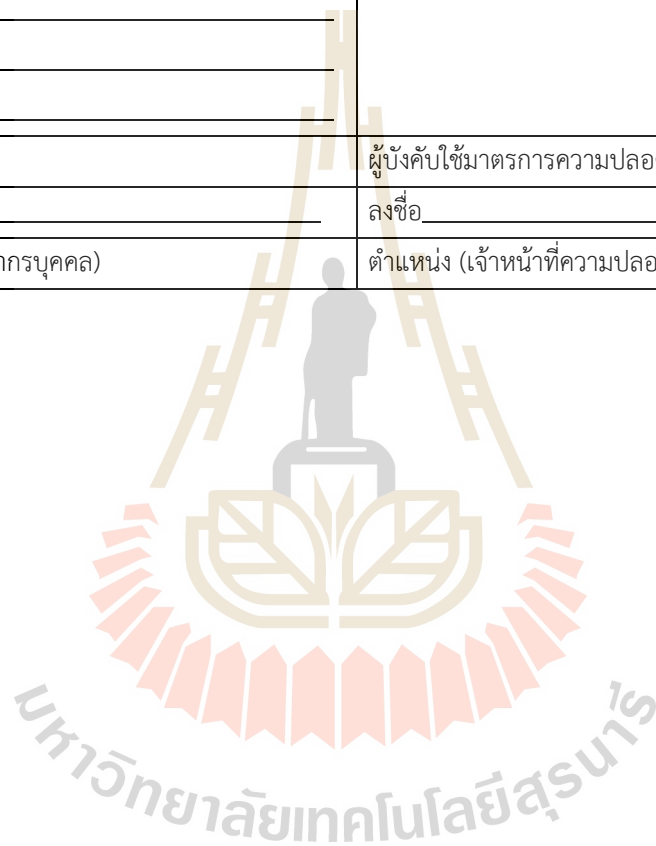
รายละเอียดของปัจจัยด้านความต้องการของงาน	ระดับการประเมิน						
TD1 ความซับซ้อนของงาน ความซับซ้อนของงานเมื่อเทียบกับที่เคยทำมา	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD2 การขนย้ายวัสดุก่อสร้าง การขนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในสถานที่ก่อสร้าง	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD3 การประสานงานกับงานอื่น ๆ ต้องมีการประสานงานกับงานอื่น ๆ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD4 ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ได้จริงสำหรับการทำงาน ความพอเพียงของขนาดพื้นที่สำหรับการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD5 ชนิดของวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสมของวัสดุหลักที่ทำงานด้วย	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD6 เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสม เพียงพอ หรือสภาพที่พร้อมใช้งาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD7 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความเหมาะสม เพียงพอ หรือสภาพที่พร้อมใช้งาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD8 แบบก่อสร้าง ความยากง่ายในการก่อสร้าง	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD9 วิธีการก่อสร้าง ความยากง่ายในการปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
TD10 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามหลักวิศวกรรม ค่าระยะคลาดเคลื่อน ขนาด หรือมิติ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD11 คุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์ ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD12 สภาพอากาศขณะที่ปฏิบัติงาน ความเอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
TD13 สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

ความเหมาะสมของ เสียง แสงสว่าง การระบายอากาศ	
TD14 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ สภาพความสะอาดและเป็นระเบียบที่เหมาะสมต่อการทำงาน	มากที่สุด 1 2 3 4 5 น้อยที่สุด
TD15 การรบกวนจากงานอื่นที่อยู่บริเวณเดียวกัน การรบกวนสมาธิของงานอื่น ๆ ที่ทำอยู่ข้างเคียง	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD16 สวัสดิการของโครงการ ความเพียงพอของสวัสดิการที่ถูกจัดหาไว้ให้บริการ	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD17 ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมจากงานที่ปฏิบัติ	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD18 การเร่งงาน สถานะความก้าวหน้าของโครงการเทียบกับแผนงาน	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD19 การบังคับใช้กฎความปลอดภัย ความเข้มงวดของการบังคับใช้กฎความปลอดภัยของโครงการ	มากที่สุด 1 2 3 4 5 น้อยที่สุด
TD20 จำนวนคนงาน ความเพียงพอของจำนวนคนงานที่ช่วยกันทำงานนั้น	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD21 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD22 จำนวนหัวหน้างานที่มอบหมายงาน ความเหมาะสมของการมอบหมายงานโดยหัวหน้างาน	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด
TD23 การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน ความฉับพลันของการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน	น้อยที่สุด 1 2 3 4 5 มากที่สุด

รายละเอียดของปัจจัยด้านความสามารถของคนงาน	ระดับการประเมิน						
C1 ประสิทธิภาพและความชำนาญในงานที่ทำ ระดับของประสิทธิภาพการทำงานและความชำนาญ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C2 การฝึกอบรมในงานที่ทำ ระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C3 สภาพร่างกายและความแข็งแรงของร่างกาย สภาพการเจ็บป่วย โรคประจำตัว หรือใช้สารเสพติด	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C4 พฤติกรรมการเร่งรีบ สภาพการเร่งรีบของงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C5 ความเหนื่อยล้าของร่างกาย ระดับความเหนื่อยล้าของร่างกายจากการทำงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C6 ความหงุดหงิดของจิตใจ ระดับความหงุดหงิดของจิตใจทั้งจากเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
C7 ความพึงพอใจและทัศนคติต่องาน ระดับความพึงพอใจและทัศนคติต่องานที่ทำ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C8 ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน สถานภาพความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C9 ความตั้งใจในการทำงาน ระดับความตั้งใจในการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C10 ความไม่ประมาท ความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C11 ประสิทธิภาพการทำงานของผู้ควบคุมงาน ระดับประสิทธิภาพและความชำนาญงานของผู้ควบคุมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
C12 ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน ระดับความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

ผลการทำนายการเกิดอุบัติเหตุด้วยแบบจำลอง CWBM ด้วยวิธี ANN

☐ จะเกิดอุบัติเหตุ	☐ จะไม่เกิดอุบัติเหตุ
☐ ผู้ปฏิบัติงานนี้ไม่เหมาะสมกับงานที่ได้รับผิดชอบ	☐ ผู้ปฏิบัติงานนี้เหมาะสมกับงานที่ได้รับผิดชอบ
มาตรการแก้ไข	
☐ สับเปลี่ยนกับแรงงานอื่น	
☐ ให้ปฏิบัติงานโดยมีมาตรการความปลอดภัยเพิ่มเติม 	
ผู้วิเคราะห์ผล	ผู้บังคับใช้มาตรการความปลอดภัยเพิ่มเติม
ลงชื่อ _____	ลงชื่อ _____
ตำแหน่ง (เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคคล)	ตำแหน่ง (เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย)



ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อสกุล : ดร. วชรภูมิ เบญจโอฬาร (Dr. Vacharapoom Benjaoran)

ตำแหน่ง : รองศาสตราจารย์

ที่อยู่หน่วยงานที่ติดต่อได้ : สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224172, โทรสาร 044-224607
E-mail: vacharapoom@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา :

2005 – Doctor of Philosophy in Construction Management and IT,
School of Science and Technology, University of Teesside, Middlesbrough, UK.
2002 –Master of Engineering in Construction Engineering and Management,
School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
1997 – Bachelor of Engineering in Civil Engineering Program,
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

รางวัล :

2002 – Research Studentship to pursue PhD in Construction Management and IT at
School of Science and Technology, University of Teesside, UK.
2002 – Mahesh Varma Prize awarded for the most outstanding academic
performance among graduating master's students in Construction Engineering
and Management Program.
2000 – AIT-STAR Foundation full scholarship to pursue Master's Degree
at School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand.
1997 – Second Honour, Civil Engineering Program, Faculty of Engineering,

Chulalongkorn University, Thailand.

ประสบการณ์ทำงาน :

2011 to present Associate Professor, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

2008 – 2011 Assistant Professor, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

2007 – 2008 Full-time lecturer, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.

2005 – 2007 Full-time lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand.

2002 – 2005 Research Assistant, Centre for Construction Innovation and Research (CCIR), University of Teesside, Middlesbrough, UK.

1997 – 2000 Civil Engineer, Italian-Thai Development Public Company Limited, Bangkok, Thailand.

หัวข้อวิจัยที่สนใจ :

- Artificial intelligence, optimization, simulation, visualization and process modeling;
- Information and communication technology for construction industry;
- Cost accounting and control;
- Material waste reduction;

ผลงานทางวิชาการ :

- [1] Benjaoran, V., Tabyang, W., and Sooksil, N. (2015) “Precedence relationship options for the resource levelling problem using a genetic algorithm” Construction Management and Economics, 33(9), 711-723.
- [2] Tabyang, W. and Benjaoran, V. (2015) “Modified finance-based scheduling model with variable contractor-to-subcontractor payment arrangement” KSCE Journal of Civil Engineering, 20(5), 1621-1630.

- [3] Benjaoran, V. and BhoKha, S. (2014) "Three-Step Solutions for Cutting Stock Problem of Construction Steel Bars." Korean Society of Civil Engineers Journal of Civil Engineering, 18(5), 1239-1247.
- [4] Benjaoran, V. and Tabyang, W. (2013) "Construction Resource-Constrained Scheduling with Alternative Relationships Compared with the Conventional Method." The 2nd International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM), September 23-25, 2014, Yogyakarta, Indonesia.
- [5] Benjaoran, V. and Bhokha, S. (2013) "Cutting pattern generation for reinforcement bars using Intensive Search Algorithm." The Thirteenth East Asia-Pac Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13), September 11-13, 2013, Sapporo, Japan.
- [6] Benjaoran, V. and BhoKha, S. (2009) "Enhancing visualization of 4D CAD model compared to conventional methods." Engineering, Construction and Architectural Management, 16(4), 392-408.
- [7] Benjaoran, V. (2009) "A cost control system development: A collaborative approach for small and medium-sized contractors." International Journal of Project Management, 27(3), 270-277.
- [8] วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2009) เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management), สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 180 หน้า

