แบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุโดยพฤติกรรมการทำงาน ของคนงานก่อสร้าง

นายนาถ สุขศีล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2560

AN ACCIDENT PREDICTION MODEL BY CONSTRUCTION WORKERS' BEHAVIORS

Nart Sooksil

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2017

แบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุโดยพฤติกรรมการทำงาน
ของคนงานก่อสร้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.รัฐวุฒิ รู้แทนคุณ)
ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์)
กรรมการ

(ผศ. ดร.พรพจน์ ต้นเส็ง)
กรรมการ

(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นาถ สุขศีล : แบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุโดยพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (AN ACCIDENT PREDICTION MODEL BY CONSTRUCTION WORKERS' BEHAVIORS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 211 หน้า

สาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเกิดมาจากพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน การใช้มุมมองของพุทธิปัญญาช่วยให้สามารถอธิบายกลไกการเกิดข้อผิดพลาดและพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญาขึ้นมาสองแบบจำลอง แบบจำลองตัวแรกเป็นแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model: CSEM) ที่ได้ผนวกเอาหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนเข้ามาร่วมพิจารณา ส่วนตัวที่สองคือแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Workers Behaviors Model: CWBM) ซึ่งพัฒนาบนพื้นฐานแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง CSEM นั้นมีการคัดปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลองโดยใช้กระบวนการ Delphi และ AHP และนำแบบจำลองที่สมบูรณ์ไปทำการทดลองใช้งานในเหตุการณ์อุบัติเหตุจริง 100 เหตุการณ์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่ระบุว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ยานพาหนะนั้นไม่สามารถนำมาใช้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ แต่ปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลองที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญานั้นมีศักยภาพในการอธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานที่เกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวกับการเกิดอุบัติเหตุไม่เป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

ส่วนแบบจำลอง CWBM มีการนำวิธีการถดถอยแบบโลจิสติก (LR) และวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (ANN) มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเครื่องมือทำนายการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองทั้งสองได้ถูกพัฒนาและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้ผ่านเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโครงการก่อสร้างจำนวน 120 เหตุการณ์ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้าง 35-17-2 ได้ถูกเลือกให้เป็นแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุด้วยความระดับความแม่นยำที่ 90% ประสิทธิภาพของแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกแสดงให้

เห็นทั้งในกระบวนการพัฒนาและกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองและควรวางเป็นแบบจำลองการทำนายอุบัติเหตุของการศึกษานี้

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NART SOOKSIL : AN ACCIDENT PREDICTION MODEL BY CONSTRUCTION WORKERS' BEHAVIORS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VACHARAPOOM BENJAORAN, Ph.D., 211 PP.

CAPABILITY/COGNITIVE/CONSTRUCTION SAFETY/CONSTRUCTION WORKERS' BEHAVIORS/TASK DEMAND

The main causes of construction accident are mostly involved with unsafe behaviors of worker. Using a cognitive perspective can elucidate the mechanism of human error and how unsafe behaviors are produced. This research developed two construction accident models which based on cognitive principle. The first model called Construction Safety Equilibrium Model (CSEM), this model applies the conceptualization of the traffic accident process by which collisions occur. The second model has been developed by non-linear modeling methods which namely Construction Workers Behaviors Model (CWBM).

During the development process of CSEM, factor determination and weight of each factor have been identified through Delphi and AHP processes. The developed model has been verified by 100 cases of accident. The results showed that the conceptualization of the process by which collisions occur when task demands exceed capability unable to be applied on construction accident. Nonetheless, determinants of developed model have potential to explain the mechanism of on-site unsafe behaviors but in the form of non-linear relationship.

23 task demand and 12 capability determinants have been proposed in CWBM. These 35 determinants influence workers' behaviors and the likelihood of

accident. The two models utilizing Logistic Regression (LR) and Artificial Neural Network (ANN) techniques were developed as accident prediction models and the forecasting efficiency among these two models was investigated. A total of 120 empirical cases of accident/incident were used to verify the proposed models. The final result showed that the ANN-based model with 35-17-2 network has been selected as an accident prediction model with 90% of accuracy. The final results revealed that CWBM that utilized ANN technique should be placed as an accident predictor for high-rise construction project.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Civil Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จบรรลุเป้าหมายได้ ก็ด้วยการแนะนำและช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แง่คิด และข้อเสนอแนะแก่ผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดด้วยดีตลอดมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐวุฒิ รู้แทนคุณ อาจารย์ ดร. เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง และรองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร ในนามกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ โครงการก่อสร้างทุกโครงการที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าเก็บข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัยที่เข้าร่วมกระบวนการศึกษา และคนงานทุกท่านที่ได้เข้าร่วมในการให้ข้อมูลในการตอบแบบสอบถาม อาจารย์จีรพรรณ ดลรักษ์ ที่ได้ช่วยสร้างจุดเริ่มต้นของการศึกษาในสถาบันแห่งนี้และช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลบางส่วน ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นที่ปรึกษา ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยนครพนมที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา บิดา มารดา ที่คอยผลักดันและสนับสนุนในทุกด้าน ภรรยาและลูกชายที่คอยให้กำลังใจและช่วยเป็นแรงผลักดันอย่างดี พี่ชาย และพี่สาว ที่คอยเป็นกำลังใจ หากประโยชน์และคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีบ้างก็ขอมอบเป็นกตัญญุตาบูชาคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นาถ สุขศีล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... ค

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 6

1.3 กระบวนการวิจัย..... 6

1.3.1 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง.....6

1.3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง.....7

1.4 ขอบเขตการวิจัย..... 7

1.4.1 กลุ่มโครงการเป้าหมาย.....7

1.4.2 กลุ่มคนงานและผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัย. 8

1.4.3 ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ/เหตุการณ์. 8

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

1.6 รายการอ้างอิง..... 9

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

2.1 วิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัย..... 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.1 ทฤษฎีกฎเกณฑ์....11
2.1.2 ข้อผิดพลาดของมนุษย์ 12
2.1.3 วิศวกรรมพุทธิปัญญา.... .13
2.2 งานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง.... 15
2.3 แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง.... 18
2.4 พฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง.... 21
2.5 มุมมองของพุทธิปัญญา.... ...23
2.5.1 แบบจำลองพุทธิปัญญาสำหรับข้อผิดพลาดของมนุษย์ 23
2.5.2 การสร้างแบบจำลองสำหรับสังคมที่เป็นลักษณะพลวัต 29
2.5.3 แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานจราจรบนพื้นฐาน หลักการพุทธิปัญญา....33
2.5.4 แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างบนพื้นฐานหลักการ พุทธิปัญญา....35
2.6 กระบวนการคัดปัจจัยและให้น้ำหนักปัจจัย.... 38
2.6.1 กระบวนการ Delphi.... 38
2.6.2 กระบวนการ Analytical Hierarchy Process: AHP.... .39
2.7 แบบจำลองที่ไม่ใช่เส้นตรง.... .40
2.7.1 การถดถอยโลจิสติก....40
2.7.2 เครือข่ายประสาทเทียม....41
2.7.3 ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการถดถอยโลจิสติกและ เครือข่ายประสาทเทียม....42
2.8 ข้อสรุปและข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา.... 43
2.9 สิ่งที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้.... 50
2.10 รายการอ้างอิง.... 50
3 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง.... 62
3.1 บทคัดย่อ.... 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 บทนำ 64
3.3 กรอบการพัฒนาแบบจำลอง 68
3.4 หลักการพื้นฐานของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง 69
3.4.1 หลักการของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 69
3.4.2 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสมดุล ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 71
3.4.3 ส่วนประกอบเบื้องต้นของแบบจำลองสมดุล ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 72
3.5 ส่วนประกอบของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง 79
3.5.1 คณะผู้เชี่ยวชาญ 79
3.5.2 กระบวนการคัดปัจจัยโดยเทคนิค Delphi 80
3.5.3 กระบวนการให้น้ำหนักปัจจัยโดยเทคนิค AHP 83
3.5.4 ผลที่ได้จากกระบวนการ Delphi และ AHP 85
3.5.5 สรุปผลที่ได้จากศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM 91
3.6 การทดลองใช้งานแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง 92
3.6.1 แบบสอบถาม 93
3.6.2 กระบวนการวิเคราะห์ผล 93
3.6.3 ผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบจำลอง 94
3.6.4 สรุปผลที่ได้จากการทดลองใช้งานแบบจำลอง 99
3.7 สรุปผลการวิจัย 100
3.8 รายการอ้างอิง 102
4 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง 107
4.1 บทคัดย่อ 107
4.2 บทนำ 108
4.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 111
4.3.1 ส่วนประกอบของแบบจำลอง CWBM 111

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2 กลไกของแบบจำลอง CWBM....113
4.3.3 แบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง....115
4.4 วิธีการดำเนินวิจัย 120
4.4.1 แบบสอบถามและกลุ่มตัวอย่าง....120
4.4.2 การประยุกต์ใช้งานเทคนิค LR และ ANN..... 122
4.5 ผลการวิจัย..... 124
4.5.1 ผลของกระบวนการ LR..... 124
4.5.2 ผลของกระบวนการ ANN..... 126
4.5.3 ผลของกระบวนการตรวจสอบแบบจำลอง..... 127
4.6 อภิปรายผลการวิจัย..... 128
4.7 สรุปผลการวิจัย..... 130
4.8 รายการอ้างอิง..... 132
5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 139
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 139
5.2 การใช้งานแบบจำลองที่ได้..... 142
5.2.1 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ..... 142
5.2.2 ขอบเขต..... 142
5.2.3 คำจำกัดความ..... 143
5.2.4 หน้าที่ความรับผิดชอบ..... 147
5.2.5 ขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการ..... 148
5.2.6 มาตรฐานการประเมิน..... 150
5.2.7 ระบบติดตามและประเมินผล....150
5.2.8 แบบฟอร์มที่ใช้..... 150
5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ..... 150
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มเก็บข้อมูลกระบวนการ Delphi 153
ภาคผนวก ข แบบฟอร์มเก็บข้อมูลกระบวนการ AHP..... 160

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการทดลองใช้งานแบบจำลอง CSEM..... 169
ภาคผนวก ง แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการทดลองใช้งานแบบจำลอง CWBM..... 180
ภาคผนวก จ แบบฟอร์มการประเมินและรายงานผล..... 188
ภาคผนวก ฉ รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่..... 192
ประวัติผู้เขียน..... 210

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 วิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัย.....43

3.1 มาตรวัดระดับผลกระทบ (Impact Level Scale) ที่นำเสนอเบื้องต้น.....71

3.2 ปัจจัยเบื้องต้นที่นำเสนอด้านของความต้องการของงาน.....73

3.3 ปัจจัยเบื้องต้นที่นำเสนอด้านความสามารถในการทำงาน.....75

3.4 ตัวอย่างตาราง Comparison Matrix และตาราง Comparison Matrix โดยอ้างถึง “Task Demand”.....84

3.5 ผลการคัดปัจจัยด้านความต้องการของงานโดยกระบวนการ Delphi และผลของน้ำหนักปัจจัยโดยกระบานการ AHP.....86

3.6 ผลการคัดปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานโดยกระบวนการ Delphi และผลของน้ำหนักปัจจัยโดยกระบานการ AHP.....88

3.7 มาตรวัดระดับผลกระทบ (Impact Level Scale) ในการทดลองใช้งานแบบจำลอง.....94

4.1 รูปแบบโดยทั่วไปของ Confusion Matrix.....119

4.2 ค่าทางสถิติของกระบวนการ Stepwise Logistic Regression 124

4.3 ค่าสัมประสิทธิของสมการ Logistic Regression.....125

4.4 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง ANN สำหรับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง.....126

4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากวิธี LR และ ANN โดยทดสอบกับ 20 เหตุการณ์ในรูป Confusion Matrix.....127

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 กรอบความคิดวิจัย.....5

2.1 ความแตกต่างทางจิตวิทยาในเรื่องพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย.....24

2.2 ระบบแบบจำลองข้อผิดพลาดโดยทั่วไป (The Generic Error Modelling System: GEMS).....26

2.3 แบบจำลองแบบบันไดพับ (Step Ladder Model: SLM).....27

2.4 แบบจำลองพุทธิปัญญาของพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง (CM-CWUB).....28

2.5 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานโดย Rasmussen.....30

2.6 แสดง 3 โซนของความเสี่ยง.....31

2.7 แบบจำลองสาเหตุของอุบัติเหตุ.....33

2.8 แบบจำลอง Task demand-Capability Interface: TCI.....34

2.9 ส่วนประกอบของความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน.....36

2.10 ความหลากหลายของงานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง.....44

2.11 แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้างมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินความเสี่ยง แต่ขาดการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการทำนายอุบัติเหตุ.....45

2.12 หลักการพุทธิปัญญาสามารถช่วยให้อธิบายกลไกเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย.....46

2.13 หลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถแสดงกลไกการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์.....46

2.14 หลักการพุทธิปัญญาสามารถประยุกต์ใช้ในสังคมที่มีลักษณะแบบพลวัต.....47

2.15a การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลอง TCI ของ Fuller (2005) กับแบบจำลองพฤติกรรมคนงาน ของ Rasmussen (1997).....48

2.15b การประยุกต์ใช้หลักการเกิดอุบัติเหตุงานจราจรในงานก่อสร้าง.....48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.16 พฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความต้องการของงาน (Task Demand) กับปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (Capability).....49

3.1 กรอบการพัฒนาแบบจำลอง CSEM.....69

3.2 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างระหว่างความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน.....70

3.3 ขั้นตอนการคัดปัจจัยโดยกระบวนการ Delphi.....82

3.4 ความสัมพันธ์ของค่าความต่าง (Difference) ระหว่าง TD และ C กับค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....95

3.5 ความสัมพันธ์ของค่าความต่าง (Difference) ระหว่าง TD และ C กับระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....96

3.6 ความสัมพันธ์ของค่า TD/C เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....98

3.7 ความสัมพันธ์ของค่า TD/C เปรียบเทียบกับระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....98

3.8 ความสัมพันธ์ของค่า C/TD เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....99

3.9 ความสัมพันธ์ของค่า C/TD เปรียบเทียบกับระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุกับคนงาน.....99

4.1 ปัจจัยและน้ำหนักปัจจัยด้านความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน.....112

4.2 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (CWBM).....114

4.3 แบบจำลอง McCulloch–Pitts ในนิวรอน.....117

4.4 ตัวอย่างแบบจำลอง ANN (35-17-2) ในการศึกษาครั้งนี้.....123

5.1 ขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง.....149

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C	=	Capability
TD	=	Task Demand
CSEM	=	Construction Safety Equilibrium Model
CWBM	=	Construction Workers' Behaviors Model
AHP	=	Analytical Hierarchy Process
LR	=	Logistic Regression
ANN	=	Artificial Neural Network
IQR	=	Interquartile Range
RMSE	=	Root Mean Square Error
TP	=	True Positive
TN	=	True Negative
FN	=	False Negative
FP	=	False Positive
PM	=	Project Manager
SO	=	Safety Officer
HRO	=	Human Resource Officer
HM	=	Headman
WK	=	Worker

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

งานก่อสร้างประกอบไปด้วยกระบวนการทำงานที่หลากหลายกระบวนการ ต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามข้อกำหนดและความต้องการของแต่ละโครงการ มากกว่านั้นสภาพแวดล้อมในการทำงานงานก่อสร้างยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงอีกด้วย การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเหล่านี้ส่งผลทำให้โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุนั้นมีสูงขึ้น จากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยอันเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการปี 2558 ของสำนักงานประกันสังคม (Social Security Office [SSO], 2015) พบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการประสบอันตรายอยู่ในอันดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมการขนส่งและการค้าด้วยยอดผู้เสียชีวิต 87 ราย จากจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 590 ราย ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาจากข้อมูลของกรมสถิติแรงงาน (Bureau of Labor Statistics [BLS], 2015) ชี้ให้เห็นว่าอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นอันดับสองในด้านการมีจำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานถึงขั้นเสียชีวิตด้วยยอดผู้เสียชีวิตจำนวน 738 ราย จากยอดผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 4,693 ราย และตัวเลขการบาดเจ็บจากการทำงานของคนงานก่อสร้างนั้นยังเพิ่มสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา (SSO, 2015; BLS, 2015) ถึงแม้จะมีการพัฒนาและปรับปรุงความปลอดภัยในงานก่อสร้าง แต่สถิติอุบัติเหตุในงานก่อสร้างก็ยังไม่ลดลงมากนัก อุบัติเหตุที่ยังคงเกิดขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิต การบาดเจ็บต่อร่างกาย การสูญเสียทรัพย์สิน ตลอดจนค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการประสบอุบัติเหตุอีกด้วย โดยประมาณการได้ว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเทียบได้ประมาณ 4% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของโลกเลยทีเดียว (International Labor Organization [ILO], 2005)

นอกจากนี้ข้อมูลจากกรมสถิติแรงงานของสหรัฐอเมริกายังระบุว่าการเสียชีวิตด้วยการตกจากที่สูงนั้นมียอดผู้เสียชีวิตจำนวน 553 รายจากผู้เสียชีวิตทั้งหมด 4,693 ราย (BLS, 2015) ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นการประสบอุบัติเหตุโดยการตกจากที่สูงเป็นรูปแบบการประสบอุบัติเหตุที่ส่งผลให้เสียชีวิตบ่อยครั้งมากที่สุด (Huang and Hinze, 2003) ในทำนองเดียวกัน Haslam, Hide, Gibb, Gyi, Pavitt, Atkinson, and Duff (2005) กล่าวว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างในสหราชอาณาจักรมีระดับการเสียชีวิต

จากการทำงานในปี 2002/2003 อยู่ที่ระดับ 31 % จากอัตราการเสียชีวิตจากการทำงานของทุกอุตสาหกรรม โดยสาเหตุหลักของการเสียชีวิตจากงานก่อสร้างในปีดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการตกจากที่สูง 46 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hsu, Sun, Chuang, Juang, and Chang (2008) ที่รายงานว่าคนงานที่ทำงานในงานก่อสร้างอาคารสูงเป็นหนึ่งในสถานที่ทำงานที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดของประเทศไต้หวัน โดยมีจำนวนคนงานที่เสียชีวิตในระหว่างการทำงานมากกว่า 150 คนต่อปี จำนวนดังกล่าวคิดเป็นสัดส่วน 1 ใน 4 ของการเสียชีวิตจากการทำงานทั้งหมดของประเทศไต้หวัน ส่วนสถิติการประสบอันตรายที่เกิดจากการตกจากที่สูงในประเทศไทยนั้น พบว่าในปี 2015 นั้นมียอดผู้เสียชีวิตจากการตกที่สูงถึง 81 รายจากยอดผู้เสียชีวิตทั้งหมด 590 ราย (SSO, 2015) ดังนั้นการมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับกลุ่มโครงการก่อสร้างอาคารสูงจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ควรพิจารณา

ทรัพยากรมนุษย์นั้นเป็นทรัพยากรหลักที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างเพื่อให้โครงการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาของ Haslam et al. (2005) พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดจากตัวคนงานก่อสร้างเองเป็นหลัก งานวิจัยของ Health and Safety Executives [HSE] (2002) ได้สรุปผลว่าพฤติกรรมของคนงานนั้นเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุถึง 80% และมากกว่านั้นงานวิจัยของ Kaila (2011) พบว่า 80-95% ของอุบัติเหตุนั้นสืบเนื่องมาจากพฤติกรรมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย ด้วยข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้เกิดความสนใจถึงพฤติกรรมของคนงานในระหว่างการทำงาน โดยพฤติกรรมการทำงานของคนงานนั้นมีลักษณะพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุเนื่องมาจากแรงกดดันจากฝ่ายบริหารและความอุตสาหะของตัวคนงานเอง และมากกว่านั้นเหตุผลที่คนงานใช้อ้างเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานให้เร็วขึ้นจนส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุ ก็คือเหตุผลทางด้านแรงกดดันของฝ่ายผลิตที่ต้องการเร่งอัตราการทำงานให้เร็วขึ้น สถานการณ์ที่เกิดขึ้นเช่นนี้ทำให้เกิดข้อขัดแย้งกันระหว่างความปลอดภัยและการผลิต และโดยทั่วไปแล้วข้อขัดแย้งดังกล่าวในระยะสั้นเน้นการแก้ไขโดยอิงเรื่องการผลิตเป็นหลัก (Reason, 1990)

อ้างถึงงานวิจัยของ Rasmussen (1997) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานซึ่งสามารถอธิบายถึงการที่คนงานนั้นมักมีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ (Boundary of Functionally Acceptable Performance) โดยพฤติกรรมดังกล่าวนั้นเกิดจากแรงกดดันสองตัว โดยแรงกดดันตัวแรกก็คือแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ในเรื่องการผลิตที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการใช้ความอุตสาหะให้น้อยที่สุด (Tendency for Least Effort) ซึ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระงานให้แก่คนงานทันที โดยระหว่างการทำงานคนงานจะพยายามค้นหาช่องว่างเพื่อที่จะสามารถ ทยอยใช้ความอุตสาหะของคนงานในขณะที่ฝ่ายบริหารก็จะค่อยทยอยส่งเสริมค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมให้น้อยที่สุด

ผลลัพธ์ที่ได้ก็คล้ายกับการเคลื่อนที่เข้าไปสู่ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่โดยอัตโนมัติ เมื่อไรก็ตามที่ข้ามขอบเขตดังกล่าวก็จะไม่สามารถย้อนกลับมาได้ ความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุก็จะเกิดขึ้นทันที (Rasmussen, 1997)

หลักการของ Rasmussen นั้นอยู่บนพื้นฐานของวิศวกรรมพุทธิปัญญา (Cognitive System Engineering: CSE) ซึ่งให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของระบบงาน เครื่องมือที่ใช้ กลไกของงาน และบริบทของงานที่ส่งผลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน และความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดตลอดจนความล้มเหลวต่างๆ ที่เกิดขึ้น (Fuller, 2005) การประยุกต์ใช้วิศวกรรมพุทธิปัญญาในการจัดการความปลอดภัยนั้นอยู่ในงานที่มีความเสี่ยงสูงและสลับซับซ้อนเช่น งานอากาศยาน งานเกี่ยวกับสุขภาพ งานนิวเคลียร์ และงานงานอุตสาหกรรมเคมี ส่วนในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้น Saurin, Formoso, and Cambraia (2008) ได้ทำการประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวและสังเกตุผลที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมความปลอดภัยในมุมมองของวิศวกรรมพุทธิปัญญาพร้อมทั้งได้แนะนำโอกาสในการคิดค้นระบบการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีหลักการพื้นฐานตามหัวใจหลักของวิศวกรรมพุทธิปัญญา ซึ่งได้แก่ ความหยืดหยุ่น การเรียนรู้ และความตระหนัก (Flexibility, Learning, and Awareness)

งานก่อสร้างประกอบไปด้วยกิจกรรมที่หลากหลายและมีจำนวนมาก ส่งผลทำให้มีกระบวนการทำงานในแต่ละกิจกรรมเพื่อให้คนงานได้ปฏิบัติตามมากขึ้นไปด้วย ผลของการศึกษาของAnderson (2010) ชี้ให้เห็นว่าไม่มีความเป็นไปได้เลยที่กฎข้อบังคับหรือข้อแนะนำความปลอดภัยในงานก่อสร้างจะสามารถครอบคลุมทุกกระบวนการหรือทุกขั้นตอนการทำงานที่คนงานเข้าไปเกี่ยวข้อง คนงานต้องรับมือกับทุกความเสี่ยงในการทำงานโดยตัวของเขาเองและปราศจากคู่มือครองจากกฎข้อบังคับและคำแนะนำความปลอดภัยต่างๆ และมากกว่านั้นระบบการทำงานก่อสร้างที่มีลักษณะไม่ได้บังคับให้คนงานต้องปฏิบัติตามกระบวนการการทำงานทุกขั้นตอน จึงทำให้คนงานมีอิสระในการตัดสินใจในการปฏิบัติงาน (Mitropoulos et al., 2009) ทำให้มีช่องว่างให้คนงานตัดสินใจเพื่อตัวเลือกที่ดีที่สุดของตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นแบบพลวัต (Saurin et al., 2008) ซึ่งภายใต้สถานการณ์ดังกล่าวทำให้คนงานจึงมีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่และทำงานอยู่ภายใต้ขอบเขตของความผิดพลาด (Error Margin) ตลอดเวลา

การออกกฎข้อบังคับและนโยบายความปลอดภัยในงานก่อสร้างนั้นเป็นเพียงการกำหนด “พฤติกรรมที่ปลอดภัย” (Mitropoulos, Abdelhamid, and Howell, 2005) เพื่อให้คนงานมีพฤติกรรมที่ห่างออกจากขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ อย่างไรก็ตามแรงกดดันที่เกิดขึ้นก็ยังคงผลักดันคนงานให้ไปถึงขอบเขตดังกล่าวอยู่เช่นเดิม และการที่มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างและการพัฒนาความความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่ดีขึ้น (Everett, 1999) ทำให้คนงานมี

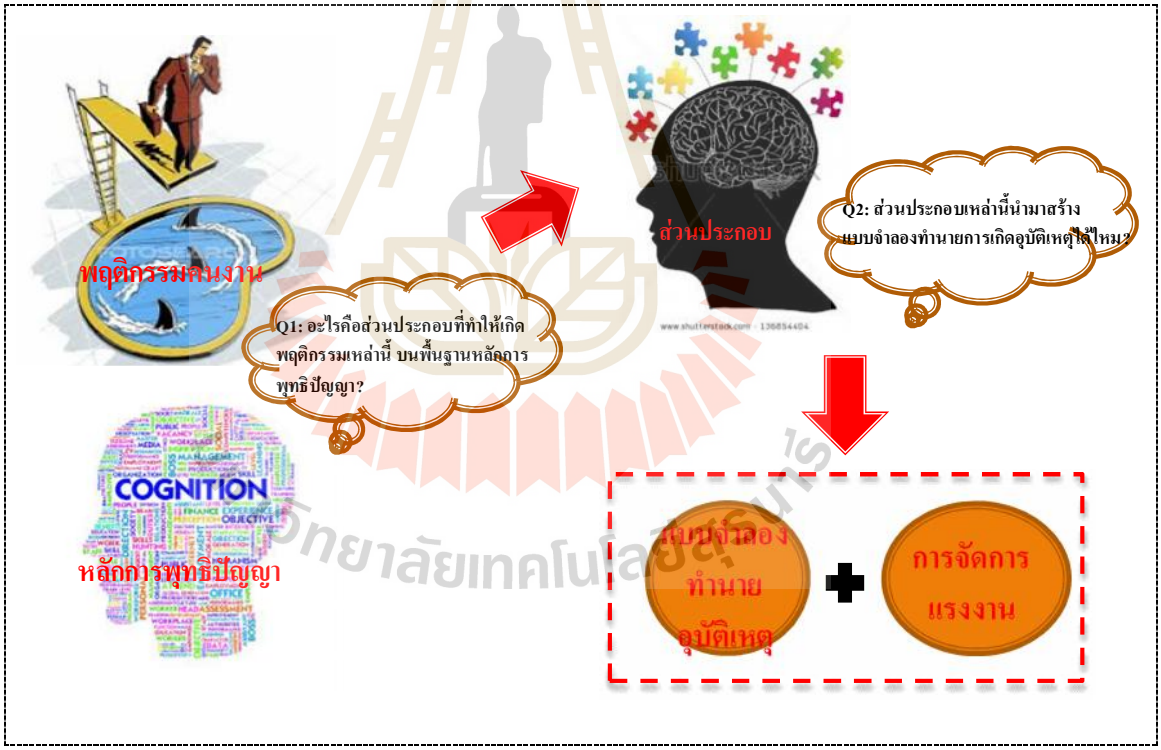
การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานเพื่อชดเชยความปลอดภัยที่พัฒนาดีขึ้นและพยายามเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่อีกเช่นเคย ปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นคล้ายกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในงานวิจัยทางด้านอุบัติเหตุจากการจราจร ที่พบว่าเทคโนโลยีความปลอดภัยในยานพาหนะได้ถูกพัฒนาตลอดเวลาแต่สวนทางกับผลลัพธ์ของความปลอดภัยที่คาดหวังไว้ (Fuller, 2005)

การจราจรบนท้องถนนนั้นมีลักษณะสภาพแวดล้อมที่เคลื่อนที่ตลอดเวลาคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง แบบจำลอง Task Demand-Capability Interface: TCI ของ Fuller (2005) ได้เสนอหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนว่าการที่เกิดอุบัติเหตุนั้นเกิดมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงาน (Task Demand) และการประยุกต์ความสามารถ (Applied Capability) ในการควบคุมยานพาหนะเพื่อให้เดินทางอย่างปลอดภัย เมื่อไรที่ความต้องการของงานต่ำกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ ผู้ขับขี่ก็จะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ แต่ถ้าที่ความต้องการของงานสูงกว่าความสามารถก็จะส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมซึ่งอาจจะทำให้เกิดการปะทะของยานพาหนะเกิดขึ้นหรืออาจจะมีเหตุการณ์อย่างอื่นเข้ามารองรับผลที่เกิดขึ้นก็ได้ อย่างไรก็ตามในการที่จะรักษาการควบคุมยานพาหนะให้ได้นั้นจำเป็นที่ผู้ขับขี่จะต้องมีการคาดการณ์ความต้องการของงานที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเพื่อที่จับคู่กับความสามารถที่ใช้ในการขับขี่อย่างเหมาะสม

Mitropoulos and Cupido (2009) ได้นำเสนอแบบจำลองความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงานเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ กับความสามารถที่ประยุกต์ใช้ในระหว่างการทำงาน โดยแบบจำลองดังกล่าวมีพื้นฐานบนหลักการของแบบจำลอง Task Demand-Capability Interface: TCI ของ Fuller (2005) พร้อมกับได้ทำการทดลองใช้งานในกลุ่มคนงานโครงการก่อสร้างโครงหลังคาบ้านพักอาศัยจำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของการนำไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง และมากกว่านั้น Mitropuolos and Namboodiri (2011) ก็ได้ประเมินความต้องการของงานของกิจกรรมติดตั้งหลังคาและกิจกรรมเทคอนกรีตโดยใช้เครื่องมือประเมินความต้องการของงาน (Task Demand Assessment: TDA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณความเสี่ยงของกิจกรรมงานก่อสร้างและเป็นประโยชน์ในด้านการจัดการความปลอดภัย เพราะมิติของความเสี่ยงจะถูกให้ความสนใจค่อนข้างมากเมื่อตัวเลขหรือปริมาณต่างๆ ได้ถูกนำเสนอให้พบเห็น (Le Coze, 2015) แต่อย่างไรก็ตามการประเมินปริมาณความสามารถในการทำงานของคนงานนั้นยังไม่ได้ถูกประเมินในงานวิจัยดังกล่าว

ด้วยเหตุผลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมของคนงานนั้นมีลักษณะเข้าใกล้ความเสี่ยงอย่างอัตโนมัติตลอดระยะเวลาการทำงาน ดังนั้นแบบจำลองที่ดีจึงควรพิจารณาถึง

ส่วนประกอบต่างๆ ของงานและความสามารถในการทำงานที่ส่งผลทำให้เกิดสถานการณ์ดังกล่าว ซึ่งบนหลักการของวิศวกรรมพุทธิปัญญานั้นสามารถช่วยให้เราเข้าใจถึงพฤติกรรมที่ปรากฏขึ้นได้เป็นอย่างดี และการที่งานก่อสร้างมีสภาพแวดล้อมของการทำงานเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขข้อกำหนดของแต่ละโครงการและสภาพการทำงานที่เป็นแบบพลวัต ย่อมทำให้ความเสี่ยงในการประสบอุบัติเหตุเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงควรต้องมีการจัดการบริหารงานบุคคลหรือแรงงานก่อสร้างให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของงานที่ได้รับผิดชอบ เพื่อเป็นการลดอัตราความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุลงให้มากที่สุด โดยในงานวิจัยนี้จึงได้พยายามที่จะพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยให้ผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแรงงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงให้สามารถทำนายโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุของคนงานแต่ละคน พร้อมทั้งยังเป็นการช่วยวางกลยุทธ์ในการบริหารจัดการแรงงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยปราศจากการประสบอุบัติเหตุ โดยกรอบความคิดวิจัยในครั้งนี้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กรอบความคิดวิจัย

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุจากพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างอาคารสูง โดยมีแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นมาทั้งหมด 2 แบบจำลอง ทั้งสอง

แบบจำลองอยู่บนพื้นฐานของหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญา ซึ่งสามารถอธิบายหลักการความคิดของคนงานก่อนที่จะแสดงออกมาในรูปของพฤติกรรมการทำงานได้เป็นอย่างดี

แบบจำลองที่ 1 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model: CSEM) ในแบบจำลองนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อที่สามารถประเมินระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานของคนงานแล้วทำการสมดุลค่าทั้งสองที่ประเมินได้ เพื่อทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ พร้อมทั้งระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อคนงานประสบอุบัติเหตุ

แบบจำลองที่ 2 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Workers' Behaviors Model: CWBM) เป็นการพัฒนาต่อเนื่องจากแบบจำลองตัวที่ 1 (CSEM) โดยในแบบจำลองตัวที่ 2 นี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองบนพื้นฐานแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง (Non-Linear Based Modeling) โดยเป้าหมายของแบบจำลองนี้ต้องสามารถทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ ของคนงานก่อสร้างได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

1.2.1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงที่ประกอบไปด้วยปัจจัยที่อยู่บนพื้นฐานของหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญา

1.2.2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงที่สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุหรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นบนพื้นฐานของหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 กระบวนการวิจัย

เพื่อที่ทำให้เกิดการสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุหรือผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับคนงานก่อสร้างในระหว่างการทำงาน กระบวนการวิจัยในครั้งนี้จึงแบ่งออกตามแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นดังต่อไปนี้

1.3.1 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

เป็นการพัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (CSEM) บนพื้นฐานของหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญาและหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเป็นการศึกษาปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยที่ประกอบในแบบจำลองดังกล่าวด้วยกระบวนการ Delphi

และ Analytical Hierarchy Process: AHP กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษารายละเอียดดังกล่าวเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัยในด้านงานก่อสร้างอาคารสูง จำนวน 9 ราย เพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน เมื่อได้ปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยดังกล่าวแล้ว นำแบบจำลองที่ได้ไปทำการประเมินระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานของคนงานที่เคยประสบอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานจำนวน 100 เหตุการณ์ แล้วทำการสมดุลค่าทั้งสองตามหลักการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นการทดสอบความสามารถใช้งานได้ของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น แบบจำลองดังกล่าวนี้เป็นการพัฒนาบนพื้นฐานความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างระดับความต่างที่เกิดขึ้นของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานกับโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ

1.3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง

เป็นการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (CWBM) บนพื้นฐานของหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญา โดยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความต้องการของงานและด้านความสามารถในการทำงานกับการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง โดยแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างนี้ได้ถูกพัฒนาบนพื้นฐานแบบจำลองแบบไม่ใช่เส้นตรง ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ 2 ได้แก่วิธี Logistic Regression: LR และวิธี Artificial Neural Network: ANN ทำการพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จาก 2 วิธีดังกล่าวบนเหตุการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุและไม่เกิดอุบัติเหตุจริงจำนวน 120 เหตุการณ์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองทั้งสองตามกระบวนการที่วางไว้ การศึกษาครั้งนี้จึงมีขอบเขตการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มของข้อมูลดังนี้

1.4.1 กลุ่มโครงการเป้าหมาย

งานวิจัยเน้นไปที่การเก็บข้อมูลในโครงการก่อสร้างอาคารสูง โดยอาคารสูงหมายถึง อาคารที่บุคคลเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอย ที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544

เป็นโครงการก่อสร้างที่ยังอยู่ภายใต้กระบวนการก่อสร้าง พิจารณาทั้งโครงการของภาครัฐและภาคเอกชน โดยมีที่ตั้งโครงการอยู่ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ภาคตะวันออก และรวมถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

1.4.2 กลุ่มคนงานและผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัย

เป็นคนงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูง ทั้งเพศชายและหญิง สัญชาติไทย มีตำแหน่งตั้งแต่ ช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างไฟ ช่างเชื่อม ช่างควบคุมเครื่องจักร ตลอดจนกรรมกร เป็นคนงานของผู้รับเหมาหลักหรือผู้รับเหมาย่อยในโครงการนั้นๆ

คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างอาคารสูงนั้นต้องมีประสบการณ์การทำงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงอย่างน้อย 10 ปี มีใบรับรองการเป็น จป. (เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน) ระดับวิชาชีพหรือระดับบริหาร และผ่านการฝึกอบรมความปลอดภัยในการทำงานไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมง

1.4.3 ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ/เหตุการณ์

พิจารณาเก็บข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในทุกลักษณะการประสบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างอาคารสูง ไม่ว่าจะเป็น ตกจากที่สูง หกล้ม ลื่นล้ม อาคารหรือสิ่งก่อสร้างพังทับ วัตถุสิ่งของหล่นทับหรือตกใส่ วัตถุสิ่งของกระแทกหรือชน วัตถุสิ่งของหนีบหรือดึง วัตถุสิ่งของตัด/บาด/ทิ่มแทง ผลจากความร้อนหรือสัมผัสของร้อน ไฟฟ้าช็อตหรือไฟไหม้ วัตถุสิ่งของกระเด็นเข้าตา สัมผัสสิ่งมีพิษหรือสารเคมี ตลอดจนวัตถุสิ่งของระเบิด

พิจารณาเหตุการณ์การประสบอุบัติเหตุที่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายใน 3 เดือนก่อนหน้าวันที่สัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุ ส่วนคนงานที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานโดยปราศจากอุบัติเหตุนั้นถูกถามให้ข้อมูลถึงเรื่องงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบในวันก่อนหน้าที่มีการสัมภาษณ์เท่านั้น

พิจารณาในเหตุการณ์ประสบอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อร่างกายจนต้องหยุดปฏิบัติงาน หรือปฐมพยาบาล หรือรักษาตัว หรือเป็นเหตุการณ์ที่มีการแจ้งเหตุในโครงการ ไม่พิจารณาเหตุการณ์ที่ต้องเสียชีวิตเนื่องจากต้องการข้อมูลจากผู้ประสบเหตุโดยตรง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

1.5.1 ได้แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงที่ประกอบไปด้วยปัจจัยบนพื้นฐานหลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญา ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการทำงานที่แท้จริงของคนงานก่อสร้าง

1.5.2 ได้แบบจำลองที่สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุหรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง

1.5.3 แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุที่ได้สามารถเป็นเครื่องมือช่วยผู้ที่ปฏิบัติงานด้านการบริหารจัดการแรงงานก่อสร้างก่อสร้างให้สามารถบริหารและจัดการแรงงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพโดยปราศจากการประสบอุบัติเหตุ

1.6 รายการอ้างอิง

Anderson, J. (2010). **Critique of the UK health and safety legislation with international comparisons.** Liverpool: University of Liverpool.

Bureau of Labor Statistics. (2015). **Census of fatal occupational injuries (CFOI) – Current and Revised Data** [Online]. Available: https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0014.pdf

Everett, J. (1999). Overexertion Injuries in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management.** 125(2): 109-114.

Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. **Accident Analysis & Prevention.** 37(3): 461-472.

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.

Health and Safety Executive. (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system. **Contract Research Report 430/2002.** Suffolk (UK): Sudbury.

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.

Huang, X., and Hinze, J. (2003). Analysis of construction worker fall accidents. **Journal of Construction Engineering and Management.** 129(3): 262-271.

International Labor Organization. (2005). **Facts on safety work** [Online]. Available: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—dgreports/—dcomm/documents/publication/wcms_067574.pdf

Kaila, H. L. (2011). Organizational cases on behaviour-based safety (BBS) in India. **The International Journal of Human Resource Management.** 22(10): 2135-2146.

Le Coze, J. C. (2015). Reflecting on Jens Rasmussen's legacy. A strong program for a hard problem. **Safety Science.** 71(0): 123-141.

Mitropoulos, P., Abdelhamid, T., and Howell, G. (2005). Systems model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management.** 131(7): 816-825.

Mitropoulos, P., and Cupido, G. (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): 265-275.

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.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science.** 27(2): 183-213.

Reason, J. T. (1990). **Human error.** NewYork: Cambridge University Press.

Saurin, T. A., Formoso, C. T., and Cambraia, F. B. (2008). An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. **Safety Science.** 46(8): 1169-1183.

Social Security Office. (2015). **Record of occupational injuries classified by severity and type of firm on year 2015** [Online]. Available: http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook2558.pdf

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับวิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัย งานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง พฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง มุมมองของพุทธิปัญญา กระบวนการคัดปัจจัยและให้น้ำหนักปัจจัย และแบบจำลองที่ไม่ใช่เส้นตรง ข้อสรุปและข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา สิ่งที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้

2.1 วิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัย

อ้างถึงการศึกษาของ Rasmussen (1997) สามารถแบ่งช่วงวิวัฒนาการของงานวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยได้เป็น 3 ช่วง โดยช่วงแรกเน้นไปที่ทฤษฎีในเรื่องกฎเกณฑ์ ในช่วงที่สองเป็นการศึกษาในเรื่องความผิดพลาดของมนุษย์ ส่วนช่วงที่สามนั้นอยู่บนหลักกการวิศวกรรมพุทธิปัญญา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ทฤษฎีกฎเกณฑ์ (Normative Theory)

ทฤษฎีในเรื่องกฎเกณฑ์เป็นการอธิบายวิธีการที่คนเราควรปฏิบัติ ความพยายามป้องกันอุบัติเหตุมองไปที่กระบวนการทำงานและกฎความปลอดภัยที่ให้ปฏิบัติตาม การศึกษาในช่วงนี้เป็นลักษณะการค้นหาสาเหตุของอุบัติเหตุ โดยพิจารณาไปที่ระบบที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น (Levenson, 2004) (Lundberg, Rollenhagen, and Hollnagel, 2009) มีแบบจำลองที่น่าสนใจหลายตัวไม่ว่าจะเป็น แบบจำลองลำดับการเกิด (Sequential Model) ของ Heinrich (1959) ที่ระบุสาเหตุที่เป็นลำดับขั้นผ่านทฤษฎีโดมิโน (The Domino Theory) ซึ่งระบุว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปนั้นเกิดมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยและเครื่องมือเครื่องจักรที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพทางกายภาพที่ไม่ปลอดภัย การขจัดอุบัติเหตุออกไปก็เพียงแค่นำปัจจัยดังกล่าวออกจากกระบวนการลำดับการเกิด แบบจำลองอุบัติเหตุบนพื้นฐานของเหตุการณ์ (Event Based Accident Model) ของ Levenson (2004) ได้อธิบายอุบัติเหตุในรูปของเหตุการณ์ที่หลากหลายเหตุการณ์ต่อเนื่องกันมาเป็นเวลาช่วงหนึ่งก่อนเกิดอุบัติเหตุ โดยเหตุการณ์เหล่านี้จำกัดเฉพาะอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้าเท่านั้น แบบจำลองระบาดวิทยา (Epidemiological Model) ซึ่งได้พิจารณาว่าอุบัติเหตุนั้นเป็น

ผลมาจากการบรรจบกันของเหตุการณ์ที่มีลำดับต่อเนื่องกันหลายๆ ตัว โดยแบบจำลองนี้มีการแนะนำสร้างโครงสร้างที่สามารถจัดการปัจจัยที่หลากหลายที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และยังมีประโยชน์ช่วยในการจัดลำดับความสำคัญว่าอันไหนควรให้ความสนใจก่อนหลังอีกด้วย สุดท้ายแบบจำลองการส่งต่อพลังงาน (Energy Transfer Model) แบบจำลองนี้มีการพิจารณาอุบัติเหตุเกิดขึ้นจากการส่งต่อพลังงานที่ไม่เป็นที่ต้องการในหลายรูปแบบระหว่างต้นกำเนิดไปสู่โครงสร้างที่อ่อนแอ โดยแบบจำลองในลักษณะนี้มีการแนะนำกลยุทธ์ในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในลักษณะที่เป็นเฉพาะตัว ไม่ว่าจะเป็นการป้องกันการสะสมของพลังงาน การพยายามลดอัตราการปลดปล่อยพลังงาน การพยายามแยกหรือสร้างกำแพงป้องกันระหว่างต้นต่อกับตัวรับพลังงานตลอดไปจนถึงการดูดซับพลังงานที่เกิดขึ้นเป็นต้น

ความพยายามป้องกันอุบัติเหตุจากการทำงานในช่วงนี้คือการเน้นย้ำการออกแบบการทำงานและการออกกฎข้อบังคับต่างๆ เพื่อควบคุมพฤติกรรมการทำงานเพื่อให้ได้วิธีการที่ดีที่สุด “One Best Way” นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาบุคคลให้มีความชำนาญเฉพาะตัว รวมไปถึงการพยายามชักจูงให้มีการปฏิบัติตามกฎข้อบังคับพร้อมกับการลงโทษในกรณีที่ฝ่าฝืนกฎข้อบังคับดังกล่าว ทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีการฝึกปฏิบัติการทำงานที่มากขึ้นและมีการคัดเลือกกระบวนการทำงานที่ดีที่สุด เพื่อที่ขจัดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ง่าย “Error-prone” ผ่านโปรแกรมข้อผิดพลาดให้เป็นศูนย์ “Zero Defects” (Rasmussen 1997)

2.1.2 ข้อผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error)

ข้อผิดพลาดของมนุษย์และพฤติกรรมที่เป็นอันตรายโดยเจตนานี้ ถูกอ้างถึงค่อนข้างบ่อยว่าเป็นต้นเหตุที่เด่นชัดของอุบัติเหตุ (Heinrich, 1959) หลักการข้อผิดพลาดของมนุษย์นี้เกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยการเกิดอุบัติเหตุที่ถูกพัฒนาขึ้นต่อมา โดยทฤษฎีข้อผิดพลาดนี้มีการมุ่งเน้นแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานที่อยู่ในรูปแบบการเบี่ยงเบนออกจากกฎข้อบังคับที่ระบุไว้ว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการทำงาน การศึกษาในช่วงนี้มีแบบจำลองที่ได้ให้ความสนใจในเรื่องข้อผิดพลาดของมนุษย์และพฤติกรรมที่เป็นอันตรายนั้นอยู่หลายตัว สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มหลักๆ (Lehto and Salvendy, 1991) (i) แบบจำลองพฤติกรรม (Behavior Models) แบบจำลองกลุ่มนี้มุ่งเน้นในแง่มุมเรื่องธรรมชาติในการเกิด (เช่น ความประพฤติ หรือ ทัศนคติ) และแง่มุมของสถานการณ์ (เช่น แรงกดดัน หรือความกังวลที่มีอยู่) ที่ส่งผลทำให้เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ โดยในการศึกษาระบุว่าแง่มุมของสถานการณ์นั้นเป็นปัจจัยเด่นที่ช่วยในการอธิบายข้อผิดพลาดของมนุษย์ (ii) แบบจำลองกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ (Human Decision Process Models) มีการเน้นย้ำในแง่มุมที่เกี่ยวพันกับสถานการณ์ที่เฉพาะในการอธิบายการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบบจำลองดังกล่าวนั้นพุ่งประเด็นไปที่เป้าหมายที่ตั้งไว้และวัตถุประสงค์ของงานนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการอธิบาย

พฤติกรรมที่อันตราย และกลุ่มของแบบจำลองชนิดนี้ยังช่วยในการอธิบายการรับรู้ความเสี่ยงของคนงานอีกด้วย (iii) แบบจำลองกระบวนการส่งต่อข้อมูลของมนุษย์ (Human Information Processing Models) สามารถมองได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงการส่งต่อข้อมูลของแต่ละคนในขณะที่ปฏิบัติงาน โดยมีพื้นฐานบนหลักการที่ว่าข้อมูลจะถูกส่งผ่านในหลายช่วง ไม่ว่าจะเป็นความรู้สึก การรับรู้ ความจำ การตัดสินใจ และการตอบสนอง โดยข้อผิดพลาดนั้นคือผลลัพธ์จากการก่อกวนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง โดยแบบจำลองเหล่านี้ทำให้เราสามารถประเมินประสบการณ์หรือทรัพยากรที่ใช้ในการป้องกันอุบัติเหตุได้ (iv) แบบจำลองการแบ่งประเภทของข้อผิดพลาด (Error Taxonomy Models) ข้อผิดพลาดของมนุษย์นั้นสามารถจำแนกได้ในหลายมุมมอง ถ้ามองในมุมของระบบนั้นพบว่าข้อผิดพลาดคือการเบี่ยงเบนไปจากประสิทธิภาพการทำงานที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ ในแบบจำลองการแบ่งประเภทของข้อผิดพลาดนั้นมีประโยชน์สำหรับการหาความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันของปัจจัยสำหรับการอธิบายข้อผิดพลาดของมนุษย์

การศึกษาข้อผิดพลาดของมนุษย์นั้นพยายามควบคุมพฤติกรรมด้วยการกำจัดสาเหตุของข้อผิดพลาด โดยการศึกษาดังกล่าวประกอบไปด้วยการศึกษาเกี่ยวกับข้อผิดพลาด การจัดการข้อผิดพลาด และเรื่องเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในตัวเรา (Resident Pathogens) (Reason 1990)

การที่หลักการข้อผิดพลาดนั้นหมายถึงการเบี่ยงเบนออกจากกฎข้อบังคับที่ระบุไว้นั้นสามารถนำไปปฏิบัติได้ในระบบที่มีโครงสร้างที่ชัดเจนที่สามารถระบุขั้นตอนที่ถูกต้องในกระบวนการทำงานได้เป็นอย่างดี แต่ระบบดังกล่าวนั้นไม่ใช่สิ่งปรกติของงานก่อสร้างที่สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานหรือการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ได้ ซึ่งเป็นการยากในการระบุลงไปให้ชัดเจนว่าต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอะไรบ้างในงานก่อสร้างที่มีลักษณะซับซ้อน และมีสภาพแวดล้อมที่เป็นพลวัต (Howell, Ballard, Abdelhamid, and Mitropoulos, 2002) นั้นจึงทำให้เป็นข้อจำกัดในการนำหลักการข้อผิดพลาดมาใช้ในงานก่อสร้าง

2.1.3 วิศวกรรมพุทธิปัญญา (Cognitive Engineering)

ในช่วงที่ 3 นี้เป็นการศึกษาโดยมีพื้นฐานบนหลักการของพุทธิปัญญา วิศวกรรมระบบพุทธิปัญญา (Cognitive systems engineering: CSE) นั้นให้ความสำคัญในเรื่องการวิเคราะห์ออกแบบ และมีการประเมินสำหรับระบบที่มีการผสมผสานระหว่างพฤติกรรมทางสังคมกับความรู้ทางเทคนิคอย่างซับซ้อน (Complex Sociotechnical Systems) และมุ่งเน้นที่การออกแบบระบบทางเทคโนโลยีเพื่อประยุกต์ให้เข้ากับคน (Vicente, 2006) เป็นระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนตามความรู้และสภาพแวดล้อมรอบตัวเพื่อใช้ในการวางแผนและแก้ไขกระบวนการทำงาน (Hollnagel and Woods, 1999) โดย CSE จะพิจารณาลักษณะของระบบงาน (ไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบของงาน

เครื่องมือต่างๆ และบริบทของงาน) ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน ไปจนถึงความเป็นไปได้ในการเกิดข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลว (Rasmussen, 1997) CSE พิจารณาส่วนประกอบที่สลับซับซ้อนทั้งหมดที่คงอยู่ในสภาพแวดล้อมขององค์กรที่ซึ่งทำให้เกิดการกระทำของมนุษย์ ในกระบวนการ CSE นั้น มนุษย์นั้นไม่ใช่เป็นแค่เพียงตัวกำหนดสิ่งที่เข้าออกในระบบเท่านั้นแต่จะเป็นผู้ค้นคิดเป้าหมายที่ปรับเปลี่ยนได้ โดยพยายามเลือกเป้าหมายที่ตนเองต้องการและค้นหาในสิ่งที่เกี่ยวข้องเท่านั้น (Rasmussen, 1997)

วิธีการพุทธิปัญญานี้ได้พยายามป้องกันอุบัติเหตุโดยการเพิ่มความสามารถของคนงานในการที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการทำงานที่เกิดขึ้น พร้อมกับพยายามทำให้คนงานสามารถมองเห็นขีดจำกัดของตนเองและขีดจำกัดของสถานที่ทำงานว่าอยู่ในระดับใด (Flach, Tanabe, Monta, Vicente, and Rasmussen, 1998) มากกว่านั้น ในมุมมองของระบบพุทธิปัญญาระบุว่า ข้อผิดพลาดนั้นไม่ใช่เป็นเพียงแค่ความล้มเหลวของมนุษย์เท่านั้น แต่เป็นการบ่งบอกปัญหาในระบบการทำงาน (Dekker, 2014) ดังนั้นเพื่อที่จะเข้าใจข้อผิดพลาดได้นั้นเราต้องสามารถที่จะมองภาพการเชื่อมโยงของระบบระหว่างการประเมินโดยมนุษย์กับการกระทำภายใต้ลักษณะของงาน เครื่องมือที่ใช้และสภาพการปฏิบัติงานให้ได้ (Mitropoulos et al., 2009)

Hollnagel, Woods, and Leveson, (2007) ได้ประยุกต์ใช้ CSE ในการจัดการความปลอดภัยโดยสร้างหลักการของวิศวกรรมความหยืดหยุ่น (Resilience Engineering) ซึ่งเน้นไปที่ความสามารถของระบบที่สามารถต่อสู้กับการรบกวน การเปลี่ยนแปลง และความกดดันต่างๆ นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญในการระบุและการตรวจตราลักษณะที่อาจจะเกิดวิกฤตเพื่อที่สามารถทำการเตือนระบบว่าได้เข้าสู่ขีดจำกัดความปลอดภัยแล้ว โดยส่วนใหญ่แล้วการประยุกต์ใช้ CSE ในงานการจัดการความปลอดภัยนั้นจะเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงสูงและมีระบบที่สลับซับซ้อน อย่างเช่นงานอากาศยาน งานสุขภาพ นิวเคลียร์ และอุตสาหกรรมปิโตเคมี (Hollnagel et al., 2007) และเป็นที่สังเกตุได้ว่าในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นยังสามารถได้รับประโยชน์จากหลักการดังกล่าวเนื่องจากลักษณะงานที่เป็นแบบพลวัต ความยุ่งยาก และสลับซับซ้อนของแต่ละโครงการ (Saurin, Formoso, and Cambraia, 2008) มากกว่านั้น CSE ยังมีแนวทางระดับสูงในการออกแบบระบบการทำงาน ซึ่งช่วยให้ง่ายที่จะเข้าใจกระบวนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง (Best Practices) จากอุตสาหกรรมด้านอื่นๆ แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Lillrank, 1995)

จากวิวัฒนาการของงานวิจัยความปลอดภัยทั้ง 3 ช่วงพบว่ามาตรการความปลอดภัยในงานก่อสร้างโดยทั่วไปที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในปัจจุบันนั้นอยู่ในวิวัฒนาการช่วงที่ 1 นั้นก็คืออยู่บนหลักทฤษฎีกฎเกณฑ์ที่มุ่งเน้นไปที่การปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยและออกกฎข้อบังคับต่างๆให้ปฏิบัติ

ตาม แต่ที่น่าสังเกตุก็คือวิวัฒนาการงานวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยทั้ง 3 ช่วงนั้นเริ่มมาจากการระบุพฤติกรรมที่มีเหตุผลโดยใช้ทฤษฎีกฎเกณฑ์ ส่วนพฤติกรรมที่คนงานปฏิบัติจริงๆ นั้นก็ถูกอธิบายในรูปของการเบี่ยงเบนออกจากกฎเกณฑ์ที่ระบุไว้ซึ่งก็คือข้อผิดพลาด (Error) ของมนุษย์นั้นเอง ในปัจจุบันมีการยอมรับถึงการแพร่หลายเรื่องหลักการสร้างแบบจำลองด้านพุทธิปัญญาในงานวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายซึ่งผลักดันทำให้กลายเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองที่สะท้อนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งหลักการพุทธิปัญญาดังกล่าวนั้นเกี่ยวพันกับการปรับตัวของมนุษย์ไปตามเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริง (Rasmussen, 1997)

2.2 งานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

มีผู้วิจัยหลายๆ ท่านที่ให้ความสนใจศึกษาวิจัยในเรื่องสาเหตุของอุบัติเหตุ ต้นกำเนิดอุบัติเหตุ ปัจจัยด้านองค์กรที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษาผลกระทบของการนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้งาน ตลอดจนการวิเคราะห์สภาพความปลอดภัยในแต่ละประเทศหรือภูมิภาค โดยงานวิจัยที่น่าสนใจมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ 1,082 ครั้งที่เกิดขึ้นในระหว่างปี 1994 และ 1995 ของประเทศสหรัฐอเมริกา Hinze, Pedersen, and Fredley (1998) ได้จัดกลุ่มสาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นออกเป็น 20 กลุ่ม โดยผู้แต่งได้อ้างว่ากระบวนที่ได้ใช้ในการศึกษาดังกล่าวทำให้เข้าใจอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ดียิ่งขึ้น มีการระบุสาเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุดในแต่ละรูปแบบของการประสบอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง พร้อมกันนี้ยังช่วยในการเลือกมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมอีกด้วย ส่วน Toole (2002) ได้จัดกลุ่มสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ 8 กลุ่มโดยได้เน้นในเรื่องความจำเป็นในการมอบหมายความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละสาเหตุที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุ งานวิจัยของ Haslam, Hide, Gibb, Gyi, Pavitt, Atkinson, and Duf (2005) เป็นบทความที่นำเสนอภาพรวมของสิ่งที่ค้นพบ และคำแนะนำของรายงานการวิจัยฉบับเต็มของ Loughborough University and UMIST (2003) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง ในการศึกษาดังกล่าวเป็นการวิจัยแบบการสนทนากลุ่ม (Focus Group) จากผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลายในงานก่อสร้างโดยทำการอภิปรายและเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาการเกิดอุบัติในงานก่อสร้าง และทำการตรวจสอบสิ่งที่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุใน 100 เหตุการณ์ ประเมินความเป็นไปได้ของผลที่จะตามมาของแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งพบว่ามากกว่า 1 ใน 3 ของเหตุการณ์ทั้งหมดมีศักยภาพที่ส่งผลให้ถึงขั้นเสียชีวิต และ 2 ใน 3 ของเหตุการณ์ทั้งหมดมีศักยภาพที่ส่งผลทำให้เกิดการบาดเจ็บขั้นรุนแรง สาเหตุที่เป็นปัจจัยหลักในการเกิดอุบัติเหตุ 100 เหตุการณ์

นั้นได้แก่: ปัจจัยเกิดขึ้นจากคนงานและทีมคนงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมการทำงานและความสามารถของคนงาน ปัจจัยด้านสถานที่ก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นความไม่สะอาดเรียบร้อยของโครงการก่อสร้างและปัญหาทางด้านผังโครงการและพื้นที่การทำงาน ปัจจัยทางด้านการขัดสนของอุปกรณ์ (รวมไปถึงอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล: PPE) ปัจจัยทางด้านความเหมาะสมและสภาพของวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมไปถึงวิธีการบรรจุภัณฑ์ของวัสดุหลักดังกล่าว และปัจจัยในเรื่องการจัดการความเสี่ยงที่เป็นสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ยังได้นำเสนอแบบจำลองลำดับขั้นของสาเหตุของอุบัติเหตุอีกด้วย ส่วนการศึกษาของ Reese and Eidson (2006) ได้จัดกลุ่มของสาเหตุพื้นฐานของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้แก่สาเหตุทางตรงและสาเหตุทางอ้อม

Huang and Hinze (2003) ได้ระบุต้นกำเนิดของการประสบอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการตกจากที่สูงในสหรัฐอเมริการพร้อมทั้งเปรียบเทียบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประสบอุบัติเหตุดังกล่าวหลายๆ ตัวประกอบไปด้วยงานที่ได้รับมอบหมาย ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน อายุผู้ที่ประสบเหตุ เวลาที่เกิดเหตุ และข้อผิดพลาดของมนุษย์ และที่เพิ่มเติมไปกว่านั้น Derr, Forst, Chen, and Conroy (2001) ได้ทำการวิเคราะห์วิวัฒนาการในช่วง 10 ปีของการเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุมาจากการตกจากที่สูงในแต่ละหมวดงานของงานก่อสร้างตลอดจนไปถึงในแต่ละกิจกรรมที่สนใจเป็นพิเศษ และพบว่าปัจจัยด้านกลุ่มประชากร (Demographic Factor) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการตกจากที่สูง ส่วนงานวิจัยของ Kartam and Bouz (1998) และงานของ Kartam, Flood, and Koushki (2000) นั้นได้วิเคราะห์เหตุการณ์และสาเหตุของอุบัติเหตุในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศคูเวต ซึ่งระบุว่าการตกจากที่สูงนั้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คนงานเสียชีวิตพร้อมทั้งได้เน้นย้ำว่าการบันทึกข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่มีประสิทธิภาพนั้นทำให้เกิดเป็นการขัดขวางการประเมินความปลอดภัยจากการทำงานอย่างแท้จริง

Teo, Ling, and Chong (2005) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพโดยผู้รับเหมาในประเทศสิงคโปร์ โดยว่าสรุปว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดได้แก่นโยบายความปลอดภัยของบริษัท กระบวนการก่อสร้าง การจัดการแรงงานโดยพิจารณาถึงความปลอดภัยและสุขภาพ และนโยบายเรื่องแรงจูงใจ งานวิจัยของ Sawacha, Naoum, and Fong (1999) ได้ทำการวิเคราะห์ 7 กลุ่มของปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพในงานก่อสร้างของประเทศอังกฤษและพบว่าปัจจัยด้านองค์กรและปัจจัยด้านการปฏิบัติงานนั้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด Langford, Rowlinson, and Sawacha (2000) ได้ระบุ 5 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อทัศนะคติของคนงานเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานและการจัดการสุขภาพโดยได้เน้นย้ำความต้องการสร้างความสัมพันธ์ที่มั่นคงในบุคคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานทุกคนเพื่อที่จะสร้างสภาพการทำงานที่ดีในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มากกว่านั้นปัจจัยองค์กรที่ส่งผลต่อ

ประสิทธิภาพความปลอดภัยนั้นประกอบด้วย ทัศนคติของผู้บริหารระดับสูงต่อความปลอดภัย (Levitt, 1975) วัฒนธรรมองค์กร (Molenaar, Brown, Caile, and Smith, 2002) บรรยากาศความปลอดภัย (Mohamed, 2002) วิธีการปฏิบัติตัวของผู้ควบคุมโครงการ (Levitt and Samelson, 1993) และการหมุนเวียนบุคคลกรในโครงการ (Hinze, 1978)

Duff, Robertson, Phillips, and Cooper (1994) ทำการศึกษามาตรการทางเลือกเพื่อที่สร้างการส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างในประเทศอังกฤษเพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพ พบว่าการฝึกอบรมความปลอดภัยมีผลต่อพฤติกรรมการทำงานไม่มากนักแต่การที่ใช้วิธีการที่ระบุเป้าหมายพร้อมทั้งมีการเผยแพร่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นวิธีการที่ได้ผลดีกว่า การศึกษาของ Barber (2003, quoted in Sousa, Almeida, and Dias 2014) พบว่าขนาดของบริษัทและระดับการศึกษาของผู้ให้การฝึกอบรมความปลอดภัยนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุ ขณะที่จำนวนชั่วโมงการฝึกอบรมและประสบการณ์การทำงานของคนงานนั้นพบว่าไม่มีความสำคัญทางสถิติ Jaselskis, Anderson, and Russell (1996) ได้ระบุว่าการประชุมเรื่องความปลอดภัยกับผู้บริหารโครงการ และงบประมาณเรื่องความปลอดภัยนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ ส่วน Liska, R. W., Goodle, D., & Sen, R. (1993) ได้นำเสนอ 5 มาตรการความปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ การวางแผนโครงและการวางแผนงานสำหรับความปลอดภัย การฝึกและปรับตัวเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน แรงจูงใจด้านความปลอดภัย มาตรการเรื่องเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และสารเสพติด และมาตรการสืบสวนเหตุการณ์อุบัติเหตุ

Tam, Zeng, and Deng (2004) ได้ระบุส่วนประกอบที่ทำให้เกิดการจัดการที่ด้อยคุณภาพในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพในอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศจีน โดยเน้นย้ำในเรื่องการขาดความตระหนักของปัญหาทั้งในผู้บริหารระดับสูงและผู้จัดการงานก่อสร้าง ความไม่เต็มใจในการจัดสรรทรัพยากร และการขาดการฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัย Fang, Xie, Huang, and Li (2004) ได้ระบุ 5 ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดมีการจำกัดทรัพยากรในเรื่องความปลอดภัยและสุขภาพของโครงการก่อสร้างในประเทศจีน โดยพบว่าการขาดการมีส่วนร่วมเรื่องความปลอดภัยและสุขภาพนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด Aksorn and Hadikusumo (2008) ได้ระบุ 16 ปัจจัยวิกฤตสำหรับการประสบความสำเร็จในเรื่องการวางแผนงานความปลอดภัยและสุขภาพในโครงการก่อสร้างของประเทศไทย พบว่าการสนับสนุนจากผู้บริหาร การให้การฝึกอบรมและการศึกษาของคนงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด Hassanein and Hanna (2008) ได้ระบุความสำคัญของการนำการวางแผนความปลอดภัยและสุขภาพนำไปใช้พร้อมกับเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างบริษัทที่ดำเนินการในประเทศอียิปและที่ดำเนินการในประเทศสหรัฐอเมริกา

โดยพิจารณาในเกณฑ์ความปลอดภัยและสุขภาพ Lai, Liu, and Ling (2011) ได้ทำการเปรียบเทียบการใช้แรงงานในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานและการจัดการสุขภาพของอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศสิงคโปร์และประเทศสหรัฐอเมริการ โดยระบุความแตกต่างที่ชัดเจนก็คือในเรื่องการคัดเลือกคนงาน และการคัดเลือกงาน (เช่น การพิจารณาเพศ อายุหรือประสบการณ์การทำงานสำหรับการมอบหมายงาน)

จากการศึกษางานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่ผ่านมาพบว่าผู้แต่งในหลายๆ ท่านนั้นได้พัฒนารายการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพคนงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยมีพื้นฐานการศึกษาเป็นการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นหลัก (เช่น Sawacha et al., 1999; Langford et al., 2000; Suraji et al., 2001; Fang et al., 2004; Teo et al., 2005b; Reese and Eidson, 2006; Aksorn and Hadikusumo, 2008; Choudhry and Fang, 2008) อย่างไรก็ตามความแตกต่างกันของผลการศึกษาในแต่ละการวิจัยนั้นพบว่าสามารถจัดกลุ่มปัจจัยเหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ด้วยกัน นั้นคือ กลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับงานและกลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนงาน

2.3 แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

ความเป็นจริงแล้ว ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา งานวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้างนั้นค่อนข้างกว้างและหลากหลาย (Zhou, Goh, and Li, 2015) การศึกษาการประเมินอุบัติเหตุในงานก่อสร้างเน้นย้ำเพียงแต่การพัฒนาตัวชี้วัด หรือเครื่องมือสำหรับประเมินความเสี่ยงเท่านั้น (Sousa et al., 2014) โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างระดับความเสี่ยงกับสิ่งที่เกี่ยวพันกับการทำงานหรือเกี่ยวพันกับอุตสาหกรรมก่อสร้าง เราสามารถแบ่งกลุ่มแบบจำลองที่เกิดขึ้นออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ แบบจำลองความเสี่ยงโดยพิจารณาตามตำแหน่งหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบ แบบจำลองความปลอดภัยร่วมกับการวางแผนการทำงาน แบบจำลองความปลอดภัยที่พิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ แบบจำลองความปลอดภัยที่พิจารณาประสิทธิภาพของมาตรการที่ได้นำไปใช้ และแบบจำลองความปลอดภัยโดยการประเมินบรรยากาศความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การพิจารณาเพียงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียเวลาการทำงานโดยเฉลี่ยของคนงานในแต่ละตำแหน่งจากการที่ต้องหยุดงานเนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในงานวิจัยของ Baradan and Usmen (2006) มีการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับตำแหน่งหน้าที่ในการทำงานที่ต่างกันในงานก่อสร้างอาคาร โดยใช้ข้อมูลสถิติที่เก็บโดยกรมแรงงานของประเทศสหรัฐอเมริการ แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกพัฒนาเพื่อบูรณาการระหว่างความเสี่ยงจากการทำงานและการจัดการ

ความปลอดภัยภายใต้การจัดการองค์กร และยังพิจารณาการจัดการความปลอดภัยภายใต้การวางแผนการทำงานในแต่และกิจกรรมในโครงการก่อสร้างอีกด้วย

งานวิจัยของ Kartam (1997) ได้บ่งบอกถึงจุดที่ควรมีการใช้งานมาตรการความปลอดภัยโดยสามารถระบุได้ในขั้นตอนการวางแผนการทำงานเมื่อใช้เทคนิคการวางแผนงานวิกฤต (Critical Path Method: CPM) มาเข้าร่วมวิเคราะห์ ส่วน Cagno, Di Giulio, and Trucco (2001) ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีการสำหรับการวางแผนการใช้มาตรการความปลอดภัยเพื่อปรับปรุงระบบความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพในการทำงาน Yi and Langford (2006) ได้นำเสนอวิธีการในการประเมินความปลอดภัยในการทำงานและความเสี่ยงต่อสุขภาพร่วมกับการวางแผนการทำงานก่อสร้าง เพื่อทำการระบุความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงการทำงาน

Hadikusumo and Rowlinson (2002) ได้พัฒนาเครื่องมือในการช่วยจินตนาการภาพของกระบวนการก่อสร้างเพื่อช่วยในการระบุความปลอดภัยในการทำงานและความเสี่ยงของสุขภาพในระหว่างขั้นตอนการออกแบบก่อสร้าง Saurin, Formoso, and Guimarães (2004) ได้ประดิษฐ์แบบจำลองที่บูรณาการการจัดการสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงาน (ในช่วงกระบวนการออกแบบ) และการควบคุม (ในช่วงกระบวนการกอสร้าง) และยังนำเสนอกลไกการมีส่วนร่วมในการให้คนงานระบุความเสี่ยงที่ยังคงมีอยู่ในโครงการรวมไปถึงการประเมินการควบคุมความเสี่ยงในโครงการก่อสร้าง

การศึกษาของ Hallowell (2008) ได้ใช้แนวทางในการออกแบบโครงสร้างอาคารมาพัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัย (Safety Equilibrium Model) แบบจำลองดังกล่าวประกอบไปด้วยหน่วยการวัด 2 หน่วย ก็คือ ความต้องการของงาน (คล้ายกับแรงกระทำ) และการตอบสนอง (คล้ายกับแรงต้านทาน) แล้วเชื่อมต่อไปกับการวางแผนงานและการจัดการงานผ่านการวิเคราะห์ความปลอดภัยในการทำงานและความเสี่ยงต่อสุขภาพในแต่ละกิจกรรมที่ต้องดำเนินงานในโครงการก่อสร้าง โดย Hallowell and Gambatese (2009a, 2009b, 2010) ได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในงานไม้แบบก่อสร้าง โดยระบุจำนวนความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมที่ต้องดำเนินงาน (Safety Risk Demand) และประสิทธิภาพของมาตรการความปลอดภัยที่ได้นำเอาไปใช้ในการลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้น (Risk Reduction) กระบวนการนี้ได้ประเมินความรุนแรงของผลที่ตามมาและความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตาม ขณะที่แบบจำลองที่นำเสนอมีศักยภาพในการนำไปใช้ แต่ก็ยังมีเกิดมีการจับต้นชนปลายที่ไม่ถูกต้องในบางเงื่อนไขอยู่ มีการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระหว่างมาตรการความปลอดภัยของแต่ละตัว (เช่น ประสิทธิภาพของมาตรการบางตัวอาจไปมีผลต่อประสิทธิภาพในอีกมาตรการเมื่อใช้งานร่วมกัน หรือเมื่อมีมาตรการความปลอดภัยบางตัวใช้งานไปแล้ว เอามาตรการบางตัวมาเพิ่มเพื่อให้ประสิทธิเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลที่ได้ก็ไม่

เป็นอย่างที่ควรจะเป็น) มากกว่านั้น สิ่งที่ผู้วิจัยพบจากการศึกษาของ Hallowell ก็คือการลดลงของค่าความเสี่ยง (Risk Reduction) ในแต่ละมาตรการความปลอดภัยนั้นมีค่าน้อยมาก ไม่สมเหตุสมผลกับค่าจำนวนความเสี่ยงที่เกิดขึ้น (Safety Risk Demand) ส่วนงานวิจัยของ Tam, Tong, Chiu, and Fung (2002) ได้นำเสนอวิธีการสำหรับการจัดสรรทรัพยากรเพื่อความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพการทำงานโดยมีหลักการบนลำดับความสำคัญตามผลการเปรียบเทียบบนประสิทธิภาพของมาตรการความปลอดภัยที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

บางงานวิจัยได้ทำการศึกษาแบบจำลองบรรยากาศความปลอดภัย (Safety Climate) โดยบรรยากาศความปลอดภัยนั้นได้ถูกยกเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพความปลอดภัยในโครงการก่อสร้าง โดยบรรยากาศความปลอดภัยสามารถนิยามได้ว่าเป็นการจับภาพ (Snapshot) ของวัฒนธรรมความปลอดภัย (Safety Culture) ขององค์กรซึ่งมีสภาพเป็นแบบผลวัต โดยเป็นการสะท้อนการรับรู้และทัศนะคติของลูกจ้างในองค์กรเกี่ยวกับมาตรการความปลอดภัยที่ใช้อยู่ในโครงการก่อสร้าง (Patel, and Jha, 2014) โดยในงานวิจัยของ (Fang, Chen, and Wong, 2006)ได้เสนอแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ของบรรยากาศความปลอดภัยกับลักษณะเฉพาะบุคคล พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อบรรยากาศความปลอดภัยประกอบไปด้วย เพศ สถานะการสมรส ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครอบครัว ความรู้ด้านความปลอดภัย พฤติกรรมการดื่มสุรา การว่าจ้างโดยตรงหรือโดยอ้อม และพฤติกรรมความปลอดภัยส่วนบุคคล Patel and Jha (2014) ได้พัฒนาแบบจำลองที่สามารถทำนายบรรยากาศความปลอดภัยในแต่ละโครงการก่อสร้างโดยใช้วิธี Artificial Neural Network พบว่าการมุ่งมั่นและบรรยากาศที่มีการกำกับดูแลนั้นเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อบรรยากาศความปลอดภัยที่เกิดขึ้นในโครงการ และมากกว่านั้น Patel and Jha (2016) ยังใช้การประเมินของบรรยากาศความปลอดภัยเพื่อทำนายพฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัยของเพื่อนร่วมงานในโครงการก่อสร้างอีกด้วย ในงานวิจัยของ Lin, Tang, Miao, Wang, and Wang (2008)พบว่าการตระหนักเรื่องความปลอดภัย ความชำนาญการความปลอดภัย และการสื่อสารด้านความปลอดภัยนั้นมีอิทธิพลต่อระดับบรรยากาศความปลอดภัย อย่างไรก็ดีผลลัพธ์ของงานวิจัยในเรื่องบรรยากาศความปลอดภัยที่แตกต่างกันในแต่ละงานวิจัยนั้นเกิดขึ้นมาจากการที่แต่ละงานวิจัยใช้กลุ่มของปัจจัยที่แตกต่างกันในการประเมินบรรยากาศความปลอดภัย จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยเหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้โดยทั่วไปได้ และมากกว่านั้นบรรยากาศความปลอดภัยนี้เป็นการศึกษาระดับองค์กร ไม่ได้ให้ความสนใจในระดับตัวบุคคล

จากการศึกษาแบบจำลองอุบัติเหตุที่ผ่านมาในงานก่อสร้าง พบว่ามีการขาดความสนใจในเรื่องการพัฒนาเครื่องมือการทำนายอุบัติเหตุซึ่งเป็นตัวชี้วัดนำหรือเป็นเครื่องแสดงการแจ้งเตือนใน

งานวิจัยด้านความปลอดภัย ดังนั้นจึงเป็นการดีที่นักวิจัยควรให้ความสำคัญของเครื่องมือที่ช่วยในการทำนายดังกล่าวเพื่อทีจะเติมเต็มช่องว่างในงานวิจัยที่ยังมีอยู่

2.4 พฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง

คนงานเป็นแรงงานหลักในงานก่อสร้างที่ช่วยให้โครงการก่อสร้างดำเนินงานได้จนประสบความสำเร็จ และคนงานก่อสร้างยังเป็นผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรงในอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง สังเกตุได้ว่านักวิจัยความปลอดภัยได้มีการมุ่งเน้นการศึกษามาที่ตัวคนงานก่อสร้างเป็นอย่างมาก เพื่อศึกษาผลกระทบของลักษณะเฉพาะตัวของคนงานกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

มีงานวิจัยหลายตัวได้ยืนยันว่าสาเหตุหลักของการเสียชีวิตหรือบาดเจ็บนั้นเกิดมาจากพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน (Choudhry and Fang, 2008) และมากกกว่านั้น Hinze (1996) และ Mitropoulos et al. (2009) ก็ยังให้การสนับสนุนว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเหล่านี้เป็นกุญแจสำคัญของอุบัติเหตุในโครงการก่อสร้าง และเป็นเรื่องที่ยอมรับกันว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเหล่านี้เชื่อมกันอยู่ภายในอุบัติเหตุจากการทำงาน (Lingard and Rowlinson, 1998; Mohamed et al., 2009) จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการการจัดการเชิงรุกสำหรับการกำจัดพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยออกไป บางงานวิจัยพยายามค้นพบว่าทำไมคนงานถึงต้องปฏิบัติตัวที่ไม่ปลอดภัย (Teo et al., 2005; Choudhry and Fang, 2008) และทำอย่างไรเราจึงสามารถประคับประคองพฤติกรรมการทำงานที่ถูกต้องให้คงอยู่ในโครงการก่อสร้างได้ (Teo et al., 2005)

ตัวอย่างงานวิจัยจำนวนมากที่ค้นพบว่าพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยนั้นเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น Abdelhamid and Everett (2000) ได้ทำการศึกษามุมมองการรับรู้ความเสี่ยงของคนงานและพบสาเหตุที่สำคัญอยู่ 3 ประเด็น ได้แก่ สภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย การตอบสนองของคนงานต่อสภาพการทำงานที่ไม่ปลอดภัย และพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน สิ่งที่พบจากการรายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจำนวน 500 เหตุการณ์โดย Suraji et al. (2001) ได้เผยให้เห็นว่าการปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสมและกระบวนการก่อสร้างที่ไม่เหมาะสมนั้นเป็นสาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง (29.9% และ 88.0% ตามลำดับ) และทั้ง 2 ประเด็นดังกล่าวนั้นมีการเชื่อมโยงโดยตรงกับพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ในงานวิจัยดังกล่าวยังได้นำเสนอแบบจำลองที่มีศูนย์กลางบนพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของแต่ละบุคคล โดยเรียกแบบจำลองดังกล่าวว่าแบบจำลองข้อจำกัด-และการตอบสนอง (Constraints-Response' Model) โดยพิจารณาปัจจัยที่อธิบายการเกิดอุบัติเหตุออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยที่อยู่ต้น (Proximal Factors) และปัจจัยที่อยู่ปลาย (Distal Factors) โดยปัจจัยที่อยู่ต้นก็คือสิ่งที่ส่งผลโดยตรงต่ออุบัติเหตุ ไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์หรือสภาพการณ์ในพื้นที่เหตุการณ์อุบัติเหตุ ส่วนปัจจัยที่อยู่ปลายนั้นก็คือเหตุที่ซ่อนอยู่

ซึ่งอาจเป็นตัวแทนของส่วนที่ส่งเสริมทำให้เกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุ เช่น เงื่อนไขของเวลา เงื่อนไขของค่าใช้จ่าย หรือการตอบสนองฉุกเฉิน ส่วน Toole (2002) ได้ระบุ 8 สาเหตุหลักที่เป็นต้นตอของอุบัติเหตุและหนึ่งในนั้นก็คือการปฏิบัติงานเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ระบุว่าเป็นวิธีที่ควรปฏิบัติตาม งานสำรวจ 100 เหตุการณ์อุบัติเหตุโดย Haslam et al. (2005) ในงานก่อสร้างของประเทศอังกฤษ พบว่า 70% ของอุบัตเหตุดังกล่าวมีจุดเริ่มต้นมาจากคนงานและทีมงาน ที่น่าสังเกตุก็คือ 49% นั้นเกิดจากพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานนั่นเอง Bohm and Harris (2010) ได้วิเคราะห์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนงานขับรถบรรทุกในโครงการก่อสร้างของประเทศอังกฤษ พบว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นนั้นมาจากพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนขับรถบรรทุกนั่นเอง

บางงานวิจัยได้ทำการศึกษาสาเหตุของอุบัติเหตุในลักษณะที่เฉพาะเจาะจงลงไปในแต่ละชนิดของการประสบอุบัติเหตุ เช่น งานวิจัยของ Chi, Yang, and Chen (2009) ได้ทำการวิเคราะห์เหตุการณ์เสียชีวิตเนื่องจากระบบไฟฟ้าจำนวน 255 เหตุการณ์และพบว่าการเสียชีวิตจากระบบไฟฟ้าดังกล่าวสามารถจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน งานวิจัยของ Lipscomb, Dale, Kaskutas, Sherman-Voellinger, and Evanoff (2008) ได้ทำการวิเคราะห์การตกจากที่สูงของคนงานและพบว่า ช่างไม้ฝึกหัดโดยส่วนใหญ่ไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการตก Lombardi, Verma, Brennan, and Perry (2009) ได้สังเกตุเหตุการณ์บาดเจ็บบริเวณตาของคนงานก่อสร้าง พบ 3 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้คนงานเลือกหรือไม่เลือกสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการบาดเจ็บบริเวณตา ส่วน Arboleda and Abraham (2004) ได้ศึกษาในงานวางระบบท่อและได้อภิปรายว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนั้นเป็นสาเหตุหลักของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในงานดังกล่าว

บางงานวิจัยมีการค้นพบที่มากกว่านั้นในเรื่องพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัย โดยระบุว่าประเด็นความปลอดภัยและพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงนี้มีอิทธิพลมาจากทัศนะคติในเรื่องความปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง (Loosemore, 1998; Leung, Chan, and Yuen, 2010; Hung, Smith-Jackson, and Winchester, 2011) และเพื่อที่จะเปลี่ยนทัศนะคติของผู้ปฏิบัติงานนั้น Tam, Fung and Chan (2001) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงทัศนะคติ (Attitude-Changing Model) ซึ่งมีพื้นฐานบนทฤษฎีการเสริมกำลัง (Reinforcement Theory) ในงานวิจัยของ Conchie, Taylor, and Charlton (2011) ได้ศึกษาการวางใจหรือไม่วางใจของคนงานต่อผู้บังคับบัญชาพบว่าประเด็นดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเป็นผู้นำในเรื่องความปลอดภัย ส่วน Larsson, Pousette, and Törner (2008) ค้นพบกลไกที่แสดงให้เห็นว่าบรรยากาศทางจิตวิทยา (Psychological Climate) นั้นส่งผลอย่างมากต่อพฤติกรรมความปลอดภัย ไม่ว่าจะเป็นทัศนะคติ ตลอดจนการไว้วางใจ

จากข้อมูลที่ผ่านมาช่วยสนับสนุนได้ว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนี้เป็นสาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง โดยพฤติกรรมเหล่านี้เราไม่สามารถการันตีได้ว่าจะสามารถขจัดมัน

ออกไปได้อย่างสิ้นเชิง (Zhou et al. 2015) ดังนั้นเราต้องให้ความสำคัญที่มากขึ้นอีกสำหรับสาเหตุหลักตัวนี้ในการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

กลไกการสร้างพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนี้ต้องได้รับการเข้าใจอย่างท่องแท้ การใช้มุมมองของหลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถช่วยให้อธิบายกลไกเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี (Fang, Zhao, and Zhang, 2016) โดยกระบวนการพุทธิปัญญานี้ไม่ได้พิจารณาแต่พฤติกรรมส่วนบุคคลเพียงแค่อย่างเดียว แต่ยังพิจาณาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ภายนอกอีกด้วย ซึ่งมันเป็นการสะท้อนการทำงานจริงๆ ที่คนงานก่อสร้างต้องเผชิญอยู่ในแต่ละวันของการทำงาน

2.5 มมองของพุทธิปัญญา (Cognitive Perspective)

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอมุมมองของพุทธิปัญญาเริ่มตั้งแต่การแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองพุทธิปัญญานั้นสามารถค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของอุบัติเหตุโดยแสดงให้เห็นในรูปแบบขั้นตอนกระบวนการคิดของมนุษย์ หลังจากนั้นเป็นการอธิบายให้เห็นว่าทำไมกระบวนการพุทธิปัญญาจึงมีบทบาทในสังคมที่มีลักษณะพลวัต และแสดงการประยุกต์ใช้ของกระบวนการพุทธิปัญญาทั้งในงานจราจรและงานก่อสร้าง

2.5.1 แบบจำลองพุทธิปัญญาสำหรับข้อผิดพลาดของมนุษย์ (Cognitive Models for Human Error)

ข้อผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) นั้นเป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดอุบัติเหตุและได้ถูกให้ความสนใจเป็นอย่างมากโดยผู้วิจัยที่อยู่ในสายงานที่มีความเสี่ยงสูง (Mitropoulos et al., 2005) ข้อผิดพลาดของมนุษย์คือการตัดสินใจผิดพลาดหรือการตัดสินใจที่ไม่เหมาะสมในกระบวนการพุทธิปัญญา (Chi, Han, and Kim 2012; Hinze, Huang, and Terry 2005) มีการศึกษาระบบข้อผิดพลาดของมนุษย์และสิ่งที่เกี่ยวพันกับระบบพุทธิปัญญานั้นเริ่มมาตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมา (Fang et al., 2016) Reason (1990) ได้แนะนำว่า ถึงแม้มีการจัดกลุ่มของข้อผิดพลาดของมนุษย์ออกมาค่อนข้างหลากหลาย แต่มีเพียง 3 ระดับเท่านั้นที่ใช้ในการจัดกลุ่มกัน โดยการจัดกลุ่มโดยทั่วไปจะพยายามตั้งคำถามเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของมนุษย์อยู่ 3 อย่างก็คือ อะไร ที่ไหน และอย่างไร โดยคำถามที่ว่า “อย่างไร” นี้จะค้นหากลไกที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์และยังเป็นระดับที่ลึกที่สุดที่สะท้อนแก่นแท้และสาเหตุของข้อผิดพลาดของมนุษย์ โดย Reason (1990) ได้จำแนกพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Acts) ออกเป็น 3 ชนิดของข้อผิดพลาด (Error) คือ การผลั้งพลาด (Slips) การหลงลืม (Lapse) การเลือกผิด (Mistakes) และอีก 1 ชนิดของการ

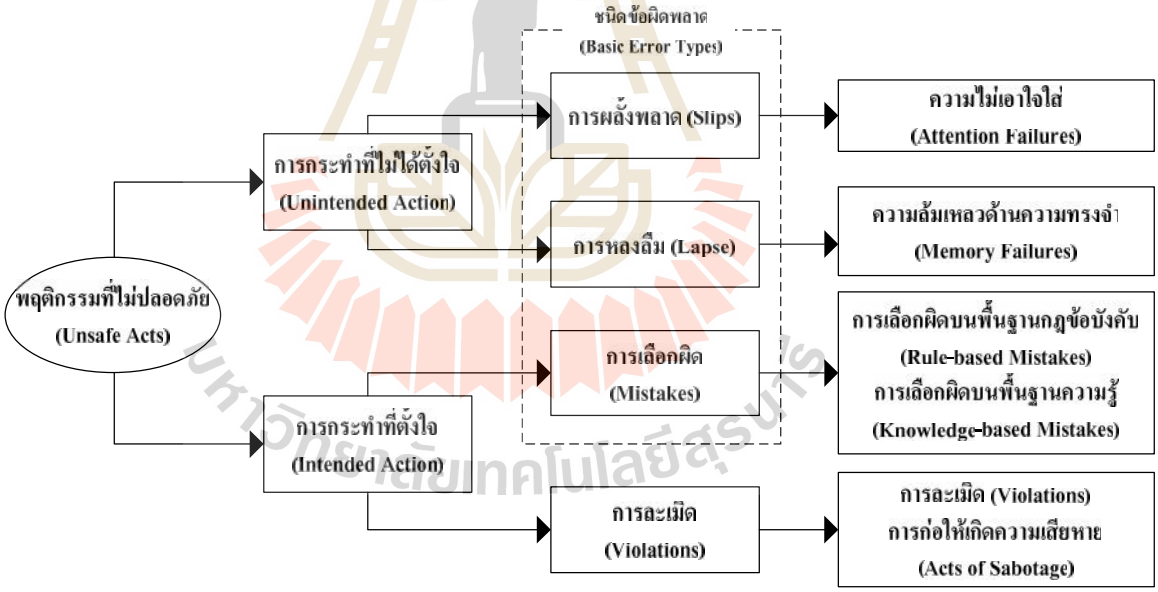
ละเมิด (Violations) ดังภาพที่ 2.1 โดยภาพรวมของความแตกต่างทางจิตวิทยาในเรื่องพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนั้นสามารถจัดกลุ่มได้โดยพิจารณาว่าเป็นการกระทำที่ตั้งใจ (Intended Action) หรือการกระทำที่ไม่ได้ตั้งใจ (Unintended Action) ซึ่งทำให้มองเห็นกลุ่มของข้อผิดพลาด (Error) ที่แตกต่างจากการละเมิด (Violation) ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยทั้ง 4 ชนิดมีความหมายดังต่อไปนี้

1) การผลั้งพลาด (Slips) คือการกระทำที่ไม่ตั้งใจโดยมีความไม่เอาใจใส่มาเกี่ยวข้อง

2) การหลงลืม (Lapse) คือการกระทำที่ไม่ตั้งใจโดยมีความล้มเหลวด้านความทรงจำมาเกี่ยวข้อง

3) การเลือกผิด (Mistakes) คือการเลือกผิดอย่างตั้งใจโดยไม่ได้มีเจตนาละเมิดกฎข้อบังคับหรือแผนงานที่วางไว้

4) การละเมิด (Violations) คือการตั้งใจละเมิดหรือตั้งใจก่อให้เกิดความเสียหาย



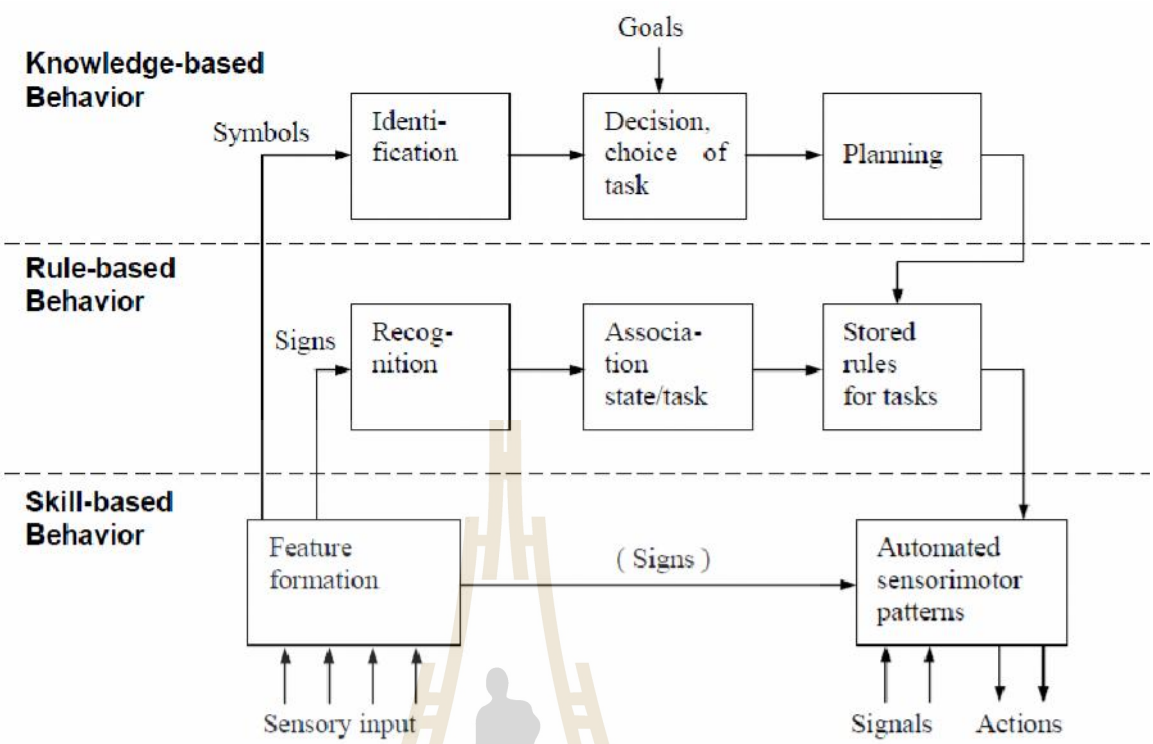
ภาพที่ 2.1 ความแตกต่างทางจิตวิทยาในเรื่องพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย (ประยุกต์จาก Reason, 1990)

ในมุมมองดังกล่าวนี้อยู่บนหลักการของทฤษฎีพุทธิปัญญาไม่ว่าจะเป็นความทรงจำของมนุษย์ (Human Memory) ความสนใจ (Attention) และการเรียกคืนสภาวะเดิม (Calling Conditions) โดยหลักการเหล่านี้ได้ถูกให้ความสนใจเป็นอย่างมากจากผู้วิจัยในสายอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูงเช่น นิวเคลียร์ ปิโตเคมี การจราจร หรืองานเหมืองแร่ แบบจำลองพุทธิปัญญาที่แตกต่างกันจึงได้

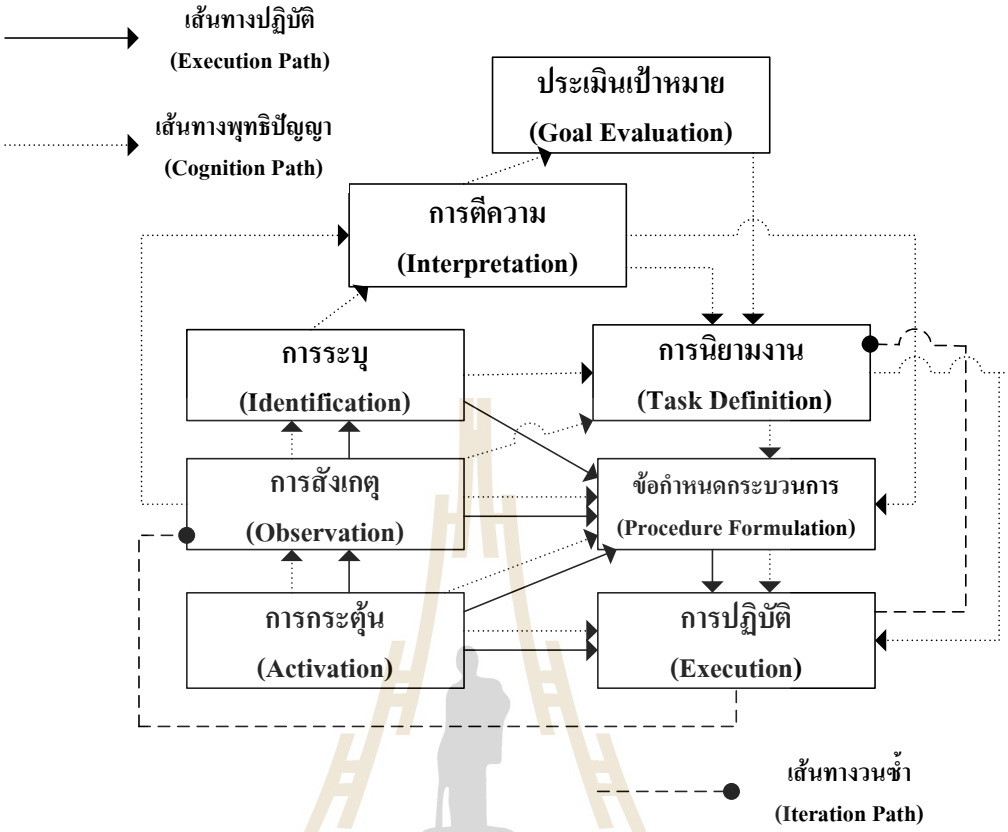
ถูกนำเสนอเพื่ออธิบายข้อผิดพลาดของมนุษย์ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา และในงานวิจัยทางสายจิตวิทยานั้นวิธีการดั้งเดิมที่ได้ปฏิบัติมาเพื่อที่จะศึกษากระบวนการคิดของมนุษย์ที่มีลักษณะเป็นแบบพลวัตนั่นก็คือการสร้างแบบจำลองเพื่อที่สามารถอธิบายส่วนประกอบต่างๆ ที่มี และบรรยายถึงวิธีการที่ส่วนประกอบเหล่านี้ทำงานร่วมกันอย่างไร (Flower and Hayes 1981) จึงเกิดมีการนำเสนอแบบจำลองพุทธิปัญญาเพื่อใช้ในการอธิบายการเกิดขึ้นของข้อผิดพลาดของมนุษย์ที่น่าสนใจมีหลายตัว และรวมถึงแบบจำลองพุทธิปัญญาที่ใช้อธิบายข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระบบแบบจำลองข้อผิดพลาดโดยทั่วไป (The Generic Error Modelling System: GEMS) ดังภาพที่ 2.2 ที่นำเสนอโดย Reason (1990) ซึ่งเป็นเค้าโครงของระบบพุทธิปัญญาที่ใช้ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดของมนุษย์ โดยทั่วไปได้ระบุความแตกต่างของข้อผิดพลาดของมนุษย์ออกเป็น 3 ลักษณะได้แก่: ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานความชำนาญ (Skill-based Errors) ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานกฎข้อบังคับ (Rule-based Errors) และข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานความรู้ (Knowledge-based Errors) โดยข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานความชำนาญ (Skill-based Errors) นี้เกิดในช่วงที่คนเรากำลังปฏิบัติงานแบบอัตโนมัติ (ไม่มีสติเต็มที่) ทำงานโดยอิงประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมาของแต่ละคน ซึ่งเป็นงานเดิมๆ ที่คุ้นเคยอยู่แล้ว ส่วนข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานกฎข้อบังคับ (Rule-based Errors) จะเกิดในช่วงที่คนเรากำลังปฏิบัติงานแบบมีสติโดยเป็นการปฏิบัติงานโดยอิงตามหลักการและกฎเกณฑ์ที่ต้องปฏิบัติตาม ซึ่งอาจเป็นงานที่ต้องปฏิบัติเป็นบางครั้งบางคราว ไม่สม่ำเสมอ ส่วนข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานความรู้ (Knowledge-based Errors) เกิดในช่วงที่คนเรากำลังปฏิบัติงานแบบมีสติเต็มที่ และให้ความสนใจในงานเต็มที่ เนื่องจากเป็นการปฏิบัติงานในสถานการณ์ที่ใหม่ไม่เคยปรากฏหรือประสบมาก่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

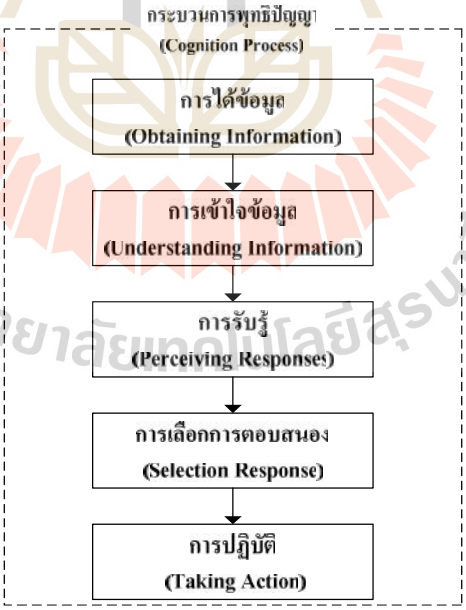


ภาพที่ 2.3 แบบจำลองแบบบันไดพับ (Step Ladder Model: SLM) (ประยุกต์จาก Petkov, 2015)

ส่วนในงานก่อนสร้าง Fang et al. (2016) ได้พัฒนาแบบจำลองพุทธิปัญญาของพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง (Cognitive Model of Construction Workers' Unsafe Behavior: CM-CWUB) ดังภาพที่ 2.4 โดยในแบบจำลอง CM-CWUB ประกอบไปด้วยกระบวนการพุทธิปัญญาที่คนงานใช้เมื่อต้องเผชิญหน้ากับความเสี่ยงที่มีศักยภาพที่ก่อให้เกิดอันตรายในโครงการก่อสร้าง ซึ่งปีนการใช้มุมมองของกระบวนการพุทธิปัญญาเพื่อที่แสดงกลไกที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายว่าการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนงานเกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง ในแบบจำลองดังกล่าวประกอบไปด้วยรูปแบบลำดับขั้น 5 ขั้นได้แก่ การได้ข้อมูล (Obtaining Information) การเข้าใจข้อมูล (Understanding Information) การรับรู้ (Perceiving Responses) การเลือกการตอบสนอง (Selecting Response) และการปฏิบัติ (Taking Action) การที่เกิดความล้มเหลวในแต่ละขั้นตอนนำพาให้เกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานและท้ายสุดทำให้เกิดอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ Near Miss ผู้วิจัยได้ให้คำนิยามของความล้มเหลวพุทธิปัญญา (Cognitive Failure) ในงานก่อสร้างว่า เมื่อคนงานต้องเผชิญหน้ากับความเสี่ยงที่มีศักยภาพ คนงานควรจะสามารถ

ประพฤติตัวอย่างปลอดภัยเพื่อหลบเลี่ยงอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ Near Miss ที่จะเกิดขึ้นได้ แต่เมื่อไรที่เกิดความล้มเหลวในกระบวนการพุทธิปัญญาของแต่ละขั้นตอนข้างต้น คนงานจะไม่สามารถประสบผลสำเร็จหรืออาจเกิดความคลาดเคลื่อนออกจากเป้าหมายความปลอดภัยที่วางไว้ได้ ในการวิจัยดังกล่าวพบว่า การได้มาซึ่งข้อมูล (Obtaining Information) และการเลือกการตอบสนอง (Selecting Responses) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากกว่าขั้นตอนที่เหลือเนื่องจากการได้มาซึ่งข้อมูลนั้นมีการกลั่นเกลาข้อมูลจากการสังเกตุที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่างๆ ในโครงการก่อสร้างโดยตัวของคนงานเอง ส่วนในขั้นตอนการเลือกการตอบสนองนั้นในงานวิจัยดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมที่ได้ถูกวางไว้ (Theory of Planned Behaviour) สำหรับหาปัจจัยที่ส่งผลทำให้คนงานเลือกที่จะปฏิบัติตัวอย่างไม่ปลอดภัย และพบว่าแรงจูงใจ (Motivation) ของคนงานในขณะนั้นเป็นตัวประเมินการเลือกการตอบสนองของคนงานว่าจะปฏิบัติตัวอย่างไร

ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองพุทธิปัญญานั้นสามารถแสดงกลไกการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์โดยแสดงให้เห็นในรูปแบบขั้นตอนกระบวนการคิดของมนุษย์ ทำให้สามารถอำนวยความสะดวกต่อการสร้างเครื่องมือมาช่วยในการจัดการความปลอดภัยในมุมมองของกระบวนการพุทธิปัญญาได้เป็นอย่างดี

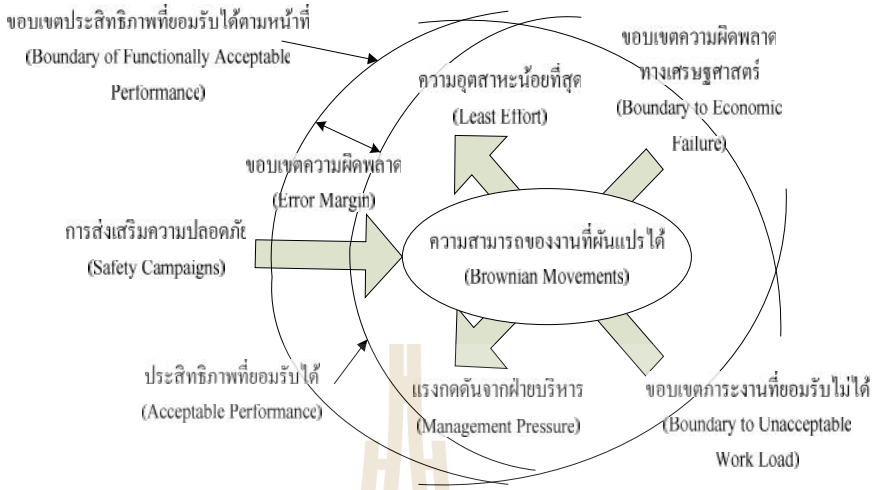


ภาพที่ 2.4 แบบจำลองพุทธิปัญญาของพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง (CM-CWUB) (ประยุกต์จาก Fang et al., 2016)

2.5.2 การสร้างแบบจำลองสำหรับสังคมที่เป็นลักษณะพลวัต (Safety Modeling in Dynamic Society)

ในสภาพที่เป็นพลวัตของสังคมในยุคปัจจุบันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว เกิดสภาวะการแข่งขันกันสูงและยังมีสภาพแรงกดดันรอบตัวทำให้ศักภาพของการควบคุมความปลอดภัยแบบดั่งเดิมที่เน้นยึดในเรื่องการควบคุมและ บังคับให้ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยต่างๆ ได้ลดประสิทธิภาพลง มาตรการแบบดั่งเดิมดูเหมือนไม่เพียงพออีกต่อไป ต้องการหลักการที่มีการมองภาพที่แตกต่างออกไปสำหรับกระบวนการสร้างแบบจำลองความปลอดภัย (Rasmussen 1997) จากรายงานจำนวนมากของศาลกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุขนาดใหญ่ที่ผ่านมาระบุว่าสาเหตุของการเกิดมหันตภัยดังกล่าวนั้นไม่ได้เกี่ยวกับความบังเอิญของข้อผิดพลาดเฉพาะตัวแต่มันเกิดจากระบบขององค์กรที่คืบคลานเข้าใกล้อุบัติเหตุภายใต้แรงกดดันเกี่ยวกับความต้องการของประสิทธิภาพด้านต้นทุนอย่างรุนแรง และบรรยากาศที่มีการแข่งขันกันสูงนั่นเอง

แบบจำลองนามธรรมการทำงาน (The Functional Abstraction Model) ได้ถูกนำเสนอเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมพื้นฐานของมนุษย์ซึ่งก่อให้เกิดกลไกที่ขับเคลื่อนการแสดงออกของคนงานในปัจจุบันนี้ (Rasmussen 1997) โดย Rasmussen (1997) ได้อธิบายพฤติกรรมของคนงานที่พยายามเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ (Boundary of Functionally Acceptable Performance) ตลอดเวลา โดยเกิดมาจากความกดดันสองด้าน คือ จากฝ่ายบริหาร (Management Pressure) ที่ต้องการจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการใช้กำลังความอุตสาหะให้น้อยที่สุด (Least Effort) จึงทำให้เกิดภาระงานที่มากขึ้นกับตัวคนงานเอง คนงานพยายามค้นหาส่วนผสมของความอุตสาหะแต่ขณะเดียวกันผู้บริหารโดยทั่วไปก็พยายามควบคุมต้นทุนของงานไว้ ผลที่ได้ก็คล้ายกับการเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่โดยอัตโนมัติ มาตรการความปลอดภัยหรือโปรแกรมความปลอดภัยต่างๆ ที่ได้ถูกนำมาใช้เพื่อพยายามควบคุมคนงานให้มีพฤติกรรมที่ปลอดภัย แต่กระนั้นก็ยังไม่สามารถต้านทานแรงกดดันทั้งสองด้านนี้ได้ ทำให้คนงานมีพฤติกรรมที่เลยขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ (Acceptable Performance) ไปอยู่ในขอบเขตความผิดผลาด (Error Margin) ซึ่งสภาวะดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดอุบัติเหตุตลอดเวลา แต่ถ้าเมื่อใดคนงานมีพฤติกรรมที่ออกนอกเหนือขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ก็จะส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุทันที ดังแสดงในภาพที่ 2.5

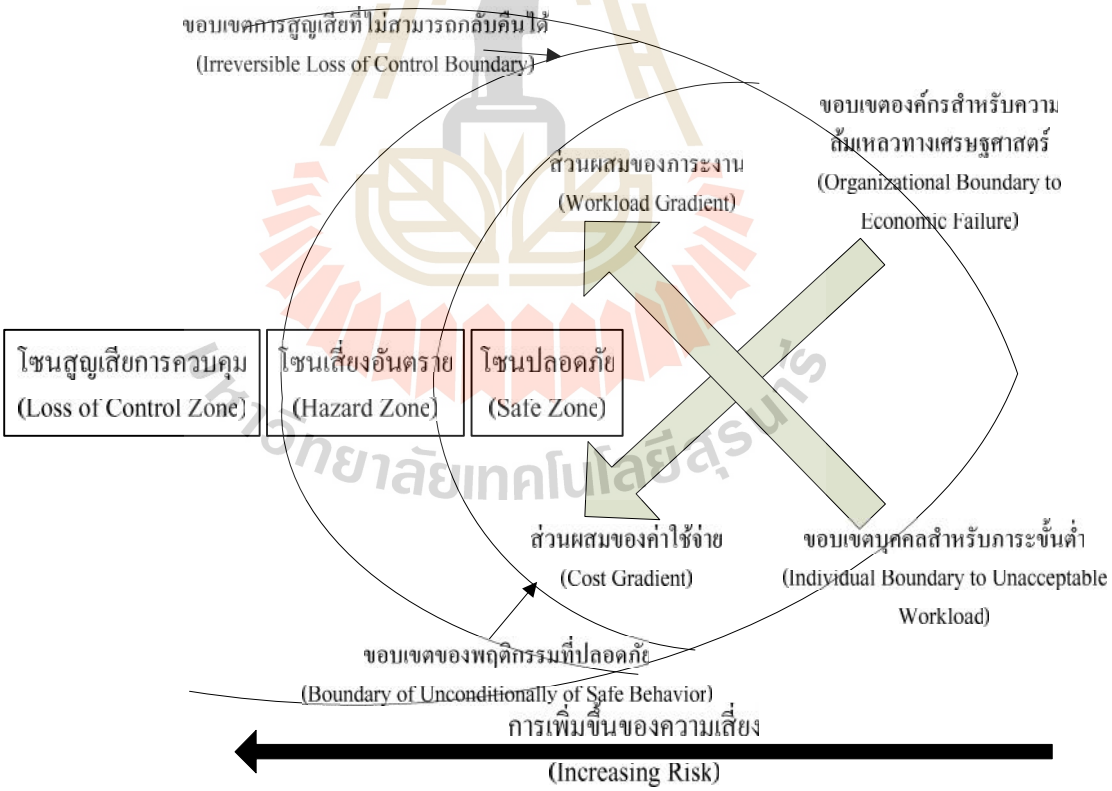


ภาพที่ 2.5 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานโดย Rasmussen (ประยุกต์จาก Rasmussen, 1997)

หลักการดังกล่าวของ Rasmussen นั้นอยู่บนพื้นฐานของวิศวกรรมพุทธิปัญญา (Cognitive System Engineering: CSE) ซึ่งให้ความสำคัญกับรูปแบบของระบบการทำงานที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน และความเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดและความล้มเหลว (Rasmussen, Pejtersen, and Goodstein, 1994) ถึงแม้ว่ากลไกที่ใช้ใน CSE อยู่ในการจัดการความปลอดภัยที่มีระบบการทำงานที่สลับซับซ้อน และมีความเสี่ยงสูง เช่น งานอากาศยาน สุขภาพ งานนิวเคลียร์หรือเคมี อย่างไรก็ดี สำหรับงานก่อสร้างนั้นได้มีผู้วิจัยที่ได้อภิปรายถึงโอกาสในการประยุกต์หลักการของ CSE และเลียนแบบตามแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของ Rasmussen อยู่กันหลายงานวิจัย ซึ่งสามารถตอบโจทย์บริบทของงานก่อสร้างได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยของ Howell, Ballard, Abdelhamid, and Mitropoulos (2002) ได้ยกย่องให้ Rasmussen เป็นผู้นำการคิดค้นการจัดการความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานที่เป็นแบบพลวัต และได้ใช้หลักการของ Rasmussen เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัย โดยในการศึกษาวิจัยดังกล่าวได้มีนำเสนอการแบ่งโซนในการทำงานของคนงานก่อสร้างออกเป็น 3 โซน ดังภาพที่ 2.6 คือ (1) โซนปลอดภัย (Safe Zone) ที่ซึ่งพฤติกรรมคนงานนั้นอยู่ในขอบเขตที่ถูกระบุไว้โดยกฎข้อบังคับความปลอดภัย (2) โซนเสี่ยงอันตราย (Hazard Zone) ที่ซึ่งมีความเป็นไปที่จะเกิดเหตุการณ์ได้ตลอดเวลา และสุดท้าย (3) โซนสูญเสียการควบคุม (Loss of Control Zone) ผลจากการศึกษาได้แนะนำให้เกิดความพยายามในการขยายขอบเขตของโซนปลอดภัย (โซนที่ 1) ให้มากขึ้นผ่านการวางแผนการทำงาน ในส่วนโซนเสี่ยงอัตราย (โซนที่ 2) นั้น งานวิจัยดังกล่าวได้ให้ความสำคัญค่อนข้างมากโดย

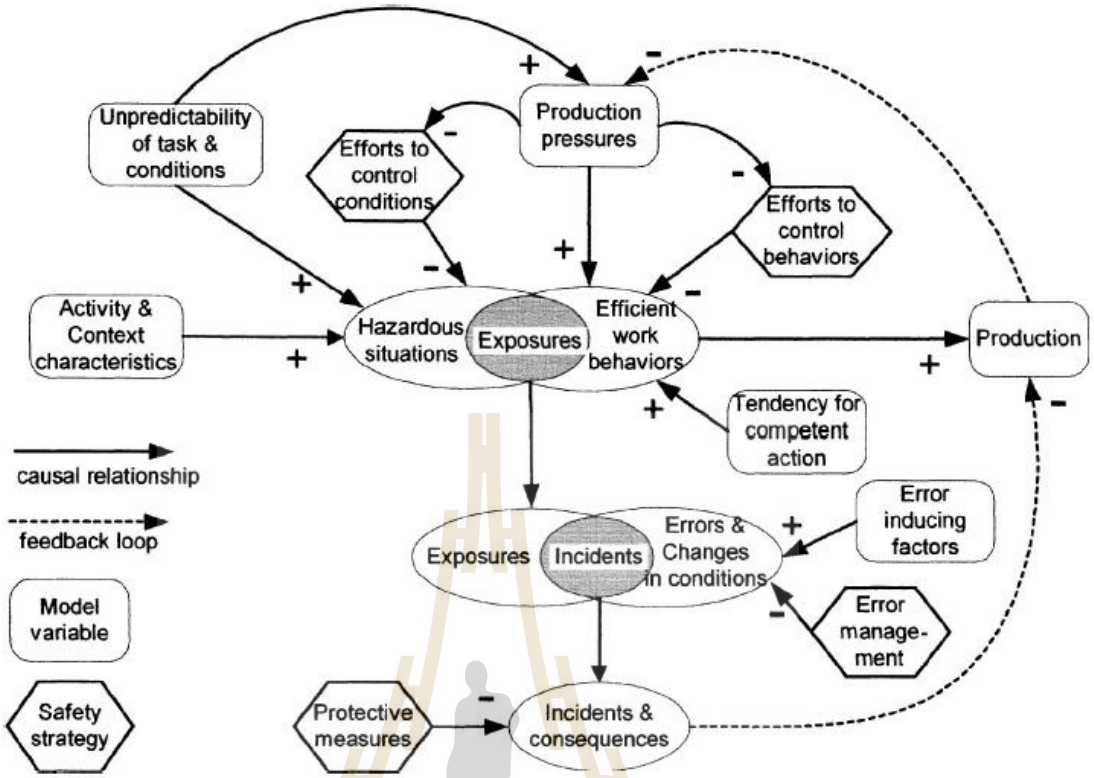
แนะนำให้เกิดการศึกษาว่าทำอย่างไรจึงสามารถทำให้การระบุขอบเขตของโซนเสี่ยงอันตรายดังกล่าวให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนในระหว่างที่คนงานกำลังปฏิบัติงาน ส่วนโซนสุดท้าย (โซนที่ 3) มีการเสนอแนะว่าเมื่อไรก็ตามที่คนงานอยู่ในโซนสูญเสียการควบคุมแล้วทำอย่างไรจึงจะลดความสูญเสียจะที่เกิดขึ้นให้ได้มากที่สุด และผลจากงานวิจัยของ Howell et al. (2002) ที่ระบุให้มุ่งเน้นทำการศึกษาการระบุขอบเขตของโซนเสี่ยงอันตราย (โซนที่ 2) ให้ชัดเจน ทำให้เกิดการศึกษาต่อเนื่องในงานของ Abdelhamid, Patel, Howell, and Mitropoulos (2003) ที่ได้ศึกษาการประยุกต์เอาทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ (Signal Detection Theory) เพื่อที่ช่วยให้คนงานรับรู้ถึงจุดเสี่ยงอันตรายในการทำงานให้เร็วขึ้น ผลของการศึกษาดังกล่าวช่วยให้คนงานสามารถพัฒนาความสามารถในการระบุจุดที่จะเกิดการสูญเสียได้ ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน และมากกว่านั้น Adbelhamid, Narang, and Schafer (2011) ก็ได้ประยุกต์ใช้หลักการ Fuzzy Signal Detection Theory เข้ามาเพิ่มเติมอีกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคนงานในการระบุขอบเขตของความเสี่ยงดังกล่าว



ภาพที่ 2.6 แสดง 3 โซนของความเสี่ยง (ประยุกต์จาก Howell et al., 2002)

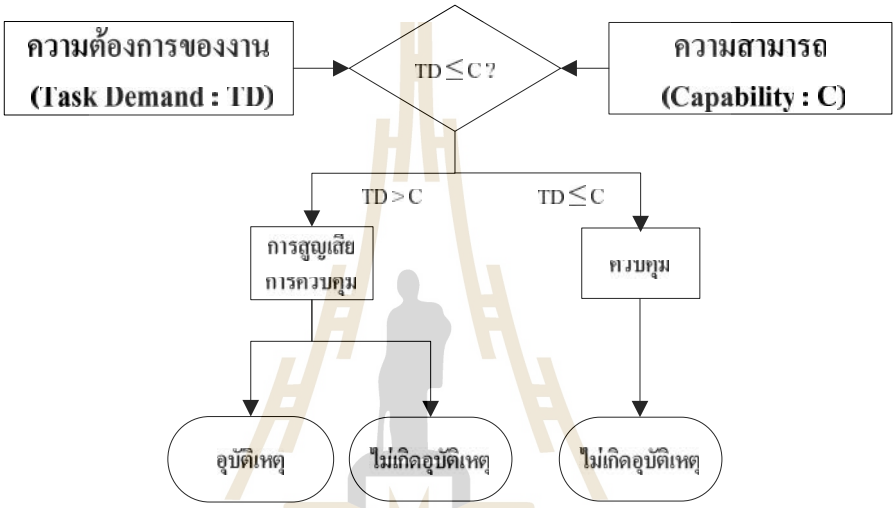
ส่วนงานวิจัยของ Mitropoulos, Abdelhamid, and Howell (2005) ได้นำเสนอแบบจำลองสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่มีพื้นฐานบนแบบจำลอง Rasmussen ดังภาพที่ 2.7 แบบจำลองที่ได้นำเสนอเป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดยพิจารณาปัจจัยหลัก 2 อย่างที่เป็นจุดกำเนิดของอุบัติเหตุ ได้แก่ (1) สภาพการทำงานที่อันตราย (Hazardious Situations) และพฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Work Behaviors) นั้นเป็นตัวควบคุมการเปิดรับกับความเสี่ยง (Exposure to the Hazard) ของคนงานก่อสร้าง (2) ข้อผิดพลาด (Errors) และการเปลี่ยนแปลงสภาวะ (Changes in Conditions) การทำงานนั้นควบคุมการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ (Incidents) หรือผลกระทบที่ตามมา (Consequences) ข้อสังเกตุในงานวิจัยดังกล่าวนั้นก็คือ คุณลักษณะของระบบการผลิตของงานก่อสร้าง (Characteristics of the Production System) นั้นเป็นตัวก่อร่างให้เกิดสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และความตั้งใจในการที่จะปฏิบัติงานให้สำเร็จ (Tendency for Competent Action) ของคนงานยังสามารถผลักดันคนงานให้เข้าใกล้สู่ขอบเขตของการสูญเสียการควบคุมอีกด้วย (เช่น คนมีแรงกดดันจากฝ่ายบริหารในการเพิ่มประสิทธิการทำงานให้เพิ่มสูงขึ้น หรือคนงานปฏิบัติงานลัดขั้นตอนเพื่อให้ตนเองได้ใช้ความพยายามให้น้อยที่สุด) ทั้งสองประเด็นเราสามารถนิยามได้ว่าเป็นกลุ่มของปัจจัยด้านงานและกลุ่มของปัจจัยด้านคนงาน สุดท้ายงานวิจัยดังกล่าวได้เน้นย้ำ 2 แนวทางที่ใช้ป้องกันอุบัติเหตุ ซึ่งได้แก่ การลดการเกิดงานที่ไม่คาดคิด (Reduction of Task Unpredictability) และการเพิ่มความสามารถในการจัดการกับข้อผิดพลาด (Increase of Error Management Capabilities)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(Capability) โดยหัวใจหลักของแบบจำลอง TCI คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงานกับความสามารถที่มีในระหว่างการขับขี่ยานพาหนะ เมื่อใดก็ตามที่ความต้องการของงานน้อยกว่าความสามารถที่มี ผู้ขับขี่ก็สามารถควบคุมสถานการณ์ไว้ได้ แต่ถ้าเมื่อไรที่อยู่ในสถานการณ์ที่ความต้องการของงานเกินกว่าความสามารถที่มีจะส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมยานพาหนะจนทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นในที่สุด หรือถ้าหากโชคดีก็อาจไม่เกิดอุบัติเหตุขึ้นก็ได้ แบบจำลอง TCI ดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แบบจำลอง Task demand-Capability Interface: TCI (ประยุกต์จาก Fuller, 2005)

ความต้องการของงาน คือ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับยานพาหนะ ถนน สภาวะการจราจร ความเร็ว และกิจกรรมอื่นที่ผู้ขับขี่กระทำ ณ ขับขี่ยานพาหนะ ความเร็วเป็นศูนย์กลางความปลอดภัย ส่งผลต่อเป้าหมายของผู้ขับขี่และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ เช่น การวิ่งด้วยความเร็วคงที่เพื่อไม่ต้องใช้สมาธิมากนัก ความต้องการของงานก็ไม่มาก ทำให้ความสามารถที่ใช้ในการควบคุมยานพาหนะก็ไม่มากเช่นกัน

ความสามารถที่มีขึ้นอยู่กับสมรรถนะของผู้ขับขี่ (เช่น การฝึกฝน การเรียนรู้อย่างเป็นทางการ และประสบการณ์การขับขี่) ระดับความตื่นตัว และปัจจัยทางมนุษย์ (เช่น ความล้าของร่างกาย) โดยระดับความยากของการขับขี่ (Task Difficulty) และระดับการควบคุมสามารถยานพาหนะสามารถแปรเปลี่ยนตลอดเวลาตามสภาพการขับขี่และปัจจัยที่แปรเปลี่ยนตามสถานการณ์ มากกว่านั้นความต้องการของงานและความสามารถนั้นมีการพึ่งพาซึ่งกันและกัน

เมื่อไรที่การรับรู้ความต้องการของงานมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับความกระตือรือร้นของผู้ขับขี่และส่งต่อไปยังความสามารถที่ใช้ในการควบคุมยานพาหนะ กระนั้นในการรักษาระดับการควบคุม เป็นเรื่องจำเป็นที่ผู้ขับขี่ต้องประมาณการความต้องการของงานให้ถูกต้อง

แบบจำลองงานวิจัยข้างต้นนี้ ได้ทำการทดลองโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบดูวีดีโอในแต่ละเส้นทางการจราจร ในมุมมองของตำแหน่งคนขับที่มีการใช้ความเร็วในการเดินทางที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดสอบทำการกำหนดระดับค่าความยากของงาน (Task Difficulty) และค่าความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุในทางสถิติ (Statistical Risk of Collision) ของแต่ละเหตุการณ์ ผลการทดลองสรุปได้ว่าการเลือกความเร็ว (Speed of Choice) เป็นสิ่งที่ผู้ขับขี่ใช้ในการควบคุมระดับความยากของงาน โดยที่ความยากของงานหรือความต้องการของงานดังกล่าวจะปรับระดับความสมดุลไปตามความสามารถที่ใช้ในการขับขี่นั่นเอง

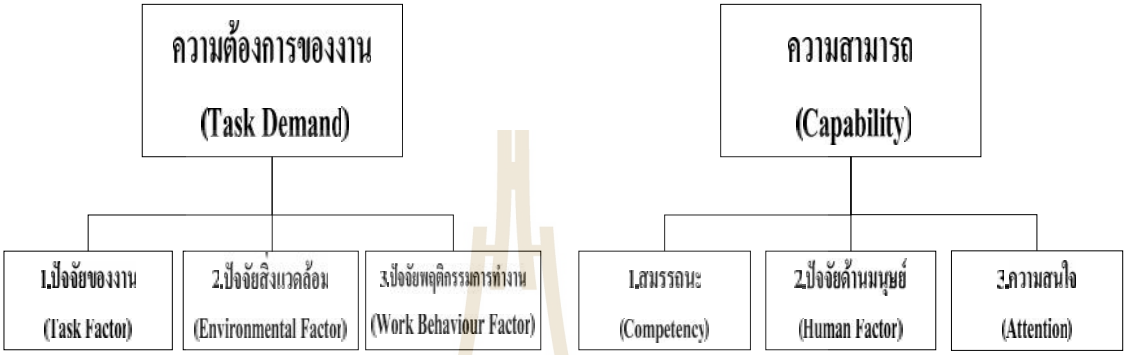
แบบจำลอง TCI นี้มีพื้นฐานบนมุมมองของหลักพุทธิปัญญาและเชื่อมโยงเข้ากับหลักการพฤติกรรมการทำงานของ Rasmussen โดยความต้องการของงาน (Task Demand) นั้นสามารถตีความได้ว่าเป็นแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ที่ต้องการบรรลุวัตถุประสงค์ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ส่วนความสามารถที่มี (Capability) นั้นเราสามารถเทียบได้กับความอุตสาหะของคนงาน (Worker's Effort) ที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางด้านจิตใจ

2.5.4 แบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญา (Cognitive-based of Construction Accident Model)

Mitropoulos et al. (2009) ได้ทำการสังเคราะห์แบบจำลองพุทธิปัญญาเพื่อความปลอดภัยในงานก่อสร้างจากแบบจำลอง TCI ของ Fuller (1997) โดยแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นมีการพัฒนาบนสมมุติฐานหลัก 3 ข้อ ได้แก่ (1) กิจกรรมที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างนั้นเป็นปฏิสัมพันธ์กันระหว่างคนงาน (Worker) และสถานการณ์ของการทำงาน (Work Situation) นั่นก็คือการใช้ความสามารถในการทำงาน (Capabilities) ให้เหมาะสมกับความต้องการของงาน (Task Demands) (2) อุบัติเหตุในงานก่อสร้างเป็นผลมาจากการสูญเสียการควบคุม (Loss Control) เมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถในการทำงานของคนงาน (3) วิธีการทำงาน (Work Practices) และกระบวนการทำงานเป็นทีม (Team Processes) ของกลุ่มคนงานสร้างสถานการณ์ของการทำงาน (ระหว่างความต้องการของงานกับความสามารถในการทำงาน) และส่งผลให้เกิดความเป็นไปได้ของอุบัติเหตุ โดยความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานประกอบไปด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความต้องการของงาน (Task Demand)

สามารถระบุได้โดยระดับของความยากในการปฏิบัติงานให้ประสบผลสำเร็จภายใต้สภาวะและการควบคุมที่ต้องหลีกเลี่ยงกับความเสี่ยงต่างๆ ยิ่งความต้องการของงานมากเท่าไรยิ่งมีความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดและการสูญเสียการควบคุมของกระบวนการ



ภาพที่ 2.9 ส่วนประกอบของความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน (ประยุกต์จาก Mitropoulos et al., 2009)

จากภาพที่ 2.9 เป็นกลุ่มของปัจจัยในด้านความต้องการของงานโดยแบ่งเป็น 3 หมวด ก็คือ (a) ปัจจัยของงาน(Task Factor) (b) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Factor) และ (c) พฤติกรรมการทำงาน (Work Behaviour Factor) ยกตัวอย่างเช่น ความต้องการของงานของงานเครนยกของในงานก่อสร้างขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน (ชนิดของน้ำหนักที่ยก ระยะทาง มุมในการยก) ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (ลม เสถียรภาพของดินบริเวณที่ตั้งเครน สายไฟฟ้าแรงสูงบริเวณใกล้เคียงที่ปฏิบัติงาน) และปัจจัยด้านพฤติกรรมการทำงาน (การเร่งของงาน หรือมีงานอื่นที่ต้องทำด้วย)

2) ความสามารถในการทำงาน (Capability)

เป็นการประยุกต์ความสามารถในการทำงานเพื่อรองรับกับความต้องการของงานโดยขึ้นอยู่กับ (a) สมรรถนะ (Competency) ไม่ว่าจะเป็นประสบการณ์การทำงานในหน้างานเดียวกัน การฝึกฝนอบรมทักษะการทำงาน และความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกาย (b) ปัจจัยทางด้านมนุษย์ (Human Factor) ที่สามารถลดความสามารถในการทำงานของคนงานลงได้ โดยเฉพาะปัจจัยด้านจิตใจที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุซึ่งมี 4 ปัจจัยด้วยกันได้แก่ ความเร่งรีบ ความล้า ความหงุดหงิด และความพึงพอใจ (c) ความสนใจ (Attention) ที่มีให้ต่องานที่กำลังปฏิบัติและต่อความเสี่ยงในการทำงาน ความสนใจเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด เมื่อมีความต้องการของงานที่มากขึ้นเช่นเมื่อต้องทำงาน

2 อย่างควบคู่กันไป ความสนใจในงานซึ่งมีอย่างจำกัดต้องถูกแบ่งจัดสรรไป ส่งผลทำให้ความสนใจต่องานและความเสี่ยงนั้นลดลง และการไม่ให้ความสนใจในความเสี่ยงของงานที่มีทำให้ระดับความตื่นตัวลดลงและเพิ่มโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น

มากกว่านั้น ในงานวิจัยของ Mitropoulos and Namboodiri (2011) ได้มีนำเสนอเครื่องมือสำหรับการประเมินความต้องการของงาน (Task Demand Assessment :TDA) โดยเป็นวิธีการวัดความเสี่ยงในกิจกรรมของงานก่อสร้างและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ ที่ส่งผลต่อศักยภาพการเกิดอุบัติเหตุ กระบวนการดังกล่าวเป็นการระบุจำนวนความต้องการของงานโดยมีพื้นฐานอยู่บนลักษณะของแต่ละกิจกรรมและความสามารถของคนงาน โดยระดับความต้องการของงานที่ประเมินได้แสดงถึงความยากในการปฏิบัติงานให้ปลอดภัย บทความนี้ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างใน 2 กิจกรรมที่ต่างกัน ได้แก่ งานหลังคา (Roofing Activity) และงานเทคอนกรีตถนน (Concrete Paving) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นวิธี TDA นั้นสามารถวัดตัวแปรการผลิตที่มีผลกระทบต่อศักยภาพการเกิดอุบัติเหตุ แต่ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ทำการศึกษาการประเมินความสามารถในการทำงานของทั้งสองกิจกรรม

โดยงานวิจัยทั้งของ Mitropoulos et al. (2009) และ Mitropoulos and Namboodiri (2011) ได้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีพุทธิปัญญาลงไปในอุตสาหกรรมก่อสร้าง แต่วิธีการที่ใช้ในการศึกษาดังกล่าวนั้นยังไม่เป็นระบบทั้งหมด งานวิจัยดังกล่าวประยุกต์ใช้ในบางแง่มุมของหลักการพุทธิปัญญาเท่านั้น ไม่สามารถที่อธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองนั้นมีสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยและความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุอย่างไร และมากกว่านั้นงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถนำเสนอมาตรการควบคุมพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามหลักการที่ Mitropoulos et al. (2009) ได้นำเสนอไว้มีศักยภาพในการอธิบายกระบวนการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างและทำให้เราทราบว่าพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยนั้นเป็นปฏิสัมพันธ์กันระหว่างส่วนประกอบด้านของความต้องการของงานและด้านความสามารถในการทำงาน แต่ทั้งนี้ส่วนประกอบของปัจจัยทั้งสองด้านดังกล่าวนั้นยังคงเป็นที่น่าสงสัยอยู่ เราจึงควรมุ่งเน้นไปที่การศึกษาส่วนประกอบของปัจจัยที่ใช้พิจารณาถึงกระบวนการเกิดอุบัติเหตุกับคนงานก่อสร้างอาคารสูงที่อยู่บนพื้นฐานของหลักการพุทธิปัญญา โดยวิธีการได้มาซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

2.6 กระบวนการคัดปัจจัยและให้น้ำหนักปัจจัย

ในส่วนนี้เป็นการอธิบายถึงเหตุผลของการเลือกกระบวนการคัดปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบในแบบจำลองที่นำเสนอ พร้อมกับเหตุผลที่ต้องให้น้ำหนักของปัจจัยที่ถูกคัดเลือกเข้ามาเป็นส่วนประกอบของแบบจำลองดังกล่าว

2.6.1 กระบวนการ Delphi

กระบวน Delphi ถูกนำมาใช้ในการหาส่วนประกอบของแบบจำลองหรือปัจจัยที่จะประกอบในแบบจำลอง โดยการวิจัยเรื่องความปลอดภัยนั้น โดยส่วนใหญ่ข้อมูลที่ได้อยู่บนพื้นฐานการสำรวจความคิดเห็นและใช้เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการ ระดมความคิดเห็นของกลุ่มเป็นหลัก ซึ่งมีการเกี่ยวข้องกับอคติของคน (Biases) เสมอ ความมีอคติดังกล่าวควรต้องทำให้เกิดมีการรับรู้และทำให้เกิดน้อยที่สุด (Hallowell and Gambatese, 2010) ข้อดีของกระบวนการ Delphi นั้นก็คือการลดการแปรปรวนที่หลากหลายและพยายามให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องอย่างเป็นเอกฉันท์ในกลุ่มผู้ให้ข้อมูล โดยความเป็นเอกฉันท์นี้ถูกสร้างโดยใช้แบบสอบถามที่ได้ถูกออกแบบไว้เป็นชุดๆ ในแต่ละรอบของการสำรวจข้อมูล (Raheem and Issa, 2016) ในกระบวนการ Delphi นั้นมีกุญแจหลักของกระบวนการอยู่ 4 ตัว ได้แก่ การไม่เปิดเผยชื่อ (Anonymity) การทวนซ้ำ (Iteration) การควบคุมข้อเสนอแนะ (Controlled Feedback) และการตอบสนองของกลุ่มโดยพิจารณาค่าทางสถิติ (Statistical Aggregation of Group Response) (Rowe and Wright, 1999) กระบวนการ Delphi นี้เป็นการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ช่วยในการตัดสินใจหรือช่วยทำนายในสถานการณ์ที่แบบจำลองทางสถิติโดยทั่วไปไม่สามารถเป็นไปได้หรือปฏิบัติได้ (Wright, Lawrence, and Collopy, 1996) โดยกระบวนการ Delphi ที่นำเสนอในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ช่วยเพิ่มโอกาสในการควบคุมอคติผ่านการที่ไม่เปิดเผยชื่อผู้ให้ข้อมูล และล้วงเอาข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงๆ ทำให้สะท้อนสภาพความปลอดภัยที่เป็นอยู่ในงานก่อสร้าง ณ ปัจจุบัน โดยวิธีการนี้ประกอบไปด้วยผู้ดำเนินรายการสำหรับกระบวนการเก็บข้อมูล และคณะผู้ชำนาญการความปลอดภัยที่ได้ถูกคัดสรรมาอย่างดีตามคุณสมบัติที่วางไว้ โดยกลุ่มผู้ชำนาญการเหล่านี้ถูกปกปิดชื่อไว้ไม่ให้รู้ว่ามีใครเข้าร่วมกระบวนการเก็บข้อมูลในครั้งนี้บ้าง โดยกลุ่มผู้ชำนาญการเหล่านี้ถูกเข้ามาให้ข้อมูลแกผู้ดำเนินรายการตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไปโดยใช้แบบสอบถามที่ได้ถูกสร้างขึ้นไว้

ข้อดีหลักๆ อีกอย่างของกระบวนการ Delphi นั้นก็คือการที่ไม่มีข้อกำหนดว่าจำนวนผู้เชี่ยวชาญในคณะผู้ให้ข้อมูลดังกล่าวต้องมีจำนวนเท่าไร อย่างไรก็ตามจำนวนผู้เชี่ยวชาญนั้นควรเพียงพอจนสามารถให้บทสรุปเป็นที่ยอมรับได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ (Arof, 2015) Rowe and Wright (1999) ได้ระบุถึงจำนวนของผู้เชี่ยวชาญในคณะผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการ Delphi นั้นมีจำนวนเริ่มต้นตั้งแต่ต่ำสุดที่ 3 จนไปสูงสุดที่ 80 คน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมในแต่ละคณะ

และในแต่ละงานวิจัยนั้นสามารถกำหนดได้จากคุณลักษณะของแต่ละงานวิจัย เช่น จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่จะสามารถจัดหาได้ การต้องเป็นตัวแทนในแต่ละภูมิภาคหรือเขต และความสามารถของผู้ดำเนินรายการในการควบคุมกระบวนการ (Hallowell and Gambatese, 2010) กระนั้นก็ตามกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ใช้เข้าร่วมในการตัดสินเพื่อให้ข้อมูลก็ไม่ควรที่จะใหญ่เกินไป เช่น ขั้นต่ำ 5 และขั้นสูงเท่ากับ 50 คน (Robbins, 1994) หรือกลุ่มผู้ชำนาญการในกระบวนการ Delphi นั้นสามารถใช้จำนวนสมาชิกจำนวน 5 ถึง 9 คนก็เพียงพอแล้ว (Delbecq, Van de Ven, and Gustafson, 1975)

2.6.2 กระบวนการ Analytical Hierarchy Process: AHP

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการ AHP เข้ามาช่วยในการให้น้ำหนักปัจจัยที่ได้ถูกคัดเข้ามาในแบบจำลองที่นำเสนอ โดย AHP นั้นมีจุดเริ่มต้นมาจาก Saaty (2008) ผู้ที่ค้นคว้าน้ำหนักของปัจจัยในแบบจำลอง ซึ่งน้ำหนักเหล่านี้ช่วยแสดงถึงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่สัมพันธ์กันอยู่ (Ai Lin Teo and Yean Yng Ling, 2006) ค่าดัชนีทั้งหมดของแต่ละปัจจัยนั้นสามารถคำนวณได้และสะท้อนให้เห็นถึงความเป็นจริงของระดับความปลอดภัยที่เกิดขึ้นในไซท์งานก่อสร้าง (Shapira and Goldenberg, 2005) ข้อได้เปรียบหลักของกระบวนการ AHP นั้นก็คือความสามารถของในการตรวจสอบและช่วยลดความไม่ลงรอยกันของการตัดสินใจในผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน ในขณะเดียวกันนั้นก็ยังช่วยลดอคติในกระบวนการตัดสินใจอีกด้วย โดยกระบวนการนี้ยังช่วยทำให้เกิดการตัดสินใจผ่านมติที่เป็นเอกฉันท์ของกลุ่มอีกด้วย (Aminbakhsh, Gunduz, and Sonmez, 2013)

ที่เพิ่มเติมไปกว่านั้น ในกระบวนการ AHP นั้นไม่ได้มีการระบุจำนวนขั้นต่ำของผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมในกระบวนการ โดย AHP นั้นเป็นกระบวนการที่ใช้ช่วยเหลือเป็นรายบุคคลเพื่อจัดการระบบการคิดของแต่ละคนเพื่อที่จะสามารถทำการตัดสินใจในประเด็นต่างๆ ได้ กระบวนการ AHP ยินยอมให้แต่ละบุคคลได้ทำการทดลองในเงื่อนไขต่างๆ และเลือกลองทำการตัดสินใจในแต่ละแบบ (Saaty, 2002) บางงานวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้วิธีรวมกันของวิธี Delphi และวิธี AHP และยังใช้กลุ่มผู้ชำนาญการที่ให้ข้อมูลงานวิจัยทั้ง 2 วิธีเป็นกลุ่มเดียวกัน (Moradi, Etebarian, Shirvani, and Soltani, 2014; Hsu and Chen, 2007) โดยในงานวิจัยบางงานได้มีการใช้กระบวนการ Delphi ในช่วงเริ่มต้นเพื่อทำการระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงใช้กระบวนการ AHP ในขั้นตอนต่อมาเพื่อที่จะหาน้ำหนักของปัจจัยที่ได้ถูกคัดเลือกเข้ามา (Da Cruz, Ferreira, and Azevedo, 2013)

2.7 แบบจำลองที่ไม่ใช่เส้นตรง (Non-Linear Modeling)

เนื่องจากงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องในเรื่องพฤติกรรมการทำงานและกระบวนการความคิดของของคนงานซึ่งมีลักษณะที่สลับซับซ้อน แบบจำลองเส้นตรงอาจไม่เพียงพออีกต่อไป ดังนั้นหลักการ

แบบจำลองแบบไม่ใช่เส้นตรงจึงถูกนำเสนอเข้ามาเพื่อให้เข้ากับบริบทของงานวิจัยที่ต้องรับมือและช่วยเพิ่มศักยภาพของหลักการของแบบจำลองที่นำเสนอให้ได้มากที่สุด

2.7.1 การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression: LR)

การถดถอยโลจิสติกเป็นรูปแบบการถดถอยที่ใช้เมื่อตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomy) และตัวแปรต้นเป็นชนิดใดก็ได้ (Field, 2009) เมื่อไรก็ตามที่ผู้วิจัยต้องการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายตัวแปรตามจากตัวตัวแปรต้นหลายๆ ตัว สมการพหุตัวแปรก็จะถูกได้รับการพิจารณา โดยส่วนใหญ่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะถูกใช้เข้ามาแก้ปัญหา เช่น การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) การวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) หรือการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regressions) อย่างไรก็ตาม ถ้าความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นใช้ในการอธิบายตัวแปรตามที่อยู่ในรูป 2 ตัวแปร (Dichotomy) การถดถอยโลจิสติกจะกลายเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ (Tung, 1985; Kleinbaum, Klein, and Pryor, 2002)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกได้ถูกนิยมใช้งานในงานวิจัยทางด้านระบาดวิทยา (Epidemiological Research) เพื่อใช้ในการคำนวณความเป็นไปได้ของการเกิดโรค (Kleinbaum at el. 2002) วิธีการถดถอยโลจิสติกถูกแนะนำให้ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองและทำการวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดวิทยาเมื่อมีการวัดข้อมูลการเจ็บป่วยว่ามีโอกาสที่จะเป็นหรือไม่เป็นโรคติดต่อ (Kleinbaum at el., 2002; Sharma, 1996) ส่วนสายงานวิศวกรรมนั้น Tung (1985) ได้นำเสนอการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเพื่อประเมินศักยภาพของการเกิดร่องน้ำกัดเซาะในงานทรัพยากรน้ำ ในขณะที่ในงานวิจัยงานก่อสร้างนั้นได้ประยุกต์การถดถอยโลจิสติกเพื่อทำนายความเป็นไปได้ในการเกิดข้อพิพาทในสัญญาโครงการก่อสร้าง (Diekmann, Girard, and Abdul-Hadi, 1994) ส่วน Wong (2004) ได้พัฒนาแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกสำหรับการทำนายประสิทธิภาพการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้างจาก 31 เงื่อนไขการประเมินผู้เสนอราคา จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้นนั้นช่วยย้ำให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการประยุกต์ใช้งานการถดถอยโลจิสติก

2.7.2 เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN)

เครือข่ายประสาทเทียมเป็นการสร้างขึ้นเพื่อเป็นปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้อัลกอรึทึมที่ได้รับแรงบันดาลใจจากระบบชีวประสาทเพื่อคิดค้นแบบจำลองที่ทำงานเสมือนสมองของมนุษย์ (Rumelhart, Widrow, and Lehr, 1994) โดยแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมนี้โดยทั่วไปประกอบไปด้วยชั้นอินพุตข้อมูล 1 ชั้น (Input Layer) ชั้นซ่อนอยู่จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชั้น (Hidden Layer) และชั้นสุดท้ายเป็นชั้นแสดงผลจำนวน 1 ชั้น (Output Layer) โดยในแต่ละชั้นมีโหนดจำนวนมากประกอบกันอยู่ ในแต่ละโหนดในชั้นซ่อนจะทำการรับการป้อนข้อมูลเข้าจากอินพุตจำนวน 1 อินพุตหรือมากกว่านั้น โดยในตัวโหนดก็จะถูกคูณด้วยค่าน้ำหนัก (Weight) ของตัวมันและรวมเข้า

กับค่าไบแอส (Bias) (Omran, Chen, and Jin, 2016) ค่าน้ำหนักและค่าไบแอสจะถูกเลือกโดยการสุ่มแล้วก็จะถูกปรับเปลี่ยนไปตามผลในกระบวนการฝึกหัดการเรียนรู้ข้อมูล (Atici, 2011) อัลกอริทึมการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ก็จะถูกประยุกต์ใช้เพื่อปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของโครงข่ายที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดจึงทำให้เครือข่ายที่สร้างขึ้นสามารถลดค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายให้เหลือน้อยที่สุด (Goh and Sa'adon 2015)

มีหลายๆ งานวิจัยได้แนะว่าเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมมีข้อได้เปรียบที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางสถิติแบบดั่งเดิมหรือเทคนิคการคำนวณแบบอื่นๆ อย่างเช่น เมื่อเปรียบเทียบในบทบาทของการทำนาย Ling and Liu (2004) เลือกที่จะใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมมากกว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ส่วน Dvir, Ben-David, Sadeh, and Shenhar (2006) ได้ทำการสรุปไว้ว่า เครือข่ายประสาทเทียมมีการอธิบายและพลังการทำนายที่มากกว่า และยังช่วยให้สืบเสาะความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลได้ในทางที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคทางด้านสถิติแบบดั่งเดิม ส่วน Chua, Kog, Loh, and Jaselskis, (1997) ได้แนะนำว่าแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมนั้นมีความสามารถในการทำนายผลลัพธ์ของโครงการได้โดยไม่ต้องกรอกข้อมูลให้ครบถ้วน โดยที่ยังมีระดับความแม่นยำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้อยู่

วิธีการเครือข่ายประสาทเทียมได้ถูกประยุกต์ใช้จนประสบความสำเร็จในหลายๆ อุตสาหกรรม ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่มีหลายหลากบนโลก ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบนิเวศของพืช ระบบพลังงาน (Yadav, Malik, and Chandel, 2014) การรักษาโรค แบบจำลองการใช้ที่ดิน การทำนายการไหลเข้าของแม่น้ำและทะเลสาบ (Samarasinghe 2007) การวิเคราะห์การจราจรบนท้องถนน (Chiou, 2006; Wei and Lee, 2007; Mohammadipour and Alavi, 2009) งานก่อสร้าง (Tam, Leung, and Liu, 2002; Elhag and Wang, 2007; Jha and Chockalingam, 2009; Tatari, Sargand, Masada, and Tarawneh, 2013) และในงานความปลอดภัยงานก่อสร้าง (Goh and Chua, 2013; Patel and Jha, 2015; Goh and Sa'adon, 2015; Patel and Jha 2016) แต่อย่างไรก็ตาม ดูเหมือนยังมีการขาดความสนในการประยุกต์เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของคนงานก่อสร้างโดยเฉพาะการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งดูแล้วค่อนข้างสลับซับซ้อนและความสัมพันธ์ไม่น่าจะเป็นแบบเส้นตรง

2.7.3 ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียม

เทคนิคการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียมถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองที่นำเสนอ โดยทั้ง 2 เทคนิคดังกล่าวก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียปะปนกันอยู่ ซึ่งผู้วิจัยก็ได้ทำการจึงได้ทำการอภิปราย โดยแยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

อย่างที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ว่าทั้ง 2 วิธีนั้นมีความสามารถในการรับมือกับข้อมูลที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงได้เป็นอย่างดี แต่วิธีการเครือข่ายประสาทเทียมดูเหมือนถูกได้รับการยกย่องมากกว่า เมื่อข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์นั้นเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของคนงานก่อสร้าง (Samarasinghe, 2007; Goh and Sa'adon, 2015)

วิธีทางสถิติด้านพหุตัวแปรแบบดั่งเดิมนั้นต้องมีการตรวจสอบการแจกแจงแบบปรกติของข้อมูลก่อนที่นำมาใช้งาน แต่ขณะวิธีการถดถอยโลจิสติกและเครือข่ายประสาทเทียมไม่ต้องมีการตรวจสอบในเงื่อนไขดังกล่าว (Field, 2009; Sharma, 1996; Goh and Sa'adon, 2015)

วิธีการถดถอยโลจิสติกนั้นตัวแปรตามเป็นได้แค่เพียง 2 ค่า (Dichotomy) ส่วนตัวแปรต้นนั้นเป็นแบบไหนก็ได้ (Field 2009) ขณะที่ตัวแปรตามของวิธีเครือข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถเป็นได้แบบหลายตัวแปร และมากกว่านั้น ทั้ง 2 วิธีนั้นมีความสามารถในการใช้งานกับข้อมูลที่เป็นแบบเชิงคุณภาพได้อย่างดี กระนั้นที่สังเกตเพิ่มเติมเข้ามาก็คือ กระบวนการเครือข่ายประสาทเทียมนั้นผู้วิจัยไม่ต้องระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูล (Elhag and Wang 2007)

วิธีการถดถอยแบบโลจิสติกนั้นสามารถอธิบายระดับความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรได้เหมือนกับกระบวนการถดถอยเชิงเส้นและแสดงผลในรูปที่ค่อนข้างง่ายดาย (Tam et al. 2002) ขณะที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรในกระบวนการเครือข่ายประสาทเทียมนั้นไม่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งดูยังเป็นกระบวนการที่ยังเป็นปริศนาและยากที่จะเข้าใจถึงรายละเอียดภายในเครือข่ายที่สร้างขึ้น (Tam et al. 2002; Goh and Sa'adon 2015) แต่ข้อด้อยดังกล่าวได้ถูกทดแทนด้วยความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-learning) และความสามารถในการอัพเดทข้อมูลด้วยตัวเอง (Self-updating)

2.8 ข้อสรุปและข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา

จากการทบทวนปริทัศน์วรรณกรรมที่ผ่านมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปเป็นประเด็นที่มีความสำคัญต่อการพิจารณาเพื่อช่วยพัฒนางานวิจัยที่จะเกิดขึ้นต่อไป โดยสามารถสรุปเป็นประเด็นหลักๆ ดังต่อไปนี้

1) วิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง (Rasmussen, 1997) โดยช่วงแรกเน้นการออกกฎเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ ให้ปฏิบัติตาม ช่วงที่สองเกี่ยวข้องกับเรื่องความผิดพลาดของมนุษย์ และช่วงที่สามนั้นอยู่บนหลักกการวิศวกรรมพุทธิปัญญา ปัจจุบันการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างนั้นมีบริบททางด้านการเน้นออกกฎและข้อบังคับต่างๆ เพื่อให้

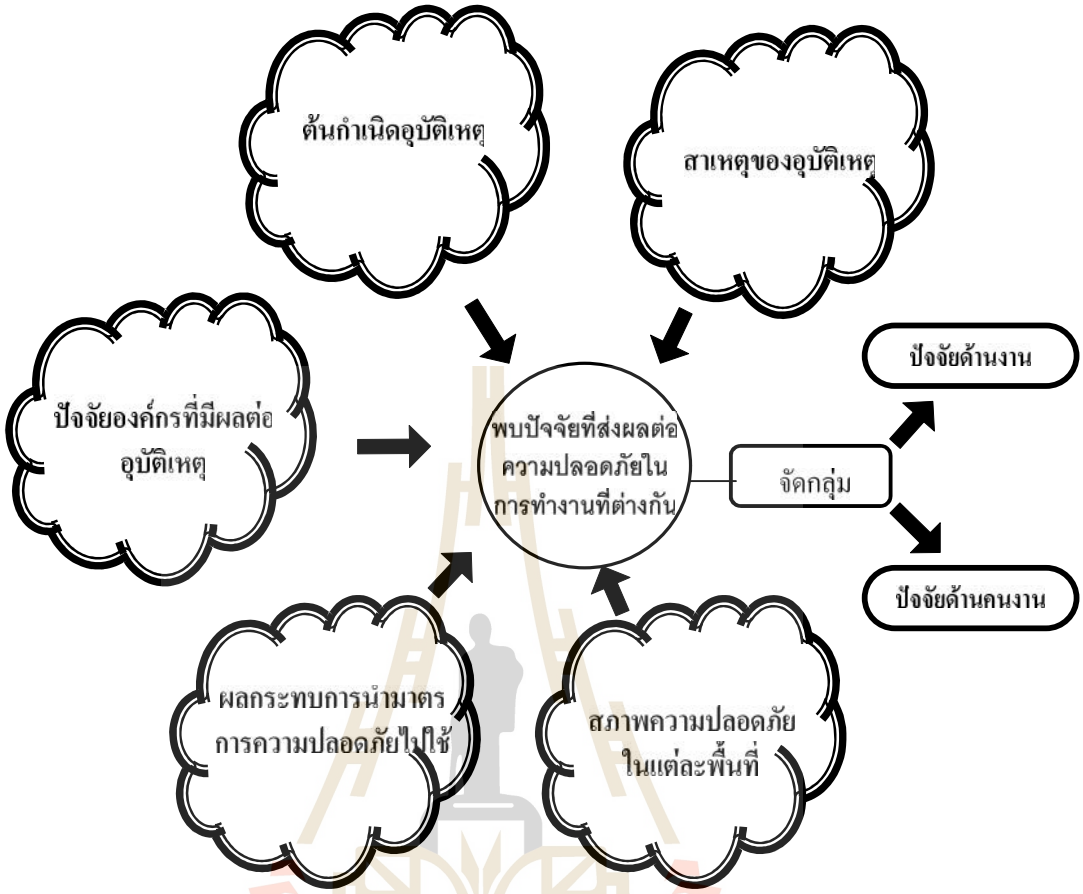
คนงานปฏิบัติตาม แต่หลักการดังกล่าวยังได้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าพอใจนักเนื่องจากยังขาดความรู้ความเข้าใจด้านความปลอดภัย และที่สำคัญคือขาดการมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติตามจากคนงาน ส่วนหลักการความผิดพลาดของมนุษย์นั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกับงานที่มีระบบโครงสร้างที่ชัดเจนแต่ไม่ใช่กับงานก่อสร้าง ส่วนหลักการทางด้านพุทธิปัญญานั้นสามารถสะท้อนพฤติกรรมการทำงานที่เกิดขึ้นจริงของคนงานได้เป็นอย่างดี โดยสรุปแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการงานวิจัยความปลอดภัย (Rasmussen, 1997)

ช่วงที่	รูปแบบ	ข้อจำกัดและลักษณะ
ช่วง 1	ออกกฎเกณฑ์ข้อบังคับ	ขาดความเข้าใจ และมุ่งมั่นปฏิบัติตาม
ช่วง 2	ความผิดพลาดของมนุษย์	ใช้ได้ดีในงานที่มีระบบโครงสร้างชัดเจน
ช่วง 3	พุทธิปัญญา	สะท้อนพฤติกรรมการทำงานจริง

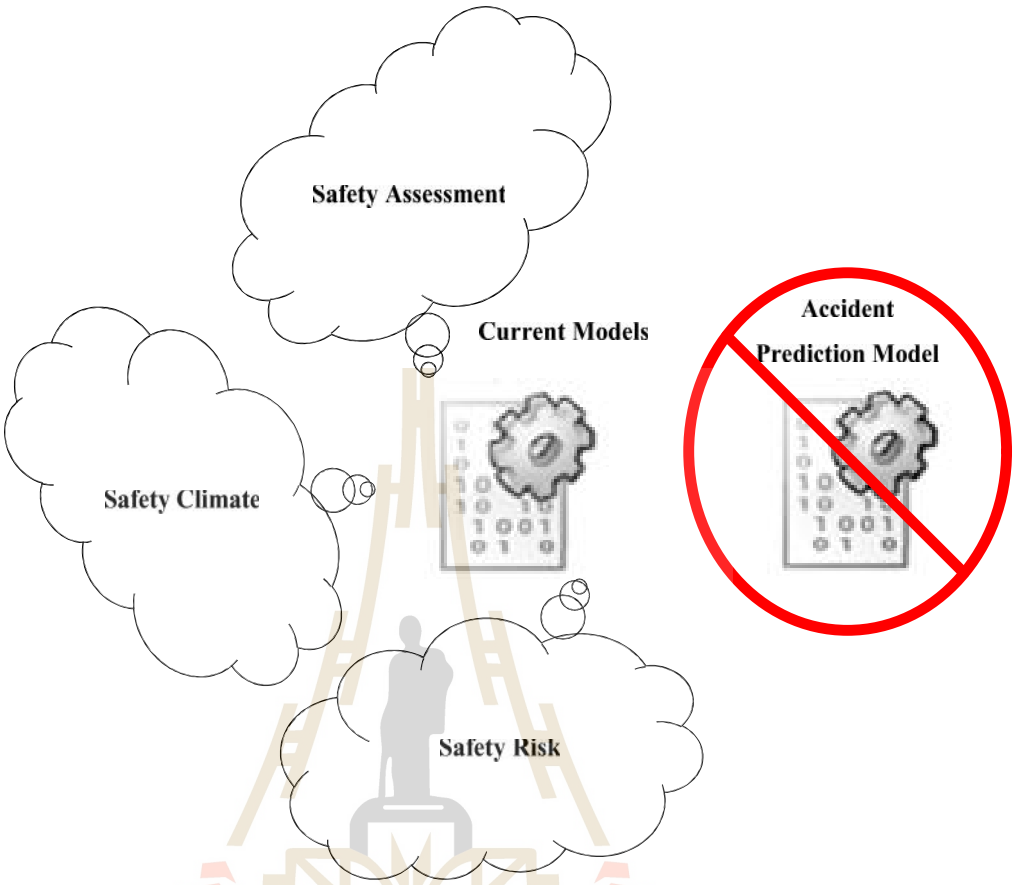
2) งานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้างมีการศึกษาวิจัยที่หลากหลายในหลายด้านของความปลอดภัย สามารถจัดเป็นกลุ่มได้ตั้งแต่การศึกษาวิจัยในเรื่องสาเหตุของอุบัติเหตุ ต้นกำเนิดอุบัติเหตุ ปัจจัยด้านองค์กรที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษาผลกระทบของการนำมาตรการความปลอดภัยมาใช้งาน ตลอดจนการวิเคราะห์สภาพความปลอดภัยในแต่ละประเทศหรือภูมิภาค งานวิจัยที่หลากหลายดังกล่าวนั้นมีการพัฒนาการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความปลอดภัยในการทำงานที่ต่างกัน แต่ผลการศึกษาที่ได้นั้นพบว่าสามารถจัดกลุ่มปัจจัยเหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ด้วยกัน นั้นคือ กลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับงานและกลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนงาน (ภาพที่ 2.10) มากกว่านั้นงานวิจัยเหล่านี้ยังมีพื้นฐานการศึกษาโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นหลัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



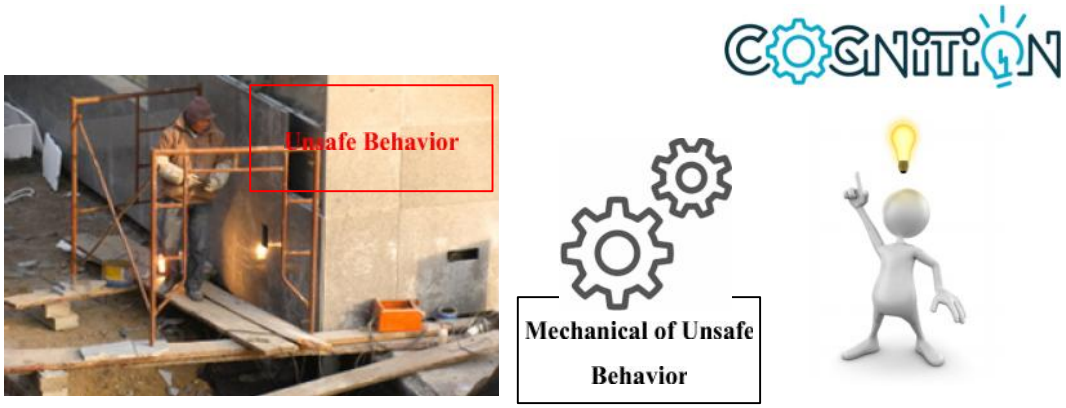
ภาพที่ 2.10 ความหลากหลายของงานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

3) แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้างมีการศึกษาการประเมินอุบัติเหตุในงานก่อสร้างโดยเน้นย้ำเพียงแต่การพัฒนาตัวชี้วัด หรือเครื่องมือสำหรับประเมินความเสี่ยงเท่านั้น ขาดความสนใจในเรื่องการพัฒนาเครื่องมือการทำนายอุบัติเหตุ (ภาพที่ 2.11) ซึ่งสามารถเป็นตัวชี้วัดนำหรือเป็นเครื่องแสดงการแจ้งเตือนล่วงหน้าในงานวิจัยด้านความปลอดภัย



ภาพที่ 2.11 แบบจำลองอุบัติเหตุในงานก่อสร้างมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินความเสี่ยง แต่ขาดการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการทำนายอุบัติเหตุ

4) พฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างนั้นมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน พฤติกรรมดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุ พฤติกรรมเหล่านี้ไม่สามารถการันตีได้ว่าสามารถขจัดมันออกไปได้ กลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมดังกล่าวต้องได้รับการเข้าใจอย่างท่องแท้ การใช้มุมมองของหลักการพุทธิปัญญาสามารถช่วยให้อธิบายกลไกเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 2.12)

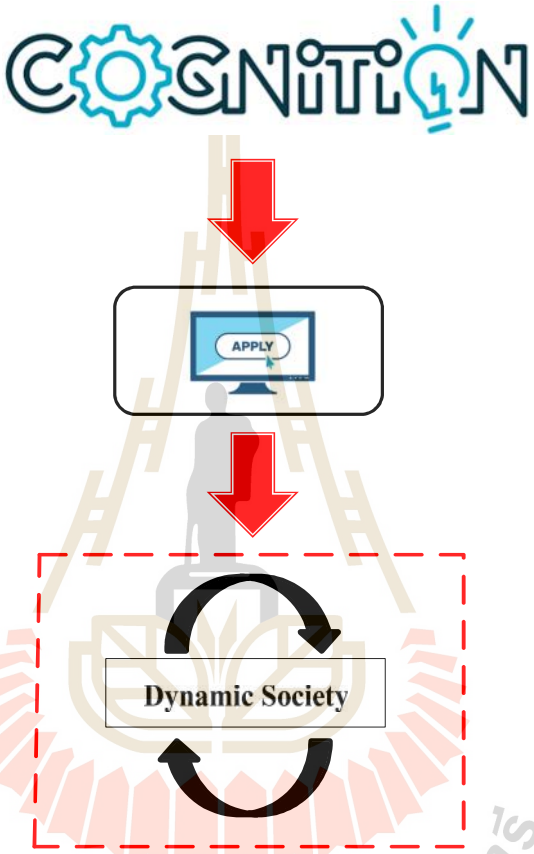


ภาพที่ 2.12 หลักการพุทธิปัญญาสามารถช่วยให้อธิบายกลไกเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย

5) เมื่อคนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ข้อผิดพลาดของมนุษย์เป็นองค์ประกอบหลักที่ส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุ/เหตุการณ์และความสูญเสียในที่สุด การสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถแสดงกลไกการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 2.13) โดยแสดงให้เห็นในรูปแบบขั้นตอนกระบวนการคิดของมนุษย์ จึงสามารถวางไว้เป็นตัวช่วยในการสร้างเครื่องมือในการจัดการความปลอดภัย

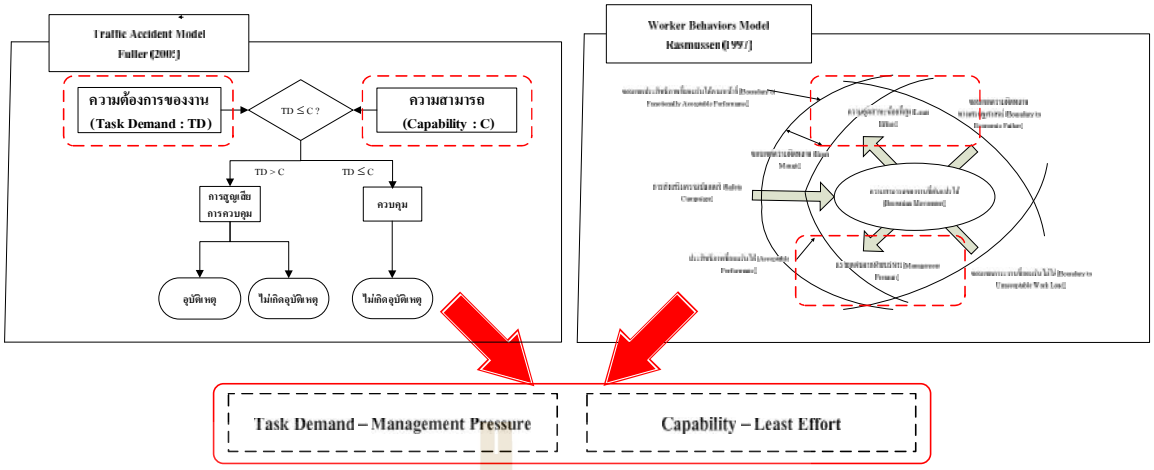
ภาพที่ 2.13 หลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถแสดงกลไกการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์

6) หลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถตอบโจทย์สังคมที่มีลักษณะแบบพลวัตในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 2.14) การประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีสภาพการทำงานที่เป็นแบบพลวัตจึงดูเหมาะสม โดยสามารถสังเกตุได้จากศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานก่อสร้างบนพื้นฐานแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของ Ramussen (1997)

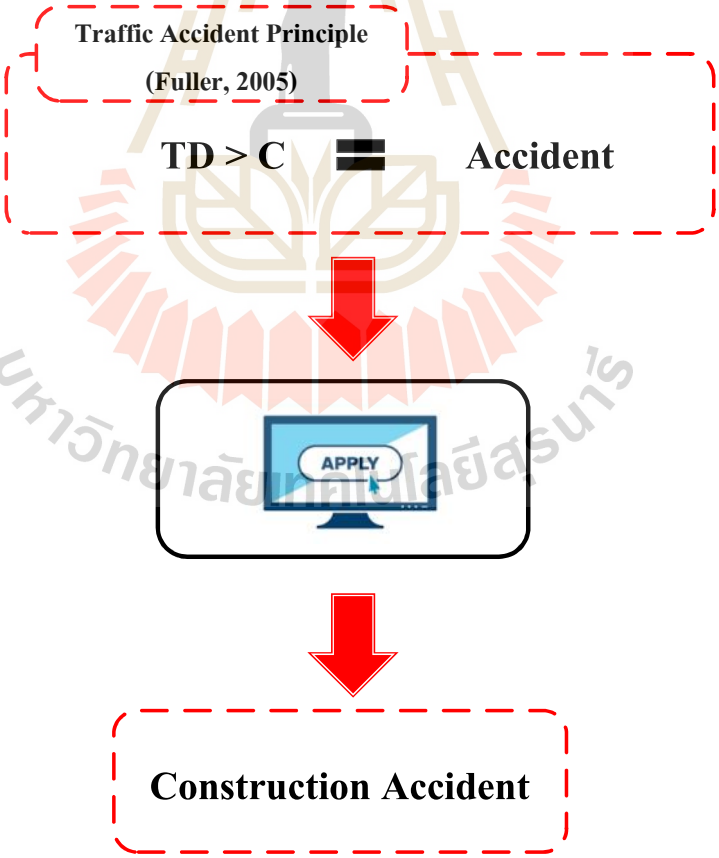


ภาพที่ 2.14 หลักการพุทธิปัญญาสามารถประยุกต์ใช้ในสังคมที่มีลักษณะแบบพลวัต

7) แบบจำลอง TCI ของ Fuller (2005) ซึ่งมีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญา ได้ถูกมาใช้ในการอธิบายการเกิดอุบัติในงานจราจร และเชื่อมโยงกับแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานของ Rasmussen (1997)โดยความต้องการของงาน (Task Demand: TD) นั้นสามารถตีความได้ว่าเป็นแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ส่วนความสามารถที่มี (Capability: C) นั้นเราสามารถเทียบได้กับความอุตสาหะของคนงาน (Worker's Effort) (ภาพที่ 2.15a) มากกว่านั้นหลักการเกิดอุบัติเหตุของ Fuller ที่ระบุว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถที่มี (TD>C) น่าจะสามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลักการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง (ภาพที่ 2.15b)

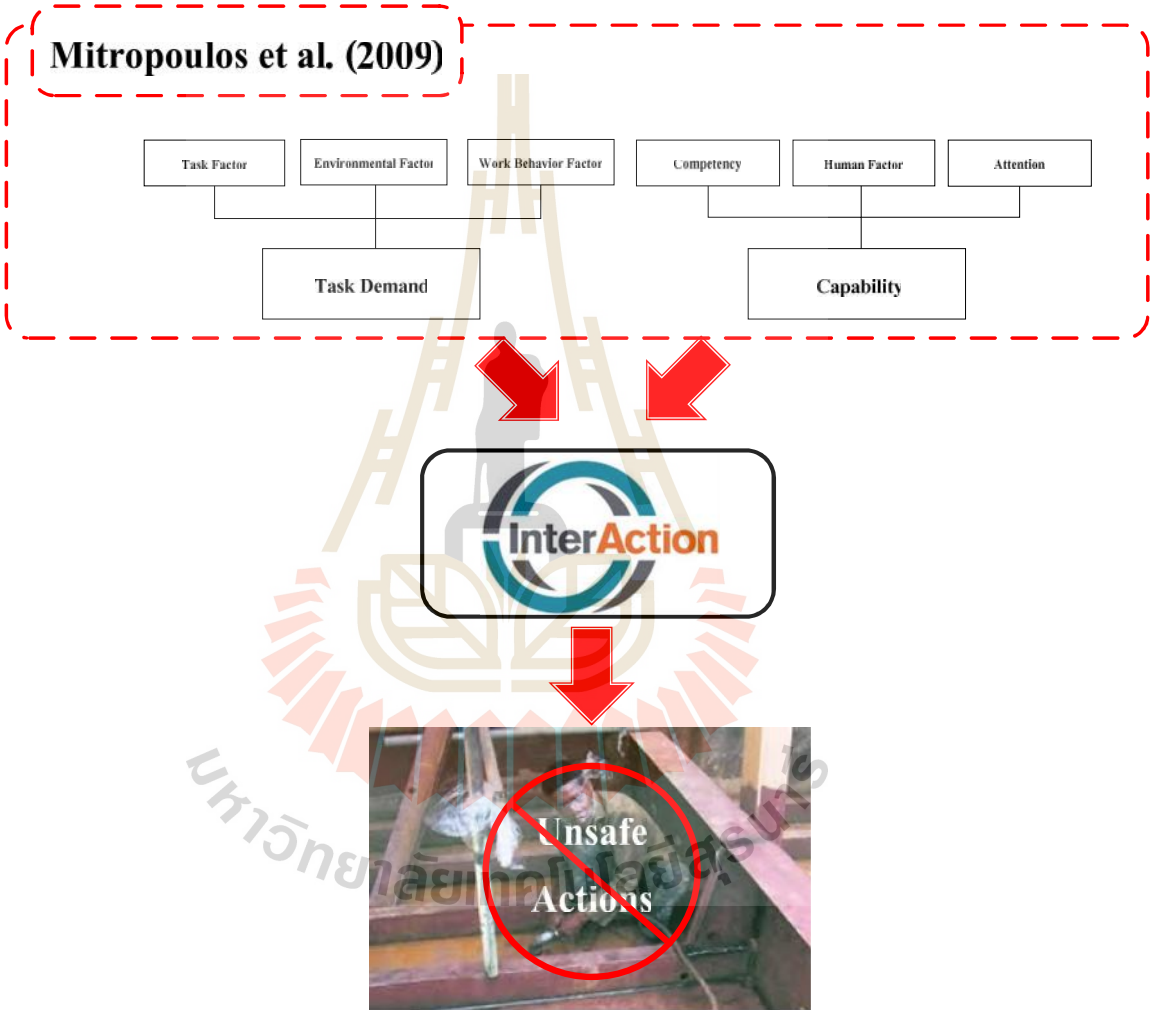


ภาพที่ 2.15a การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลอง TCI ของ Fuller (2005) กับแบบจำลองพฤติกรรมคนงาน ของ Rasmussen (1997)



ภาพที่ 2.15b การประยุกต์ใช้หลักการเกิดอุบัติเหตุงานจราจรในงานก่อสร้าง

8) งานวิจัยของ Mitropoulos et al. (2009) ที่ได้สังเคราะห์แบบจำลองของ Fuller (2005) แล้วนำเสนอแบบจำลองพุทธิปัญญาสำหรับความปลอดภัยงานก่อสร้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างนั้นเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในด้านความต้องการของงานและปัจจัยในด้านความสามารถในการทำงาน มากกว่านั้น งานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นส่วนประกอบเบื้องต้นของปัจจัยทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 2.16 พฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านความต้องการของงาน (Task Demand) กับปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (Capability)

2.9 สิ่งที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้

ในการนำเสนอสิ่งที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ต้องสามารถตอบโจทย์คำถามในประเด็นดังต่อไปนี้

1) พฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานเกิดมาจากส่วนประกอบของปัจจัยที่อยู่บนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญา แต่อะไรคือส่วนประกอบที่แท้จริงที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยและส่งผลต่อโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างอาคารสูง ดังนั้นแบบจำลองที่มีส่วนประกอบบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญาจึงถูกนำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้

2) หลักการเกิดอุบัติเหตุตามแบบจำลอง TCI ของ Fuller (2005) ที่ระบุว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถที่มี (TD>C) น่าจะสามารถประยุกต์ใช้ได้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง การประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวถูกพิจารณาว่ามีศักยภาพในการทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุและระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ การศึกษาครั้งนี้จึงนำเสนอความสัมพันธ์ของผลต่างของค่าความต้องการของงานกับความสามารถที่มี (TD-C) กับการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุในรูปแบบความสัมพันธ์ในรูปเส้นตรง

3) กรณีที่แบบจำลองที่ถูกนำเสนอในเบื้องต้นดังกล่าวไม่สามารถทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ แบบจำลองที่มีพื้นฐานความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) จะถูกนำเสนอเข้ามาเพื่อพัฒนาให้ได้แบบจำลองที่สามารถทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุบนพื้นฐานปัจจัยด้านพุทธิปัญญา

2.10 รายการอ้างอิง

Abdelhamid, T. S., and Everett, J. G. (2000). Identifying root causes of construction accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, 126(1): 52-60.

Abdelhamid, T., Patel, B., Howell, G., and Mitropoulos, P. (2003). Signal detection theory: enabling work near the edge. **Paper presented at the Annual Conference on Lean Construction**.

Adbelhamid, T. S., Narang, P., and Schafer, D. W. (2011). Quantifying workers' hazard identification using fuzzy signal detection theory. **Training**, 12: 14.

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.

Aksorn, T., and Hadikusumo, B. (2008). Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. **Safety Science**, 46(4): 709-727.

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.

Arboleda, C. A., and Abraham, D. M. (2004). Fatalities in trenching operations—analysis using models of accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 130(2): 273-280.

Arof, A. M. (2015). The Application of a Combined Delphi-AHP Method in Maritime Transport Research-A Review. **Asian Social Science**, 11(23): 73.

Atici, U. (2011). Prediction of the strength of mineral admixture concrete using multivariable regression analysis and an artificial neural network**. Expert Systems with Applications**, 38(8): 9609-9618.

Baradan, S., and Usmen, M. A. (2006). Comparative injury and fatality risk analysis of building trades. **Journal of Construction Engineering and Management**, 132(5): 533-539.

Barber, H. M. (2003). **Characteristics of Construction Safety Trainers, the Challenges they Experience, How they Meet these Challenges, and the Relationships between Selected Characteristics of Safety Trainers and Accident Rates Experienced by their Trainees.** (PhD. Thesis), The Florida State University, USA.

Bohm, J., and Harris, D. (2010). Risk perception and risk-taking behavior of construction site dumper drivers**. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 16(1): 55-67.

Cagno, E., Di Giulio, A., and Trucco, P. (2001). An algorithm for the implementation of safety improvement programs. **Safety Science**, 37(1): 59-75.

Chi, C.-F., Yang, C.-C., and Chen, Z.-L. (2009). In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 39(4): 635-644.

Chi, S., Han, S., and Kim, D. Y. (2012). Relationship between unsafe working conditions and workers' behavior and impact of working conditions on injury severity in US

construction industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, 139(7): 826-838.

Chiou, Y.-C. (2006). An artificial neural network-based expert system for the appraisal of two-car crash accidents. **Accident Analysis & Prevention**, 38(4): 777-785.

Choudhry, R. M., and Fang, D. (2008). Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites. **Safety Science**, 46(4): 566-584.

Chua, D. K. H., Kog, Y. C., Loh, P. K., and Jaselskis, E. J. (1997). Model for construction budget performance—Neural network approach. **Journal of Construction Engineering and Management**. 214.

Conchie, S. M., Taylor, P. J., and Charlton, A. (2011). Trust and distrust in safety leadership: mirror reflections? **Safety Science**, 49(8): 1208-1214.

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. **Maritime Economics & Logistics**, 15(4): 416-443.

Dekker, S. (2014). **The field guide to understanding'human error'.** Santa Clara, California: Ashgate Publishing Ltd.

Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., and Gustafson, D. H. (1975). **Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes.** IL**:** Scott, Foresman Glenview.

Derr, J., Forst, L., Chen, H. Y., and Conroy, L. (2001). Fatal falls in the US construction industry, 1990 to 1999. **Journal of occupational and environmental medicine**, 43(10): 853-860.

Diekmann, J., Girard, M., and Abdul-Hadi, N. (1994). **DPI-disputes potential index: A study into the predictability of contract disputes Source documents-101**: Construction Industry Institute Publication, University of Texas at Austin, Austin, Tex.

Duff, A., Robertson, I., Phillips, R., and Cooper, M. (1994). Improving safety by the modification of behaviour. **Construction Management and Economics**, 12(1): 67-78.

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.

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.

Fang, D., Xie, F., Huang, X., and Li, H. (2004). Factor analysis-based studies on construction workplace safety management in China. **International journal of project management**, 22(1): 43-49.

Fang, D., Zhao, C., and Zhang, M. (2016). A cognitive model of construction workers' unsafe behaviors. **Journal of Construction Engineering and Management**, 142(9): 04016039.

Field, A. (2009). **Discovering statistics using SPSS**: Sage publications.

Flach, J. M., Tanabe, F., Monta, K., Vicente, K. J., and Rasmussen, J. (1998). An ecological approach to interface design. **Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**.

Flower, L., and Hayes, J. R. (1981). A cognitive process theory of writing. **College Composition and Communication**, 32(4): 365-387.

Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. **Accident Analysis & Prevention**, 37(3): 461-472.

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.

Goh, Y. M., and Sa'adon, N. F. B. (2015). Cognitive factors influencing safety behavior at height: a multi method exploratory study. **Journal of Construction Engineering and Management**, 141(6).

Hadikusumo, B., and Rowlinson, S. (2002). Integration of virtually real construction model and design-for-safety-process database. **Automation in Construction**, 11(5): 501-509.

Hallowell, M. R. (2008). **A formal model for construction safety and health risk management**. (Doctoral dissertation), Oregon State University.

Hallowell, M., and Gambatese, J. (2009a). Activity-Based Safety Risk Quantification for Concrete Formwork Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 135(10): 990-998.

Hallowell, M., and Gambatese, J. (2009b). Construction Safety Risk Mitigation. **Journal of Construction Engineering and Management,** 135(12): 1316-1323.

Hallowell, M., and Gambatese, J. (2010a). Population and Initial Validation of a Formal Model for Construction Safety Risk Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, 136(9): 981-990.

Hallowell, M., and Gambatese, J. (2010b). Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research. **Journal of Construction Engineering and Management**, 136(1): 99-107.

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.

Hassanein, A. A., and Hanna, R. S. (2008). Safety performance in the Egyptian construction industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, 134(6): 451-455.

Heinrich, H. W. (1959). **Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach.** 4th edition. NY: McCraw Hill.

Hinze, J. (1978). Turnover, new workers, and safety. **Journal of the Construction Division**, 104(4): 409-417.

Hinze, J., Huang, X., and Terry, L. (2005). The Nature of Struck-by Accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, 131(2): 262-268.

Hinze, J., Pedersen, C., and Fredley, J. (1998). Identifying root causes of construction injuries. **Journal of Construction Engineering and Management**, 124(1): 67-71.

Hollnagel, E., and D Woods, D. (1999). Cognitive systems engineering: new wine in new bottles. **International Journal of Human-Computer Studies**, 51(2): 339-356.

Hollnagel, E., Woods, D. D., and Leveson, N. (2007). **Resilience engineering: Concepts and precepts.** England: Ashgate Publishing, Ltd.

Howell, G. A., Ballard, G., Abdelhamid, T. S., and Mitropoulos, P. (2002). Working near the edge: a new approach to construction safety. **Proceedings IGLC-10**.

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.

Huang, X., and Hinze, J. (2003). Analysis of construction worker fall accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, 129(3): 262-271.

Hung, Y. H., Smith-Jackson, T., and Winchester, W. (2011). Use of attitude congruence to identify safety interventions for small residential builders. **Construction Management and Economics**, 29(2): 113-130.

Jaselskis, E. J., Anderson, S. D., and Russell, J. S. (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.

Kartam, N. A. (1997). Integrating safety and health performance into construction CPM. **Journal of Construction Engineering and Management,** 123(2): 121-126.

Kartam, N. A., and Bouz, R. G. (1998). Fatalities and injuries in the Kuwaiti construction industry. **Accident Analysis & Prevention**, 30(6): 805-814.

Kartam, N., Flood, I., and Koushki, P. (2000). Construction safety in Kuwait: issues, procedures, problems, and recommendations. **Safety Science**, 36(3): 163-184.

Kleinbaum, D. G., Klein, M., and Pryor, E. (2002). **Logistic regression: a self-learning text**. New York, USA: Springer.

Lai, D. N., Liu, M., and Ling, F. Y. (2011). A comparative study on adopting human resource practices for safety management on construction projects in the United States and Singapore. **International journal of project management**, 29(8): 1018-1032.

Langford, D., Rowlinson, S., and Sawacha, E. (2000). Safety behaviour and safety management: its influence on the attitudes of workers in the UK construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management,** 7(2): 133-140.

Larsson, S., Pousette, A., and Törner, M. (2008). Psychological climate and safety in the construction industry-mediated influence on safety behaviour. **Safety Science**, 46(3): 405-412.

Lehto, M., and Salvendy, G. (1991). Models of accident causation and their application: review and reappraisal. **Journal of Engineering and Technology Management**, 8(2): 173-205.

Leung, M.-y., Chan, Y.-S., and Yuen, K.-W. (2010). Impacts of stressors and stress on the injury incidents of construction workers in Hong Kong. **Journal of Construction Engineering and Management**, 136(10): 1093-1103.

Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. **Safety Science**. 42(4), 237-270.

Levitt, R. (1975). **The effect of top management on safety in construction Technical Report No. 196**. Stanford University, California: The Construction Institute.

Levitt, R. E., and Samelson, N. M. (1993**). Construction safety management**: John Wiley & Sons.

Lillrank, P. (1995). The transfer of management innovations from Japan. **Organization Studies**, 16(6): 971-989.

Lin, S.-H., Tang, W.-J., Miao, J.-Y., Wang, Z.-M., and Wang, P.-X. (2008). Safety climate measurement at workplace in China: A validity and reliability assessment. **Safety Science**, 46(7): 1037-1046.

Ling, F. Y. Y., and Liu, M. (2004). Using neural network to predict performance of design-build projects in Singapore. **Building and Environment**, 39(10): 1263-1274.

Lingard, H., and Rowlinson, S. (1998). Behaviour-based safety management in Hong Kong's construction industry: the results of a field study**. Construction Management & Economics**, 16(4): 481-488.

Lipscomb, H. J., Dale, A. M., Kaskutas, V., Sherman‐Voellinger, R., and Evanoff, B. (2008). Challenges in residential fall prevention: Insight from apprentice carpenters. **American journal of industrial medicine**, 51(1): 60-68.

Liska, R. W., Goodle, D., and Sen, R. (1993). **Zero accident techniques Source Document 86**. Austin, Texas: Construction Industry Institute.

Lombardi, D. A., Verma, S. K., Brennan, M. J., and Perry, M. J. (2009). Factors influencing worker use of personal protective eyewear. **Accident Analysis & Prevention**, 41(4): 755-762.

Loosemore, M. (1998). Psychology of accident prevention in the construction industry. **Journal of Management in Engineering**, 14(3): 50-56.

Loughborough University and UMIST. (2003). **Causal factors in construction accidents RR 156**. Sudbury, Suffolk, UK: HSE Books.

Lundberg, J., Rollenhagen, C., and Hollnagel, E. (2009). What-You-Look-For-Is-What-You-Find–The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. **Safety Science**, 47(10): 1297-1311.

Mitropoulos, P., Abdelhamid, T., and Howell, G. (2005). Systems Model of Construction Accident Causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 131(7): 816-825.

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.

Mitropoulos, P., Cupido, G., and Namboodiri, M. (2009). Cognitive Approach to Construction Safety: Task Demand-Capability Model. **Journal of Construction Engineering and Management**, 135(9): 881-889.

Mohamed, S. (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.

Mohammadipour, A. H., and Alavi, S. H. (2009). The optimization of the geometric cross-section dimensions of raised pedestrian crosswalks: A case study in Qazvin. **Accident Analysis & Prevention,** 41(2): 314-326.

Molenaar, K., Brown, H., Caile, S., and Smith, R. (2002). Corporate culture. **Professional Safety**, 47(7): 18-27.

Moradi, A., Etebarian, A., Shirvani, A., & Soltani, I. (2014). Development of a fuzzy model for Iranian marine casualties management. **Journal of Fuzzy Set Valued Analysis**, 14: 1-17.

Narang, P., and Abdelhamid, T. (2006). Quantifying workers' hazard identification ability using fuzzy signal detection theory. **Paper presented at the Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-14)**, Santiago, Chile. Proceedings, Universidade Católica do Chile.

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).

Patel, D. A., and Jha, K. N. (2015). Neural network approach for safety climate prediction. **Journal of Management in Engineering**, 31(6): 05014027.

Patel, D. A., and Jha, K. N. (2016). Evaluation of construction projects based on the safe work behavior of co-employees through a neural network model. **Safety Science**, 89: 240-248

Patel, D., and Jha, K. (2014). Neural network approach for safety climate prediction. **Journal of Management in Engineering**, 31(6): 05014027.

Petkov, G. (2015). Symptom-based context evaluation of human performance and convergence of HEAP into its HPLV. **Paper presented at the Proceedings, ESREL 2015 Conference**, 7-10 September, 2015, Zurich, Switzerland.

Raheem, A. A., and Issa, R. R. (2016). Safety implementation framework for Pakistani construction industry. **Safety Science**, 82: 301-314.

Rasmussen, J. (1987). **Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering**. Amsterdam, Netherland: Elsevier.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science.** 27(2): 183-213.

Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., and Goodstein, L. P. (1994). **Cognitive systems engineering**. the University of Michigan:Wiley.

Reason, J. T. (1990). **Human error.** New York: Cambridge University Press.

Reese, C. D., and Eidson, J. V. (2006). **Handbook of OSHA construction safety and health**: CRC Press.

Robbins, S. P. (1994). **Management.** 4th edition. Englewood Cliffs: N.J Prentice Hall.

Rowe, G., and 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. (2002). How to make and justify a decision: The Analytic Hierarchy Process. **System Research and Information Technologies**, 1: 95-108.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, 1(1): 83-98.

Samarasinghe, S. (2007). **Neural networks for applied sciences and engineering**. Boca Raton: Taylor & Francis.

Saurin, T. A., Formoso, C. T., and Cambraia, F. B. (2008). An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. **Safety Science**, 46(8): 1169-1183.

Saurin, T. A., Formoso, C. T., and Guimarães, L. B. M. (2004). Safety and production: an integrated planning and control model. **Construction Management and Economics**, 22(2): 159-169.

Sawacha, E., Naoum, S., and Fong, D. (1999). Factors affecting safety performance on construction sites**. International journal of project management**, 17(5): 309-315.

Shapira, A., and Goldenberg, M. (2005). AHP-based equipment selection model for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 131(12): 1263-1273.

Sharma, S. S. (1996)**. Applied multivariate techniques**. New York: John Wiley & Sons.

Somchainuck, O., Taneerananon, P., and Jaritngam, S. (2012). An in-depth investigation of roadside crashes on Thai National Highways. **Engineering Journal**, 17(2): 63-74.

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.

Suraji, A., Duff, A. R., and Peckitt, S. J. (2001). Development of causal model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 127(4): 337-344.

Tam, C. M., Leung, A. W. T., and Liu, D. K. (2002). Nonlinear models for predicting hoisting times of tower cranes. **Journal of Computing in Civil Engineering**, 16(1): 76-81.

Tam, C., Fung IV, I. W., and Chan, A. P. (2001). Study of attitude changes in people after the implementation of a new safety management system: the supervision plan. **Construction Management & Economics**, 19(4): 393-403.

Tam, C., Tong, T. K., Chiu, G. C., and Fung, I. W. (2002). Non-structural fuzzy decision support system for evaluation of construction safety management system. **International journal of project management**, 20(4): 303-313.

Tam, C., Zeng, S., & Deng, Z. (2004). Identifying elements of poor construction safety management in China. **Safety Science**, 42(7): 569-586.

Tatari, O., Sargand, S. M., Masada, T., and Tarawneh, B. (2013). Neural network approach to condition assessment of highway culverts: case study in Ohio. **Journal of Infrastructure Systems**, 19(4): 409-414.

Teo, E. A. L., Ling, F. Y. Y., and Chong, A. F. W. (2005). Framework for project managers to manage construction safety. **International journal of project management**, 23(4): 329-341.

Toole, T. M. (2002). Construction site safety roles. **Journal of Construction Engineering and Management**, 128(3): 203-210.

Tung, Y.-K. (1985). Channel scouring potential using logistic analysis. **Journal of Hydraulic Engineering**, 111(2): 194-205.

Vicente, K. J. (2006). Cognitive engineering: a theoretical framework and three case studies. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, 1(1): 168-181.

Wei, C.-H., and Lee, Y. (2007). Sequential forecast of incident duration using Artificial Neural Network models. **Accident Analysis & Prevention**, 39(5): 944-954.

Wong, C. H. (2004). Contractor performance prediction model for the united kingdom construction contractor: study of logistic regression approach. **Journal of Construction Engineering and Management**, 130(5): 691-698.

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Yadav, A. K., Malik, H., and Chandel, S. S. (2014). Selection of most relevant input parameters using WEKA for artificial neural network based solar radiation prediction models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 31: 509-519.

Yi, K.-J., and Langford, D. (2006). Scheduling-based risk estimation and safety planning for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 132(6): 626-635.

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.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

ในบทที่ 3 นี้ เป็นการนำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่พัฒนาบนหลักการพื้นฐานของหลักพุทธิปัญญากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน กรอบการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การนำเสนอหลักการพื้นฐานของแบบจำลอง การศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลอง และการทดลองใช้งานแบบจำลอง รายละเอียดในแต่ละส่วนอธิบายตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 บทคัดย่อ

สาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดขึ้นมาจากพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานเป็นหลัก การใช้มุมมองของหลักการพุทธิปัญญาสามารถช่วยอธิบายกลไกข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเป็นอย่างดี โดยหลักการพุทธิปัญญานั้นพบว่าพฤติกรรมการทำงานและความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุนั้นเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงานกับความสามารถในการทำงานของคนงาน แต่ประเด็นที่น่าสนใจก็คือคำถามถึงส่วนประกอบที่แท้จริงของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานของคนงานก่อสร้างซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงาน ส่วนประกอบเหล่านี้จะสามารถช่วยทำนายโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ หรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้หรือไม่ การศึกษานี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่พัฒนาบนหลักการพื้นฐานของหลักพุทธิปัญญากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ทำการคัดปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลองโดยใช้กระบวนการ Delphi และ AHP นำแบบจำลองที่สมบูรณ์ไปทำการทดลองใช้งานในเหตุการณ์อุบัติเหตุจริง 100 เหตุการณ์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่ระบุว่าอุบัติเหตุเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ยานพาหนะนั้นไม่สามารถนำมาใช้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง ได้ แต่ปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลองที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญานั้นมีศักยภาพในการอธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานที่เกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวกับการเกิดอุบัติเหตุนั้นไม่น่าจะเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง แบบจำลองที่สามารถ

แสดงความสัมพันธ์ในรูปไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) ควรได้รับการพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองในขั้นต่อไป

3.2 บทนำ

งานก่อสร้างเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานและกิจกรรมที่หลากหลายซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการ เงื่อนไข หรือบริบทในแต่ละโครงการ มากกว่านั้น งานก่อสร้างยังมีสภาพการทำงานที่เป็นลักษณะพลวัต โดยสภาพแวดล้อมในการทำงานมีเปลี่ยนแปลงโดยตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ทำให้โอกาสในการประสบอุบัติเหตุนั้นมากขึ้น และนำพาตัวเลขสถิติของการบาดเจ็บจากการทำงานในอุตสาหกรรมก่อสร้างให้สูงขึ้นไปด้วย (Social Security Office [SSO], 2015; Bureau of Labor Statistics [BLS], 2015) มากกว่านั้น อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นยังส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียต่อร่างกาย ชีวิตและทรัพย์สินตลอดจนค่าใช้จ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อมอีกด้วย

ผลที่ได้จากงานวิจัยของ Haslam, Hide, Gibb, Gyi, Pavitt, Atkinson, and Duff (2005) พบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั่นคือตัวคนงานเอง ส่งผลให้เกิดคำถามถึงพฤติกรรมของคนงาน ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน Health and Safety Executives [HSE] (2002) ยังได้สรุปอีกว่าพฤติกรรมของคนงานนั้นเป็นปัจจัยหลักถึง 80% ของการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้ง ส่วนผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยของ Kaila (2011) ยังพบว่า 80-95% ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน โดยส่วนใหญ่แล้วคนงานที่กำลังปฏิบัติงานนั้นมีการประมาณการความสามารถของตนเองในการป้องกันหรือควบคุมการเกิดอุบัติเหตุที่สูงเกินความจริง และนั่นทำให้กลายเป็นการชักนำการประเมินความเสี่ยงในการทำงานที่ต่ำไปและปฏิบัติตัวไม่ปลอดภัยโดยไม่ได้เจตนา (Lichtenstein, Slovic, Fischhoff, Layman, and Combs, 1978) และเป็นเรื่องปกติที่คนงานมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานของตนเองเนื่องมาจากแรงกดดันจากการผลิตเพื่อที่จะทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสถานการณ์ลักษณะนี้ทำให้เกิดเป็นข้อขัดแย้งกันระหว่างการผลิตและความปลอดภัย ซึ่งในระยะสั้นการแก้ไขก็ถูกแก้ปัญหาโดยอิงการผลิตเป็นหลัก (Reason, 1990)

อ้างถึงการศึกษาของ Rasmussen (1997) ที่ได้นำเสนอแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานที่พยายามเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ (Boundary of Functionally Acceptable Performance) โดยพฤติกรรมดังกล่าวนั้นเกิดจากแรงกดดันสองตัว โดยแรงกดดันตัวแรกก็คือแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ในเรื่องการผลิตที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการใช้ความอุตสาหะให้น้อยที่สุด (Tendency for Least Effort) ซึ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระงานให้แก่คนงานขึ้นทันที โดยระหว่าง

การทำงานคนงานนั้นพยายามค้นหาช่องว่างเพื่อที่จะสามารถทยอยใช้ความอุตสาหะของคนงาน ในขณะที่ฝ่ายบริหารก็ทยอยส่งเสริมค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมให้น้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้ก็คล้ายกับการเคลื่อนที่เข้าไปสู่ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่โดยอัตโนมัติ เมื่อไรก็ตามที่ข้ามขอบเขตดังกล่าวก็ไม่สามารถย้อนกลับมาได้ ความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุก็จะเกิดขึ้นทันที (Rasmussen, 1997)

หลักการของ Rasmussen นั้นอยู่บนพื้นฐานของวิศวกรรมพุทธิปัญญา (Cognitive System Engineering: CSE) ซึ่งให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของระบบงาน เครื่องมือที่ใช้ กลไกของงาน และบริบทของงานที่ส่งผลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน และความเป็นไปได้ในการเกิดข้อผิดพลาดตลอดจนความล้มเหลวต่างๆ (Fuller, 2005) หลักการพุทธิปัญญามุ่งเน้นว่าประสิทธิภาพของการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนงานและลักษณะของระบบงาน (Mitropoulos and Cupido, 2009) ทฤษฎีพุทธิปัญญาไม่เพียงแต่สามารถอธิบายพฤติกรรมการทำงานของแต่ละคนเท่านั้น แต่ยังอธิบายรวมไปถึงผลกระทบอื่นๆ จากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกอีกด้วย (Fang, Zhao, and Zhang, 2016) แม้ว่ากลไกที่ใช้ใน CSE อยู่ในการจัดการความปลอดภัยที่มีระบบการทำงานที่สลับซับซ้อน และมีความเสี่ยงสูง เช่น งานอากาศยาน สุขภาพ งานนิวเคลียร์หรือเคมี อย่างไรก็ดี สำหรับงานก่อสร้างนั้นได้มีผู้วิจัยที่ได้อภิปรายถึงโอกาสในการประยุกต์หลักการของ CSE และเลียนแบบตามแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของ Rasmussen อยู่กันหลายคน เช่น Mitropoulos, Abdelhamid, and Howell (2005) ได้นำเสนอแบบจำลองที่เป็นระบบของสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง โดยเน้นย้ำ 2 แนวทางที่จะใช้ป้องกันอุบัติเหตุ ซึ่งได้แก่ การลดการเกิดงานที่ไม่คาดคิด (Reduction of Task Unpredictability) และการเพิ่มความสามารถในการจัดการกับข้อผิดพลาด (Increase of Error Management Capabilities) ส่วนงานวิจัยของ Narang and Abdelhamid (2006) และ Abdelhamid, Patel, Howell, and Mitropoulos (2003) ได้ศึกษาการประยุกต์เอาทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณ (Signal Detection Theory) เพื่อที่ช่วยให้คนงานรับรู้ถึงจุดเสี่ยงอันตรายในการทำงานให้เร็วขึ้น ซึ่งผลของการศึกษาดังกล่าวยังช่วยให้คนงานสามารถพัฒนาความสามารถในการระบุถึงจุดที่จะเกิดการสูญเสียได้ในขณะที่ปฏิบัติงาน

งานก่อสร้างมีลักษณะที่เป็นระบบงานค่อนข้างหลวมไม่เข้มงวด โดยมีช่องว่างให้คนงานได้มีอิสระในการตัดสินใจ ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน (Mitropoulos, Cupido, and Namboodiri, 2009) กระบวนการและขั้นตอนการทำงานในแต่ละกิจกรรมในงานก่อสร้างที่ระบุไว้นั้นเป็นเพียงการแนะนำเบื้องต้นที่ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามทุกขั้นตอน ทำให้มีพื้นที่สำหรับคนงานเพื่อที่จะได้พิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมในการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นแบบพลวัต (Saurin et al.,

2008) การที่เกิดสถานการณ์เยี่ยงนี้ ทำให้คนงานมีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่และทำงานในขอบเขตของความผิดพลาดตลอดเวลา (Error Margin)

กฎความปลอดภัยหรือมาตรการความปลอดภัยต่างๆ ที่ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วพยายามบังคับให้คนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัย เพื่อที่ทำให้คนงานนั้นอยู่ไกลห่างออกจากขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ (Mitropoulos, Abdelhamid, and Howell, 2005) อย่างไรก็ดี แรงกดดันที่เกิดขึ้นก็ยังคงผลักดันให้คนงานไปสู่ขอบเขตดังกล่าวอยู่ตลอดเวลา วิธีการกฎเกณฑ์ในลักษณะนี้จะ บังคับให้มีการใช้งานกฎความปลอดภัย และเน้นย้ำให้มีการปฏิบัติตามกฎดังกล่าวโดยเคร่งครัดเพื่อที่ไม่ให้คนงานเปิดรับกับความเสี่ยง (Exposure to Hazards) แต่ภายใต้วิธีการแบบนี้ อุบัติเหตุก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่เนื่องจากการขาดความรู้เรื่องความปลอดภัยและ/หรือ การขาดความตั้งใจในการปฏิบัติตาม มากกว่านั้น การที่มีการพัฒนาในเรื่องเทคโนโลยีการก่อสร้างและเทคโนโลยีความปลอดภัยที่พัฒนาขึ้น (Everett, 1999) ทำให้คนงานมีการปรับตัวกับเทคโนโลยีที่ดีขึ้นดังกล่าวด้วยการชดเชยด้วยพฤติกรรมที่เสี่ยงมากขึ้นอีก ทำให้คนงานก็ยังมีพฤติกรรมที่เข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่อีกครั้ง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ได้ถูกสังเกตเห็นได้ในงานวิจัยทางด้านการจราจร ซึ่งมันก็ตอบคำถามได้ว่าทำไมเทคโนโลยีความปลอดภัยที่พัฒนาขึ้นในงานจราจรจึงไม่สามารถให้ผลลัพธ์ความปลอดภัยตามที่คาดหวังไว้ได้ (Fuller, 2005)

การจราจรบนท้องถนนนั้นมีลักษณะสภาพแวดล้อมที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา (Somchainuck, Taneerananon, and Jaritngam, 2012) คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง แบบจำลอง Task Demand-Capability Interface: TCI ของ Fuller (2005) ได้เสนอหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนว่าการที่เกิดอุบัติเหตุนั้นเกิดมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงาน (Task Demand) และการประยุกต์ความสามารถ (Applied Capability) ในการควบคุมยานพาหนะเพื่อให้เดินทางอย่างปลอดภัย เมื่อไรที่ความต้องการของงานต่ำกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ ผู้ขับขี่ก็สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ แต่ถ้าที่ความต้องการของงานสูงกว่าความสามารถก็ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมซึ่งอาจทำให้เกิดการปะทะของยานพาหนะเกิดขึ้นหรืออาจมีเหตุการณ์อย่างอื่นเข้ามารองรับผลที่เกิดขึ้นก็ได้ อย่างไรก็ตามในการที่จะรักษาการควบคุมยานพาหนะให้ได้นั้นจำเป็นที่ผู้ขับขี่ต้องมีการคาดการณ์ความต้องการของงานที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเพื่อที่จับคู่กับความสามารถที่ใช้ในการขับขี่อย่างเหมาะสม

แบบจำลอง TCI นี้มีพื้นฐานบนมุมมองของหลักพุทธิปัญญาและยังเชื่อมโยงเข้ากับหลักการพฤติกรรมการทำงานของ Rasmussen โดยความต้องการของงาน (Task Demand) นั้นสามารถตีความได้ว่าเป็นแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ที่ต้องการบรรลุ

วัตถุประสงค์ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ส่วนความสามารถที่มี (Capability) นั้นสามารถเทียบได้กับความอุตสาหะของคนงาน (Worker's Effort) ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางด้านจิตใจ

ความเป็นไปได้ในการนำหลักการ TCI มาประยุกต์ใช้ในงานความปลอดภัยงานก่อสร้างได้ถูกแสดงให้เห็นโดย Mitropuolos and Cupido (2009) โดยผู้แต่งได้ทำการสังเคราะห์แบบจำลองความปลอดภัยแบบใหม่ที่แสดงปฏิสัมพันธ์กันระหว่างความต้องการของงานกับการประยุกต์ความสามารถที่มีของคนงานในระหว่างการทำงาน แบบจำลองดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของงานกับความสามารถในการทำงานทำให้เกิดพฤติกรรมการทำงานของคนงานและส่งผลต่อความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในมุมมองนี้ทำให้ค้นพบว่าพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานนั้นมีจุดเริ่มต้นมาจากคุณลักษณะของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน กระนั้น ประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาก็คือคำถามว่าอะไรคือส่วนประกอบที่แท้จริงของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานของคนงานก่อสร้างอาคารสูงซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงาน และส่วนประกอบเหล่านี้สามารถช่วยทำนายโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ หรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้หรือไม่

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้เราพบว่าพฤติกรรมคนงานนั้นจะมีลักษณะเข้าใกล้ความเสี่ยงอย่างอัตโนมัติโดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน ดังนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใหม่ควรให้ความสำคัญกับปัจจัยเหล่านี้ที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมการทำงานในสภาพแวดล้อมที่เป็นพลวัตเช่นดั่งงานก่อสร้าง แบบจำลองความปลอดภัยงานก่อสร้างในปัจจุบันดูไม่มีประสิทธิภาพที่มากพอ โดยส่วนใหญ่แล้วมีพื้นฐานอยู่ที่วิธีกฎเกณฑ์ซึ่งไม่ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับลักษณะของงานและความสามารถคนงานที่ทำให้เกิดความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดและการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น ความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานของคนงานจึงถูกให้ความสำคัญเนื่องจากมันเป็นจุดเริ่มต้นของพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย และมากกว่านั้นปัจจัยในด้านความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานก็น่าจะมีศักยภาพในการช่วยในการทำนายโอกาสในการประสบอุบัติเหตุ หรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ เพราะฉะนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้จึงประกอบด้วย 1) การพัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีหลักการพื้นฐานอยู่บนหลักพุทธิปัญญากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน 2) การระบุส่วนประกอบที่สำคัญของปัจจัยที่ประกอบอยู่ในแบบจำลองที่นำเสนอ และ 3) การศึกษาผลการนำแบบจำลองที่นำเสนอไปทดลองใช้งานจริง

3.3 กรอบการพัฒนาแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model: CSEM) ที่มีหลักการพื้นฐานบนหลักพุทธิปัญญากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยแบ่งกรอบการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การนำเสนอหลักการพื้นฐานของ CSEM การศึกษาส่วนประกอบของ CSEM และการทดลองใช้งาน CSEM ดังภาพที่ 3.1

ส่วนที่ 1 เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของแบบจำลอง CSEM ที่ได้นำเสนอว่ามีหลักการทำงานอย่างไร หลักเกณฑ์ที่ใช้พัฒนาแบบจำลอง CSEM และส่วนประกอบเบื้องต้นของ CSEM ที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาและผลจากการศึกษาเบื้องต้นโดยผู้วิจัยเอง

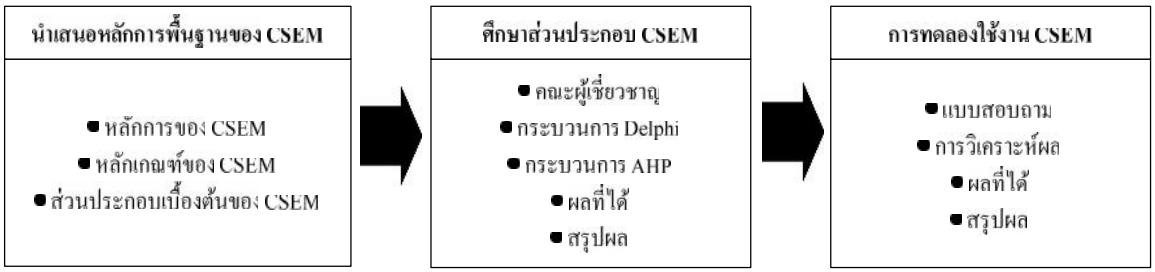
ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM โดยเป็นการศึกษาการคัดปัจจัยจากปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้เบื้องต้นเพื่อที่ได้ปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบในแบบจำลอง CSEM อย่างแท้จริงผ่านกระบวนการ Delphi และมากกว่านั้น มีการให้น้ำหนักของปัจจัยที่ถูกคัดเลือกเข้ามาโดยกระบวนการ AHP อีกด้วย โดยในทั้ง 2 กระบวนการใช้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง จำนวน 9 ท่านด้วยกัน แล้วจึงนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทั้ง 2

ส่วนที่ 3 เป็นการทดลองใช้งานจริง โดยเป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลอง CSEM ที่สมบูรณ์แบบที่ประกอบไปด้วยปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยไปทำการทดลองใช้งานจริงในเหตุการณ์อุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงจำนวน 100 เหตุการณ์ เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้นำเสนอว่ามีศักยภาพในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุหรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้หรือไม่

เมื่อพัฒนาแบบจำลองตามกรอบที่นำเสนอนี้ไว้แล้ว จะสามารถตอบโจทย์คำถามดังต่อไปนี้;

(1) อะไรคือส่วนประกอบที่แท้จริงของแบบจำลอง CSEM บนพื้นฐานของหลักการพุทธิปัญญา

(2) เมื่อได้ส่วนประกอบที่ที่สมบูรณ์ของแบบจำลอง CSEM นำค่าระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานที่ประเมินได้มาทำการสมดุลตามหลัก CSEM จะสามารถทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุหรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้



ภาพที่ 3.1 กรอบการพัฒนาแบบจำลอง CSEM

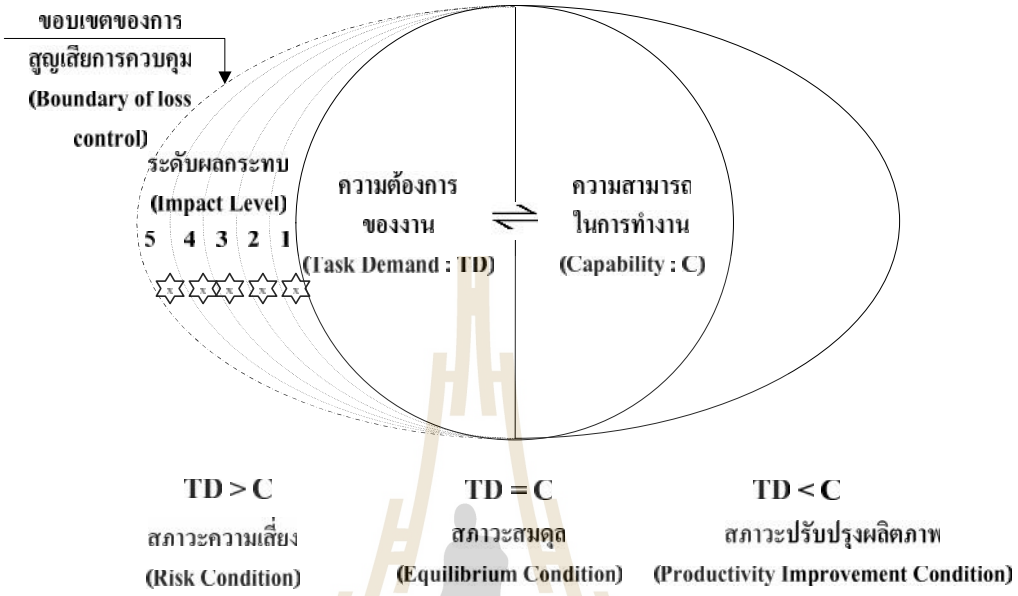
3.4 หลักการพื้นฐานของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง

แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model : CSEM) ที่นำเสนอนี้ เป็นการสังเคราะห์การศึกษาของ Rasmussen (1997) ที่อธิบายการทำงานของคนงานที่มีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่บนพื้นฐานหลักการของวิศวกรรมพุทธิปัญญา กับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของการศึกษาโดย Fuller (2005) แบบจำลองที่นำเสนอนี้เป็นแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานเป็นรายบุคคลที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขข้อจำกัดของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานในแต่ละสถานการณ์ และที่สำคัญแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่แยกการพิจารณาประเด็นในเรื่องงาน และคนงานออกจากกันอย่างเป็นอิสระแล้ว เพียงแค่ใช้หลักการการจับคู่งานให้เหมาะสมกับคนงานอุบัติเหตุก็จะไม่เกิด และยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงาน

3.4.1 หลักการของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

แบบจำลอง CSEM เป็นการจำลองความสมดุลระหว่างของความต้องการของงาน (Task Demand: TD) และความสามารถในการทำงาน (Capability: C) ของคนงานก่อสร้าง (ภาพที่ 3.2) มีหลักการที่ว่า อุบัติเหตุจะไม่เกิดหากความต้องการของงานเท่ากับความสามารถในการทำงาน ส่งผลทำให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium Condition) ในการทำงานขณะนั้น และยิ่งไม่มีโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุถ้าความสามารถในการทำงานนั้นมากกว่าความต้องการของงาน ส่งผลทำให้เกิดสภาวะปรับปรุงผลิตภาพ (Productivity Improvement Condition) ของกิจกรรมดังกล่าว ส่วนกรณีที่ความต้องการของงานมากกว่าความสามารถในการทำงานจะส่งผลให้การทำงานในสถานการณ์ดังกล่าวอยู่ในสภาวะของความเสี่ยง (Risk Condition) ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุและ

เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น จะส่งผลทำให้เกิดผลกระทบหลายระดับ โดยระดับผลกระทบจะแปรผันกับระดับความแตกต่างระหว่างค่า TD กับ C



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างระหว่างความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน

$$\text{Task Demand} - \text{Capability} = f(\text{Impact Level}) \qquad (3.1)$$

วิเคราะห์ค่าผลต่างที่ได้เพื่อหาระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่เกิดขึ้น ตามสมการที่ (3.1) โดยผู้วิจัยจะเสนอระดับผลกระทบตามห้าระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และ มากที่สุด โดยอยู่ในรูปของชั่วโมงการทำงานที่ต้องสูญเสีย (คิดเป็นมูลค่าเงิน) โดยมีหลักพิจารณาที่ว่าคนงานแต่ละคนค่าแรงต่อวันไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานแต่ละคน ดังนั้นการสูญเสียชั่วโมงการทำงานที่เท่ากันก็มีมูลค่าที่ต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำเสนอระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปการสูญเสียชั่วโมงการทำงาน และแปลงค่าเป็นมูลค่าเงิน ดังตารางที่ 3.1 ผู้วิจัยพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปจำนวนวันที่ต้องหยุดงานและแปลงเป็นมูลค่าเงินตามอัตราค่าแรงต่อวันที่คนงานได้รับเท่านั้น โดยไม่พิจารณาผลสูญเสียในด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น ความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหายด้านเวลา ความเสียหายด้านโอกาสทางธุรกิจ ความเสียหายด้านชื่อเสียง ตลอดจนความ

เสียหายทางอ้อมอื่นๆ เนื่องจากแบบจำลอง CSEM นั้นเป็นความสมดุลระหว่างของความต้องการของงาน(Task Demand: TD) และความสามารถในการทำงาน (Capability: C) ของคนงานก่อสร้างเท่านั้น เพราะฉะนั้นผลกระทบจึงพิจารณาเฉพาะสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวคนงานเป็นหลัก จึงพิจารณาจำนวนวันที่คนงานต้องหยุดงานเมื่อประสบอุบัติเหตุ เช่น คนงานที่มีค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาท/วัน เมื่อประสบอุบัติเหตุแล้วต้องหยุดงาน 1 วัน ดังนั้นระดับผลที่เกิดขึ้นจะอยู่ในระดับน้อยที่สุด (0-300บาท)

ตารางที่ 3.1 มาตรวัดระดับผลกระทบ (Impact Level Scale) ที่นำเสนอเบื้องต้น

ค่า TD - C	**ระดับผลกระทบ (บาท)**
0.01 - 0.20	น้อยที่สุด (0 – 300*)
0.21 - 0.40	น้อย (301 - 1,000)
0.41 - 1.50	ปานกลาง (1,001 - 10,000)
1.51 - 1.75	มาก (10,001 - 1,000,000)
1.76 - 2.00	มากที่สุด (มากกว่า 1,000,000)

* 300 บาท/วัน เป็นอัตราค่าแรงขั้นต่ำของคนงาน

กรณีที่ความต้องการของงานมากกว่าความสามารถในการทำงานนั้นยังหมายถึงงานที่ได้รับมอบหมายดังกล่าวยากเกินความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน และทำให้สถานการณ์ดังกล่าวอยู่ในสภาวะของความเสี่ยง มีโอกาสในการเกิดและไม่เกิดอุบัติเหตุ ในกรณีที่ไม่เกิดอุบัติเหตุนั้น จะเป็นสถานการณ์ที่คนงานปฏิบัติงานโดยมีประสิทธิภาพที่ต่ำและอยู่ในสภาวะของความเสี่ยงที่มีโอกาสจะประสบอุบัติเหตุได้ตลอดเวลา แต่หากความต้องการของงานไม่เกินความสามารถในการทำงาน กิจกรรมนั้นก็ไม่มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ (Controlled Condition) และกรณีที่ความต้องการของงานน้อยกว่าความสามารถในการทำงานยังหมายถึงงานดังกล่าวเป็นงานที่ง่ายกว่าความสามารถของคนงานที่ปฏิบัติงาน ส่งผลถึงโอกาสของการปรับปรุงผลิตภาพ (Productivity) ของกระบวนทำงานดังกล่าวให้ดีขึ้นอีก โดยยังคงความปลอดภัยในการทำงานอยู่ด้วย

3.4.2 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่ผู้วิจัยนำเสนอ มีการพัฒนาบนหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

(1) พิจารณาความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงานอย่างอิสระ โดยพิจารณาตามบริบทของงานที่คนงานต้องปฏิบัติให้สำเร็จลุล่วงไม่ต้องอ้างอิงบริบททางด้านความปลอดภัยในการทำงาน แล้วนำค่าระดับความต้องการของงานและค่าระดับความสามารถของคนงานที่ประเมินได้มาสมดุลกันให้เหมาะสมตามหลักสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง ซึ่งการพิจารณาในรูปแบบดังกล่าวจะขจัดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต และความปลอดภัยในการทำงาน โดยปัจจุบันเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวจะถูกแก้ปัญหาโดยให้ความสำคัญในเรื่องการผลิตก่อน

(2) อุบัติเหตุในงานก่อสร้างเกิดขึ้นในกรณีที่ความต้องการของงานมากกว่าความสามารถในการทำงานและมีระดับผลกระทบแตกต่างกันตามค่าผลต่างระหว่างค่า TD กับ C โดยผู้วิจัยเสนอระดับผลกระทบออกเป็นห้าระดับด้วยกันตั้งแต่น้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด และพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตัวคนงานเป็นหลักไม่ได้พิจารณาผลกระทบต่อทรัพย์สิน หรือความสูญเสียอื่นๆ โดยเปรียบเทียบเป็นการสูญเสียเวลาการทำงาน (Lost Work Day) แล้วประเมินเป็นมูลค่าตามอัตราค่าจ้าง

(3) แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่เสนอ เป็นแบบจำลองเชิงปริมาณที่สามารถสะท้อนภาพที่แท้จริงมากกว่าเป็นแบบจำลองเชิงคุณภาพ ซึ่งความปลอดภัยหรือมิติของความเสี่ยงจะถูกให้ความสนใจอย่างมากเมื่อเพียงตัวเลขหรือสมการต่างๆ เริ่มปรากฏขึ้น

3.4.3 ส่วนประกอบเบื้องต้นของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง

ในแบบจำลองที่นำเสนอนี้ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ TD และ C, TD สามารถนิยามว่าเป็นความยากในการปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จเมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายเป็นหลัก ส่วน C เป็นการบรรยายเกี่ยวกับความสามารถของคนงานในการรับมือความต้องการของงานที่ได้รับผิดชอบ TD ประกอบไปด้วยความต้องการทางกายภาพและความต้องการทางพุทธิปัญญา (Physical Demands and Cognitive Demands) ซึ่งผลักดันให้คนงานไปสู่สภาวะความเสี่ยง โดย TD สามารถแยกออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยงาน (Task Factors) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) และปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factors) และทั้ง 3 กลุ่มดังกล่าวยังถูกกระจายลงไปเป็นปัจจัยย่อยๆ อีกทั้งหมด 23 ปัจจัย ส่วนสำหรับ C นั้นสามารถจัดออกเป็น 4 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors) ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors) ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors) และปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) ซึ่งทั้ง 4 ปัจจัยหลักเหล่านี้ก็ถูกกระจายลงเป็น 12 ปัจจัยย่อย

ตารางที่ 3.2 ปัจจัยเบื้องต้นที่นำเสนอด้านของความต้องการของงาน

ปัจจัยงาน (Task Factors)	TD1	ความสลับซับซ้อนของงาน
	TD2	การขนส่งวัสดุ
	TD3	การประสานงานกับงานอื่นๆ
	TD4	พื้นที่ในการทำงาน
	TD5	วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
	TD6	เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
	TD7	เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
	TD8	การออกแบบ
	TD9	วิธีการก่อสร้าง
	TD10	ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม*
	TD11	ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน*
ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment Factors)	TD12	สภาพอากาศ
	TD13	สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ
	TD14	ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และสุขาภิบาล
	TD15	มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน
	TD16	สวัสดิการในโครงการ
	TD17	ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม*
ปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factors)	TD18	การเร่งของงาน
	TD19	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ
	TD20	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว
	TD21	การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน*
	TD22	การมอบหมายงาน*
	TD23	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน*

*ผลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นโดยผู้วิจัย

ทั้ง 35 ปัจจัยนี้ได้มาจากการสังเคราะห์ผลของงานวิจัยที่ผ่านมา (Haslam et al., 2005; Mitropoulos and Cupido, 2009; Loughborough University and UMIST, 2003) และผลการสำรวจ

เบื้องต้นโดยผู้วิจัย โดยในกระบวนการสำรวจเบื้องต้นนั้น กลุ่มผู้ที่เข้าร่วมให้ข้อมูลในครั้งนี้ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงจำนวน 9 ท่าน ทั้ง 9 ท่านมีตำแหน่งเป็นเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับบริหาร มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยต่ำสุดที่ 6 ปีและสูงสุดที่ 23 ปี การเก็บข้อมูลการสำรวจเบื้องต้นดังกล่าวได้ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยคำถามปลายเปิดที่สอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ผลต่อความต้องการของงาน (TD) และความสามารถในการทำงาน (C) ของคนงานก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งในแบบสอบถามดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำเสนอปัจจัยที่ได้สังเคราะห์จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเข้าไปให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวได้ประกอบการพิจารณาด้วย โดยเป็นปัจจัยด้าน TD จำนวน 17 ปัจจัย และปัจจัยด้าน C จำนวน 9 ปัจจัย ในตารางที่ 3.2 และตารางที่3.3 ได้แสดงกลุ่มปัจจัยและปัจจัยทั้งหมดที่ได้ของ TD และ C โดยมีปัจจัยด้าน TD จำนวน 6 ปัจจัย และปัจจัยด้าน C จำนวน 3 ปัจจัยที่เป็นผลที่ได้จากการสำรวจเบื้องต้น ส่วนปัจจัยที่เหลือนั้นเป็นผลที่ได้จากการสังเคราะห์ผลของการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

กลุ่มของปัจจัยงาน (Task Factors) ประกอบไปด้วยคุณลักษณะของงานที่ได้รับมอบหมาย โดยประกอบไปด้วยปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้

ความสลับซับซ้อนของงาน (Task Complexity: TD1) เป็นการอธิบายได้จากความซับซ้อนของงานและระดับความชำนาญของคนงานที่จะมารับผิดชอบ

การขนส่งวัสดุ (Transportation of Material: TD2) คือการขนย้ายวัสดุจากสโตร์ที่เก็บวัสดุไปยังจุดที่ปฏิบัติงานโดยเกี่ยวข้องกับเครื่องมือเครื่องจักรสำหรับการขนย้าย

การประสานงานกับงานอื่นๆ (Work Coordination: TD3) อธิบายได้ถึงการประสานงานท่ามกลางฝ่ายอื่นๆ ในงานนั้นๆ เช่นต้องประสานงานกับงานไฟฟ้า หรือประปา ถ้ามีการประสานงานในหลายฝ่าย งานนั้นก็เป็นงานที่ยากขึ้นไปอีก

พื้นที่ในการทำงาน (Required Working Space: TD4) บรรยายได้จากขนาดของพื้นที่การทำงานที่สามารถเข้าไปใช้ในการทำงานได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่การทำงานขั้นต่ำที่ต้องการ

วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Type of Main Material: TD5) ปัจจัยย่อยนี้คือชนิดของวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถมีผลต่อความสามารถทำงานได้ ตัวอย่างเช่นคอนกรีตที่มีการไหลต่ำที่ใช้ในการเทในกำแพงรับแรงทำให้เกิดการทำงานได้ยากเพราะมีการไหลที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตคุณสมบัติทั่วไป

ตารางที่ 3.3 ปัจจัยเบื้องต้นที่นำเสนอด้านความสามารถในการทำงาน

ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors)	C1	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ
	C2	การฝึกอบรมในงานที่ทำ
	C3	สภาพร่างกายและความแข็งแรง
ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors)	C4	การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล
	C5	ความล้าของร่างกาย
	C6	ความหงุดหงิดของจิตใจ
	C7	ความพึงพอใจและทัศนคติในงานที่ทำ
	C8	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน*
ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors)	C9	ความตั้งใจในการทำงาน
	C10	ความไม่ประมาท
ปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors)	C11	ความสามารถของผู้ควบคุมงาน*
	C12	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน*

*ผลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นโดยผู้วิจัย

เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Machines/Equipment: TD6) โดยปัจจัยย่อยนี้เป็นความต้องการในการใช้เครื่องจักรหนัก/หรืออุปกรณ์เพิ่มเติมในการทำงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Tools: TD7) คล้ายกับปัจจัยย่อยก่อนหน้า โดยปัจจัยย่อยนี้คือการที่ต้องการเครื่องมือพิเศษเพื่อช่วยในการทำงาน ยิ่งต้องใช้เครื่องมือเพิ่มขึ้นเท่าไร งานก็ยิ่งยากขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานโดยทั่วไป

การออกแบบ (Building Design: TD8) หมายถึงรูปแบบของแบบอาคารที่ถูกออกแบบมาใช้สำหรับก่อสร้างสามารถส่งผลต่อความยากง่ายของงานและภาพรวมของโครงการ

วิธีการก่อสร้าง (Construction Methods: TD9) ไม่เพียงแต่แบบที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารเท่านั้นที่ส่งผลต่อความยากง่ายของงาน แต่รวมไปถึงวิธีการก่อสร้างที่ใช้ด้วย คนงานจะสามารถทำงานได้ง่ายกว่าในวิธีการที่คุ้นเคย

ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม (Engineering Tolerances: TD10) โดยปัจจัยย่อยนี้จะบรรยายเกี่ยวกับค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ในแต่ละงาน โดยค่าความคาดเคลื่อนเหล่านี้อาจวัดในรูปของระยะคลาดเคลื่อน ขนาดหรือมิติก็ได้ สิ่งเหล่านี้สามารถส่งผลต่อความยากของงาน

ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน (Finishing-Work Quality: TD11) คือระดับคุณภาพของงานสถาปัตยกรรม/งานที่เสร็จสมบรูณ์ (Finishing-work) ที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในมาตรฐานโดยทั่วไป หรือสูงกว่ามาตรฐานดังกล่าว

กลุ่มของปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) อ้างถึงสภาพแวดล้อมของโครงการที่คนงานปฏิบัติงานอยู่ โดยสภาพแวดล้อมเหล่านี้ค่อนข้างหลากหลายและส่งผลต่อความต้องการของงาน

สภาพอากาศ (Weather Conditions: TD12) คือสภาพอากาศขณะที่ปฏิบัติงาน สภาพอากาศที่ทำให้คนงานรู้สึกไม่สบายตัว เช่น ลม ฝน ความชื้น หรือร้อน สภาพเหล่านี้ส่งผลต่อความยากง่ายในการทำงานเช่นกัน

สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ (Physical Site Conditions: TD13) ซึ่งประกอบไปด้วย เสียง แสงสว่าง การระบายอากาศ ณ ขณะปฏิบัติงาน ระดับของสภาพดังกล่าวที่ไม่เหมาะสมทำให้คนงานมีการถูกรบกวนการทำงาน

ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และสุขาภิบาล(Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation: TD14) ปัจจัยย่อยนี้อธิบายถึงความสะอาด มีระเบียบ คุณภาพความเป็นอยู่ใน โครงการก่อสร้างและการบริการด้านสุขลักษณะ ถ้าสภาพเหล่านี้แย่หรือไม่เพียงพอ/ไม่เหมาะสมก็ส่งผลต่อความยากของงานและโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานมากขึ้น

มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน (Work Obstacle Conditions: TD15) ซึ่งก็คือการรบกวนจากงานอื่นๆ ที่ทำงานในพื้นที่เดียวกัน ทำให้คนงานต้องให้ความสนใจในงานที่ทำในพื้นที่เดียวกันแทนที่การให้ความสำคัญเฉพาะงานที่ตนได้รับผิดชอบเท่านั้นและก็ส่งผลทำให้งานมีความยากขึ้น

สวัสดิการในโครงการ (Site Welfare: TD16) โดยปัจจัยย่อยนี้หมายถึงความเพียงพอของการจัดหาสวัสดิการในโครงการเช่น น้ำดื่ม ห้องน้ำ ที่พักระหว่างการทำงาน ซึ่งสวัสดิการเหล่านี้จะทำให้คนงานมีความสดชื่น กระปรี้กระเปร่าในการทำงาน

ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม (Societal and Environmental Impact Awareness: TD17) หมายถึงการต้องให้ความสนใจในเรื่องชุมชนและสิ่งแวดล้อม โดยคนงานนั้นต้องทำงานให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมรอบข้างให้น้อยที่สุด ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้ชุมชนบ้านเรือน ซึ่งทำให้เกิดการร้องเรียนในประเด็นต่างๆ ได้

กลุ่มของปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factors) ซึ่งเป็นรูปแบบของการทำงานหรือปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มคนงานซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของงาน โดยประกอบไปด้วยปัจจัยย่อยดังต่อไปนี้

การเร่งงาน (Work Pacing: TD18) ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เหลือสำหรับการทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ ถ้าโครงการมีความล่าช้าเกิดขึ้น แผนเร่งงานก็จะถูกเข้ามาใช้งานและงานดังกล่าวก็กลายเป็นงานที่ยากขึ้นทันที

ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ (Safety Rules Strictness: D19) ปัจจัยย่อยนี้ขึ้นอยู่กับการบังคับใช้กฎความปลอดภัยต่างๆ ในโครงการ คนงานทุกคนในไซท์งานต้องปฏิบัติตามกฎและมาตรการดังกล่าว ไม่ปฏิบัติตัวให้เป็นอันตรายทั้งต่อตนเองและผู้อื่น ถ้ากฎต่างๆ เหล่านี้ไม่ได้ถูกบังคับใช้งานอย่างเข้มงวด งานที่คนงานได้รับมอบหมายในโครงการดังกล่าวก็กลายเป็นงานที่ยากขึ้น

การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว (Crew Size: TD20) หมายถึงจำนวนคนงานที่เหมาะสมที่ต้องการในแต่ละงาน ถ้าจำนวนคนงานไม่เพียงพอทำให้งานดังกล่าวเป็นงานที่ยากขึ้น

การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน (Restricted Working Hours: TD21) ปัจจัยย่อยนี้อ้างถึงช่วงเวลาที่คนงานสามารถใช้ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้าง ถ้ามีการจำกัดชั่วโมงการทำงานส่งผลให้งานดังกล่าวยากขึ้น เพราะคนงานจะพยายามทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ภายในเวลาที่จำกัดดังกล่าว

การมอบหมายงาน (Number of Commanders: TD22) หมายถึงจำนวนเฮดแมนผู้ที่ทำการมอบหมายงานให้คนงานในแต่ละครั้ง ยิ่งมีคนมอบหมายงานหลายคนยิ่งทำให้คนงานมีความสับสนในการปฏิบัติงาน

การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน (Abrupt Changes of Working Method: D23) โดยปัจจัยย่อยนี้อ้างถึงการเปลี่ยนแปลงในวิธีการทำงานอย่างไม่คาดคิดหรือทันทีทันใด การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานอย่างรวดเร็วนี้ทำให้งานนั้นยากขึ้น

กลุ่มของปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors) เกี่ยวพันกับสมรรถนะรวมภายในตัวคนงาน ซึ่งประกอบไปด้วยประสบการณ์การทำงาน การฝึกอบรม และสภาพร่างกายคนงาน

ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ (Work Experience: C1) บรรยายถึงระดับของประสบการณ์การทำงานของคนงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่ได้รับมอบหมายซึ่งส่งผลโดยตรงกับความสามารถในการทำงานของคนงาน

การฝึกอบรมในงานที่ทำ (Job Training: C2) หมายถึงระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาของคนงานซึ่งสามารถทำให้สมรรถะของเขานั้นพัฒนาขึ้น

สภาพร่างกายและความแข็งแรง (Health Conditions: C3) พิจารณาจากความแข็งแรงของร่างกาย การเจ็บป่วย มีโรคประจำตัว การดื่มแอลกอฮอล์หรือใช้สารเสพติด

กลุ่มของปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors) โดยแสดงออกใน 5 ด้าน ได้แก่ การเร่งรีบ ความล้า ความหงุดหงิด ความพึงพอใจ และมนุษย์สัมพันธ์

การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล (Hasty Behavior: C4) ปัจจัยย่อยนี้อธิบายถึงพฤติกรรมการเร่งรีบของบุคคล การเร่งรีบหรืออืดอาดทำให้ความสามารถในการทำงานมีการเปลี่ยนแปลงได้

ความล้าของร่างกาย (Fatigue: C5) อ้างถึงการเหนื่อยล้าของร่างกายซึ่งมีผลมาจากสภาพจิตใจหรือร่างกายพยายามออกแรงมากหรือมีการเจ็บป่วย โดยความล้าอาจเกิดได้จากการที่คนงานทำงานล่วงเวลาติดต่อกันหลายวัน

ความหงุดหงิดของจิตใจ (Frustration: C6) โดยสัมพันธ์กับความรู้สึกที่ถูกรบกวนจิตใจ หรือทำให้เกิดอารมณ์เสีย คนงานสามารถเกิดความหงุดหงิดได้ทั้งในเรื่องงาน หรือเรื่องส่วนตัว ถ้ามีเรื่องให้รบกวนจิตใจทั้งสองเรื่อง ความสามารถในการทำงานก็สามารถลดลงได้

ความพึงพอใจและทัศนคติในงานที่ทำ (Job Satisfaction: C7) โดยปัจจัยนี้อ้างถึงความรู้สึกและความยินดีที่เกิดขึ้นกับงานที่ทำ ซึ่งความพึงพอใจและทัศนคติต่องานที่ทำสามารถเพิ่มหรือลดความสามารถในการทำงานได้

การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน (Working Relationship: C8) บรรยายถึงสถานะการเชื่อมต่อ/ติดต่อกับเพื่อนร่วมงาน เนื่องจากงานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องทำงานร่วมกับคนงานอื่นเป็นจำนวนมาก การมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีช่วยให้การประสานงานราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

กลุ่มของปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors) ซึ่งสัมพันธ์กับความตั้งใจและไม่ประมาทของคนงาน โดยความสนใจคือการให้ความสำคัญกับงานความเอาใจใส่ของคนงานต่องานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีจำกัดและสามารถลดความสามารถในการทำงานของคนงาน

ความตั้งใจในการทำงาน (Work Attention: C9) การสูญเสียความตั้งใจในการทำงานสามารถนำให้คนงานไปสู่สภาวะความเสี่ยงได้เนื่องจากความสามารถลดลง ควรให้ความสนใจ/ตั้งใจต่องานที่ตนเองได้รับผิดชอบอย่างเดียว การทำงานโดยที่จิตใจไม่เต็มร้อยนั้นไม่ควรทำอย่างยิ่ง

ความไม่ประมาท (Safety Awareness: C10) เมื่อไรก็ตามที่คนงานมีความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน ความสามรถในการทำงานก็สามารถ

เพิ่มขึ้นได้ คนงานต้องมีการระมัดระวังและพึงตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

กลุ่มของปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) โดยสัมพันธ์กับประสบการณ์การทำงานและความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน เนื่องจากผู้ควบคุมงานเป็นบุคคลคนสำคัญในการสนับสนุนความสามารถของลูกทีม ดังนั้นความสามารถของคนงานก็มีอิทธิพลมาจากปัจจัยผู้ควบคุมงานด้วยเหมือนกัน

ความสามารถของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Work Experience: C11) ปัจจัยย่อยนี้เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การทำงานของผู้ควบคุมงาน ผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญสามารถให้คำแนะนำหรือส่งต่อความรู้ให้แก่ลูกทีมได้เป็นอย่างดี ยิ่งผู้ควบคุมงานมีประสบการณ์มากยิ่งทำให้คนงานที่เป็นลูกทีมมีความสามารถมากขึ้นด้วย

ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Communication Ability: C12) หมายถึงการที่ผู้ควบคุมงานมีความสามารถในการสื่อสารกับลูกทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารที่ดีสามารถทำให้แน่ใจได้ว่าทุกคำสั่งที่ได้ระบุไปได้ถูกเข้าใจอย่างชัดเจน ซึ่งปัจจัยย่อยนี้มีความสำคัญมากขึ้นไปอีกเมื่อต้องรับมือกับคนงานต่างชาติที่มาทำงานก่อสร้าง

3.5 ส่วนประกอบของแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง

การศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM โดยเป็นการศึกษาการคัดปัจจัยจากปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้เบื้องต้นเพื่อที่ได้ปัจจัยและน้ำหนักปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบในแบบจำลอง CSEM อย่างแท้จริงโดยผ่านกระบวนการ Delphi และ AHP ทั้ง 2 กระบวนการใช้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูง จำนวน 9 ท่าน (Delbecq, Van de Ven, and Gustafson, 1975) ซึ่งเป็นชุดเดียวกันทั้ง 2 กระบวนการ (Moradi, Etebarian, Shirvani, and Soltani, 2014; Hsu and Chen, 2007; Da Cruz, Ferreira, and Azevedo, 2013) รายละเอียดคณะผู้เชี่ยวชาญ รายละเอียดขั้นตอนทั้ง 2 กระบวนการ และผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในหัวข้อถัดไปนี้

3.5.1 คณะผู้เชี่ยวชาญ (Sooksil and Benjaoran, 2015a)

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัย และน้ำหนักของปัจจัยโดย กระบวนการ Delphi และ AHP โดยกลุ่มผู้ที่ร่วมให้ข้อมูลในทั้งสองกระบวนการ เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ และประสบการณ์ในด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงอยู่ในระดับชำนาญการทั้งเก้าราย คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญทั้งเก้ารายสามารถสรุป ได้ดังนี้

- สองรายที่มีตำแหน่งระดับผู้อำนวยการโครงการของบริษัท และกรรมการบริหารสมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย)

- สี่รายที่มีตำแหน่งระดับผู้จัดการความปลอดภัยของบริษัท และสามรายมีตำแหน่งเจ้าหน้าความปลอดภัยระดับชำนาญการ

- ระดับการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญแปดราย มีตั้งแต่ปริญญาตรี จนถึงปริญญาโท และหนึ่งรายระดับการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

- มีประสบการณ์ทำงานด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างรวมกันเกิน 140 ปี

- แปดรายที่มีใบรับรองเป็น จป. (เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน) ระดับวิชาชีพ และมีหกรายที่เป็น จป.ระดับบริหาร

- ทั้งเก้ารายมีชั่วโมงรวมในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยในการทำงานเกิน 1,700 ชั่วโมง

- แปดรายเป็นวิทยากรด้านความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้างประจำบริษัท และสองรายเป็นวิทยากรได้ให้ความรู้แก่หน่วยงานภายนอกบริษัทอีกด้วย

- แปดผู้เชี่ยวชาญเขียนหนังสือคู่มือแนวทางการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างประจำบริษัท และสองรายร่วมเป็นคณะกรรมการจัดทำคู่มือความปลอดภัยในงานก่อสร้างของกรมสวัสดิการ และคุ้มครองแรงงาน

3.5.2 กระบวนการคัดปัจจัยโดยเทคนิค Delphi

กระบวนการ Delphi ช่วยระบุและตรวจสอบปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากปัจจัยที่ถูกนำเสนอเข้ามาทั้งปัจจัยในด้าน TD และด้าน C ส่วนปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญก็จะถูกคัดออกจากจากกระบวนการ ในขั้นตอนนี้แบบสอบถามได้ถูกนำมาใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่คัดปัจจัยที่ไม่มีความสำคัญออกไปภายใต้ความเป็นเอกฉันท์ของคณะผู้เชี่ยวชาญ ในกระบวนการสำรวจดังกล่าวนั้น ผู้เชี่ยวชาญถูกถามให้ระดับความสำคัญแบบมาตรวัด 5 ระดับของปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้ในเบื้องต้น โดยแปลความหมายจากรูปแบบของภาษาไปเป็นรูปแบบของตัวเลข ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด ไปเป็นค่า 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งขอบเขตดังกล่าวช่วยให้วัดระดับความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามได้เป็นอย่างดี ในตอนเริ่มต้นของแต่ละรอบการสำรวจต่อเนื่องนั้น (หลังจากกระบวนการรอบแรกสำเร็จ) ผู้ดำเนินรายการเป็นผู้ให้ข้อมูลรวมของผลการตอบสนองในรอบที่ผ่านมาแบบที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อแก่ผู้ที่ตอบคำถาม เพื่อที่ให้ผู้ตอบคำถามนั้นได้ปรับเปลี่ยนแก้ไขคำตอบในรอบที่ผ่านมาของตนเองเมื่อได้รับทราบข้อมูลภาพรวมของกลุ่มในรอบก่อนหน้า กระบวนการปรับปรุงข้อมูลนี้ยังคงดำเนินการต่อไปเรื่อยๆ ในรอบต่อไป และสามารถหยุดกระบวนการได้โดยพิจารณาเงื่อนไขที่ค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range: IQR) ของกลุ่ม เมื่อไรก็ตามที่ค่า IQR ของกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.50 นั้นหมายความว่ากลุ่มผู้ชำนาญการได้ให้คำตอบที่เป็นเอกฉันท์แล้ว กระบวนการสามารถยุติได้ ณ ขณะดังกล่าวปัจจัย

อะไรก็ตามที่มีค่ามัธยฐาน (Median) ของกลุ่มน้อยกว่า 3.00 ถูกพิจารณาเป็นปัจจัยที่ไม่มีความสำคัญและถูกคัดออกจากกระบวนการ ส่วนปัจจัยอื่นที่มีค่ามัธยฐาน (Median) ของกลุ่มตั้งแต่ 3.00 ถูกพิจารณาเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญได้ให้นิยามปัจจัยเหล่านี้ว่ามีความสำคัญระดับปานกลางเป็นอย่างน้อยและปัจจัยเหล่านี้ก็ควรไปอยู่ในรายชื่อส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM ในที่สุด

กระบวนการ Delphi ที่แสดงดังภาพที่ 3.3 นั้นสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้;

- มาตรวัด 5 ระดับได้ถูกนำมาวัดระดับความสำคัญของปัจจัยพื้นฐาน TD และ C ที่ได้ถูกนำเสนอไว้เบื้องต้น

- ผลตอบสนองที่ได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) โดยอ้างอิงตามสมการที่ (3.1) (3.2) และ (3.3) ผลที่วิเคราะห์ได้เหล่านี้และข้อคิดเห็น (ถ้ามี) ถูกประกาศโดยผู้ดำเนินรายการให้ผู้ที่ร่วมให้ข้อมูลรับทราบเมื่อจบขั้นตอนในแต่ละรอบ (หรือก่อนเริ่มต้นในแต่ละรอบ)

- ค่า IQR ของกลุ่มในแต่ละปัจจัยนั้นต้องมีค่า ≤ 1.5 เพื่อที่ได้คำตอบที่เป็นเอกฉันท์ของกลุ่ม ถ้าไม่เป็นเช่นนั้น ก็ต้องมีการเก็บข้อมูลในรอบต่อไปอีก

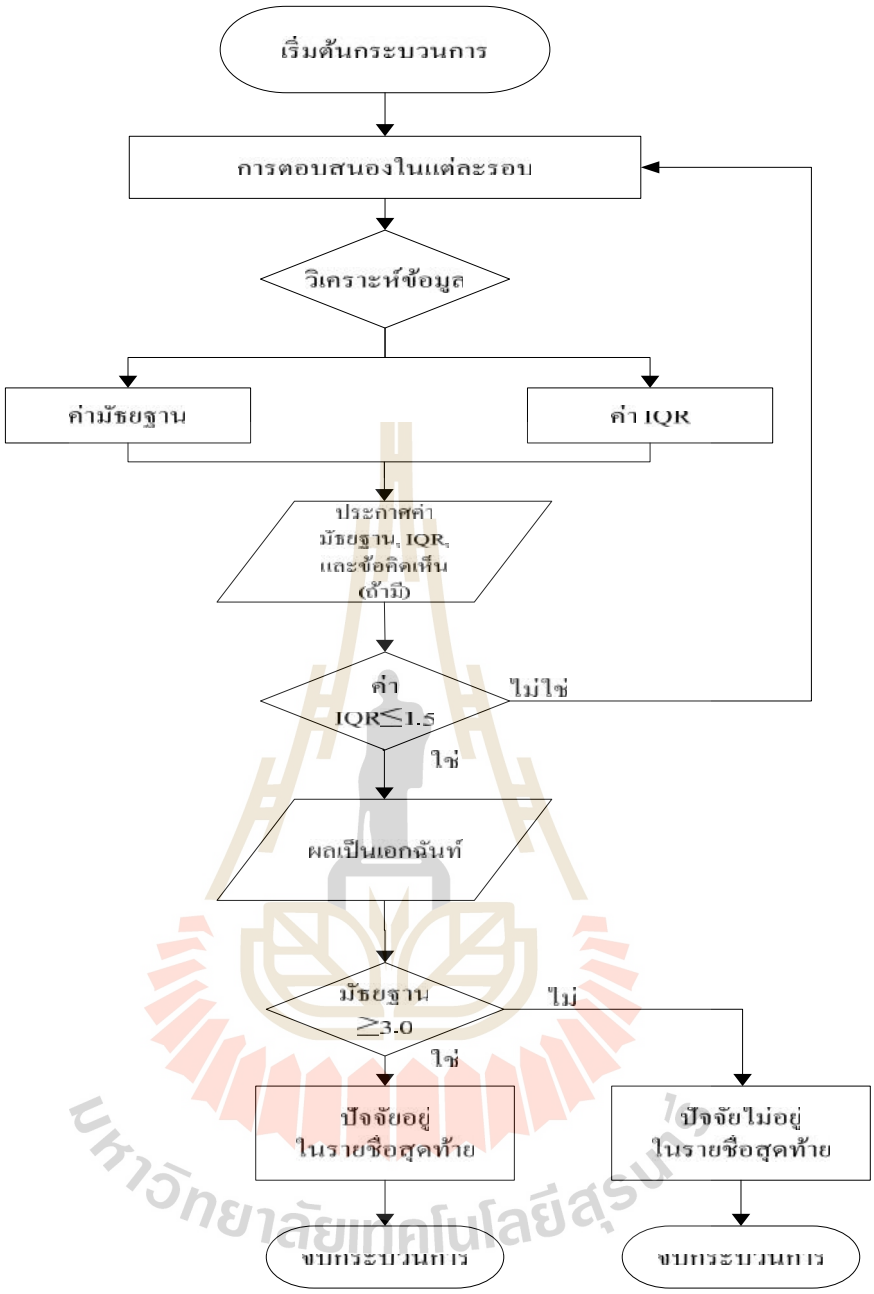
- หลังจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลได้คำตอบที่เป็นเอกฉันท์แล้ว ค่ามัธยฐานของกลุ่มจะถูกพิจารณา โดยปัจจัยใดที่มีค่าค่ามัธยฐานของกลุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 3.0 ถูกยกเป็นปัจจัยที่จะอยู่ในรายชื่อสุดท้าย ส่วนที่เหลือจะถูกคัดออกเนื่องจากแสดงให้เห็นว่าเป็นปัจจัยที่ไม่ได้มีความสำคัญพอที่จะเป็นส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM

ค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) จะถูกคำนวนตามสมการดังต่อไปนี้ (Ott and Longnecker, 2008):

ค่ามัธยฐาน (Median)

$$\text{Median} = L + w(0.5n - cfb)/fm \qquad (3.1)$$

โดย; L = ขีดจำกัดล่างในชั้นที่มัธยฐานอยู่



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการคัดปัจจัยโดยกระบวนการ Delphi

n = ความถี่ของข้อมูลทั้งหมด

cfb = ความถี่สะสมก่อนชั้นที่มัธยฐานอยู่

fm = ความถี่ของชั้นที่มัธยฐานอยู่

w = ความกว้างของอันตรภาคชั้น

ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range: IQR)

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (3.2)$$

Q_1, Q_3 คำนวณโดย;

$$Q_i = L_{Qi} + ((n * i)/4 - cfb)w/f_{Qi} \quad (3.3)$$

โดย; i = ควอร์ไทล์ที่ i^{th}

L_{Qi} = ขีดจำกัดล่างที่แท้จริงของชั้นที่มีควอร์ไทล์ i^{th}

n = ความถี่ของข้อมูลทั้งหมด

cfb = ความถี่สะสมก่อนชั้นที่ควอร์ไทล์ i^{th} อยู่

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

w = ความกว้างของอันตรภาคชั้น

3.5.3 กระบวนการให้น้ำหนักปัจจัยโดยเทคนิค AHP

คณะผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างจำนวน 9 ท่านได้มาเข้าร่วมให้ข้อมูลในกระบวนการ AHP ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับที่ให้ข้อมูลในกระบวนการ Delphi ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในวิธีการ AHP ได้ถูกวิเคราะห์ตาม 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย (Pair-wise Comparison) การคำนวณหาน้ำหนักปัจจัย (Relative Weight Computation) และการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio Calculation) รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนการเปรียบเทียบรายคู่ปัจจัย (Pair-wise Comparison) เป็นกระบวนการแรกของขั้นตอน AHP โดยปัจจัยทุกตัวในแต่ละลำดับขั้นจะถูกเปรียบเทียบกัน โดยเรียงปัจจัยทั้งในแนวตั้ง (Column) และแนวนอน (Row) เพื่อสร้างเป็นตารางเมตริกซ์เพื่อเปรียบเทียบ (Comparison Matrix) ปัจจัยแต่ละตัวจะถูกจับคู่เพื่อเปรียบเทียบกัน ในระหว่างขั้นตอนการเปรียบเทียบนี้ ผู้ให้ข้อมูลต้องตอบคำถาม 2 คำถามดังต่อไปนี้ 1) ปัจจัยตัวไหนในสองตัวนี้ที่มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อปัจจัยที่อยู่ในลำดับขั้นที่เหนือขึ้นไป และ 2) ระดับความแตกต่างกันของสองปัจจัยที่เปรียบเทียบกันมีค่าต่างกันมากแค่ไหนในด้านความสำคัญนี้ ระดับความสำคัญในรูปของคำพูดนี้ถูกแปลค่าเป็นมาตรวัด 1-9 ตามมาตรวัดของ AHP (เช่น 1 = ความสำคัญเท่ากัน 3 = สำคัญกว่าปานกลาง 5 = สำคัญกว่ามาก 7 = สำคัญกว่ามากที่สุด และ 9 = สำคัญกว่าสูงที่สุด) ทำการเปรียบเทียบให้ครบทุกคู่ในแต่ละลำดับขั้น ค่าจำนวนเต็มที่ได้ในตารางเปรียบเทียบเมตริกซ์ที่มีค่าสูงกว่า 1 นั่นแปลว่าปัจจัยที่อยู่ในแนวนอนมีระดับความสำคัญมากกว่าปัจจัยในแนวตั้ง

ในขั้นตอนที่สองเป็นการคำนวณหาน้ำหนักปัจจัย (Relative Weight Computation) หลักการสำคัญของ Saaty ระบุค่าค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) ของตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบ (Comparison Matrix) จะเป็นตัวแทนน้ำหนักความสำคัญที่ได้จากการจับคู่เปรียบเทียบกันของปัจจัย การคำนวณค่าไอเกนเวกเตอร์ ($\vec{w}$) มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่ Saaty (1980) กล่าวว่าวิธี Average of Normalized Columns (ANC) เป็นวิธีที่มีความถูกต้องสูง ค่า w_i คือน้ำหนักของปัจจัยที่อยู่ใน Row i และเป็นส่วนประกอบของค่าไอเกนเวกเตอร์ ($\vec{w}$) สำหรับตารางเมเตริกซ์ $n \times n$ ซึ่งเป็นส่วนกลับการคำนวณค่า ANC สำหรับ w_i แสดงดังสมการ (3.4)

$$w_i = (\sum_{j=1}^{n} a_{ij})/n \quad (3.4)$$

โดย: a_{ij} = ส่วนประกอบที่อยู่ใน Row i และ Column j ของ Normalized-column Matrix

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างตาราง Comparison Matrix และตาราง Comparison Matrix โดยอ้างถึง “Task Demand”

Comparison	**TF**	**EF**	**WF**	**Normalized-Column**	**TF**	**EF**	**WF**	**Row sum**	**Eigen vector**
TF	1.00	1/3	5.00	TF	0.24	0.23	0.38	0.85	**0.283**
EF	3.00	1.00	7.00	EF	0.71	0.68	0.54	1.93	**0.643**
WF	1/5	1/7	1.00	WF	0.05	0.10	0.08	0.22	**0.074**
Column sum	4.20	1.48	13.00	Column sum	1.00	1.00	1.00	3.00	1.000
Eigenvalue (λmax)								=	3.0655
Consistency Index (CI)								=	0.0328
Ramdom Index (RI)								=	0.5800
Consistency Ratio (CR)								=	0.0565

ในขั้นตอนที่สาม เป็นการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio: CR) โดย CR เป็นมาตรวัดสำหรับควบคุมความสมเหตุสมผลของการจับคู่เปรียบเทียบ (Shapira and Simcha,

2009) Saaty (1980) ได้เสนอสูตรสำหรับการคำนาณค่า CR โดยค่า CR ที่คำนวณได้นั้นไม่ควรเกิน 0.10 มิฉะนั้นต้องมีการจับคู่เปรียบเทียบหรือจัดลำดับขั้นของโครงสร้างใหม่ ค่า CR ที่ผ่านการยอมรับ (ผ่านเกณฑ์) นั้นไม่ได้การันตีว่าค่าน้ำหนักที่ได้นั้นถูกต้อง แต่เป็นช่วยยืนยันว่าในระหว่างกระบวนเปรียบเทียบข้อมูลนั้นไม่ได้มีข้อขัดแย้งกันเกิดขึ้น หรือผลที่ได้นั้นไม่ได้เกิดจากการสุ่มเดาให้ข้อมูลมา

ในตารางที่ 3.4 นั้นได้แสดงตัวอย่างกระบวนการเปรียบเทียบรายคู่ การคำนวณหาน้ำหนักปัจจัย และการตรวจสอบความสมเหตุสมผล โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังต่อไปนี้

มีปัจจัยที่ใช้เปรียบเทียบอยู่สามปัจจัยโดยอ้างถึงความต้องการของงาน “Task Demand” สามปัจจัยที่ใช้เปรียบเทียบได้แก่ TF = ปัจจัยงาน (Task Factor) EF = ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factor) และ WF = ปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factor) ตารางเมตริกซ์ 3 คูณ 3 ได้ถูกสร้างขึ้นและมีชุดการเปรียบเทียบอยู่สามชุด ค่าที่อยู่ในแนวทะแยงของเมตริกซ์จะมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ เราต้องเติมค่าเฉพาะชุดที่อยู่เหนือแนวทะแยงซึ่งเป็นรูปเมตริกซ์สามเหลี่ยมเท่านั้น โดยชุดเมตริกซ์สามเหลี่ยมนั้นต้องพิจารณาให้ค่าตามผลที่ได้ตัดสินใจจากการจับคู่เปรียบเทียบ โดยยึดปัจจัยด้านซ้ายมือของแนวทะแยง 1 เป็นหลัก ในส่วนการเติมค่าของเมตริกซ์สามเหลี่ยมด้านล่างแนวทะแยงก็ใช้เพียงส่วนกลับของค่าที่ได้จากเมตริกซ์สามเหลี่ยมด้านบนแนวทะแยงนั้นเอง ตัวอย่างเช่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อม (EF) และปัจจัยบริบทของงาน (WF) โดยได้ค่า (EF/WF) เท่ากับ 7 นั้นหมายความว่า EF มีอิทธิพลกับ Task Demand มากกว่า WF ในระดับสำคัญกว่ามากที่สุด และยังตีความได้อีกว่า WF/EF นั้นมีค่า 1/7 ดำเนินการเปรียบเทียบให้ครบทั้งสามคู่แล้วรวมผลในแนวตั้งลงมาเพื่อที่จะได้เมตริกซ์เปรียบเทียบ (Comparison Matrix)

ในแต่ละส่วนประกอบของเมตริกซ์จะถูกหารโดยผลรวมของแนวตั้งเพื่อที่เราจะได้ Normalized-column Matrix โดยผลรวมในแนวตั้งแต่ละ Column จะเท่ากับ 1 น้ำหนักของแต่ละปัจจัยจะถูกแสดงดั่งค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.4) ซึ่งหมายถึงการรวามผลของค่าแนวนอน (Row) ของ (Normalized Column Matrix) หารด้วยจำนวนปัจจัยที่เปรียบเทียบ ดังนั้น น้ำหนักปัจจัยของ TF, EF, and WF เมื่ออ้างถึงความต้องการของงาน (Task Demand) เท่ากับ 0.283, 0.643, และ 0.074 ตามลำดับ

3.5.4 ผลที่ได้จากกระบวนการ Delphi และ AHP

หลังจากทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ตามกระบวนการที่นำเสนอ ผลที่ได้สามารถแยกเป็นสองส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

(1) ผลการคัดปัจจัยโดยกระบวนการ Delphi

ในขั้นตอนการเก็บข้อมูล คำนิยามของปัจจัยพื้นฐานที่นำเสนอไว้เบื้องต้นทั้ง 35 ปัจจัยนั้นได้ถูกอธิบายอย่างละเอียดแก่คณะผู้ให้ข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ได้ถูกถามให้ระดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้มาตรวัด 5 ระดับ กระบวนการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ได้เสร็จสิ้นภายใน 2 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 ผลการคัดปัจจัยด้านความต้องการของงานโดยกระบวนการ Delphi และผลของน้ำหนักปัจจัยโดยกระบานการ AHP

		Delphi				**AHP**
กลุ่มปัจจัย	**ปัจจัย**	**รอบที่ 1**		**รอบที่ 2**		**น้ำหนัก**
		Median	**IQR**	**Median**	**IQR**	
ปัจจัยงาน (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%
ปัจจัยสภาพแวดล้อม (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%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 ผลการคัดปัจจัยด้านความต้องการของงานโดยกระบวนการ Delphi และผลของน้ำหนักปัจจัยโดยกระบานการ AHP (ต่อ)

กลุ่มปัจจัย		ปัจจัย	Delphi				AHP
			รอบที่ 1		รอบที่ 2		น้ำหนัก
			Median	IQR	Median	IQR	
ปัจจัยบริบทของงาน (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%

ปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) ในรอบแรกนั้นค่ามัธยฐานของกลุ่มของทุกปัจจัยนั้นมีค่ามากกว่า 2.0 ส่วนค่า IQR นั้นมีอยู่ 8 ปัจจัยที่มีค่ามากกว่า 1.50 ซึ่งนั้นหมายความว่าความเป็นเอกฉันท์ของกลุ่มนั้นยังไม่สำเร็จ จึงต้องมีการเก็บข้อมูลต่อในรอบที่ 2 โดยในรอบที่ 2 นั้น ค่ามัธยฐานของกลุ่มของปัจจัยทั้ง 23 ตัวนั้นมีค่าสูงกว่า 3.0 และขณะเดียวกันค่า IQR ทุกตัวก็มีค่าต่ำกว่า 1.50 ทำให้ได้รับความเป็นเอกฉันท์ของกลุ่มในการให้ข้อมูลสำหรับปัจจัยในด้าน TD และกระบวนการก็สามารถเสร็จสิ้นในรอบที่ 2 นั่นเอง ผลลัพธ์ที่ได้สุดท้ายพบว่าไม่มีปัจจัยใดเลยจาก 23 ปัจจัย (TD1-TD23) ที่นำเสนอไว้เบื้องต้นที่ถูกคัดออก โดยปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงสุด ได้แก่ ปัจจัย TD2-การขนสงวัสดุ มีค่าเท่ากับ 4.75 ส่วนปัจจัยที่ค่ามัธยฐานของกลุ่มต่ำที่สุดมี 2 ตัวด้วยก้น ได้แก่ปัจจัย TD16-สวัสดิการในโครงการ และ TD21-การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน โดยทั้งสองมีค่ามัธยฐานของกลุ่มเท่ากับ 3.00

สำหรับปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) ในรอบแรกของกระบวนการพบว่าค่ามัธยฐานของกลุ่มในแต่ละปัจจัยนั้นสูงกว่า 3.0 แต่ว่ามีปัจจัยอยู่ 3 ตัวที่ยังคงมีค่า IQR สูงกว่า 1.50 ซึ่งนั้นหมายความว่าความเป็นเอกฉันท์ของกลุ่มนั้นยังไม่ประสบความสำเร็จจึงต้องมีกระบวนการเก็บข้อมูลในรอบถัดไป ในรอบที่สองนี้ค่า IQR ของทุกปัจจัยอยู่ต่ำกว่า 1.50 ทำให้ถึงจุดที่เป็นเอกฉันท์ของกลุ่มและสามารถจบกระบวนการเก็บข้อมูลไว้ในรอบนี้ โดยทุกปัจจัยในรอบที่สองนี้มีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงกว่า 3.0 ทุกตัว ผลสรุปสุดท้ายนั้นก็แสดงให้เห็นทั้ง 12 ปัจจัย (C1-C12) ในด้านความสามารถในการทำงานที่ได้ถูกนำเสนอไว้เบื้องต้นนั้นไม่มีปัจจัยใดที่ถูกคัดออกเลยโดยทุกปัจจัยมีค่ามัธยฐานของกลุ่มนั้นเกิน 3.0 ทุกตัว ปัจจัย C2-การฝึกอบรมในงานที่ทำ เป็น

ปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มสูงที่สุดด้วยค่าเท่ากับ 4.40 ส่วนปัจจัยที่มีค่ามัธยฐานของกลุ่มต่ำที่สุดมี 3 ตัวด้วยกันได้แก่ C4-การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล C8-การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน และ C9-ความตั้งใจในการทำงาน โดยทั้งสามปัจจัยมีค่ามัธยฐานของกลุ่มเท่ากับ 3.40

สำหรับผลการคัดปัจจัยทั้งด้าน TD และ C ในกระบวนการ Delphi นั้น ทั้งสองกลุ่มปัจจัยใช้กระบวนการเก็บข้อมูลจากผู้ชำนาญความปลอดภัยงานก่อสร้างอาคารสูงจำนวน 2 รอบเท่านั้นในการบรรลุค่า IQR ต่ำกว่า 1.5 โดยปราศจากข้อคิดเห็นใดๆ ทำให้แสดงเห็นถึงความเป็นเอกฉันท์ในกลุ่มผู้ชำนาญการเหล่านี้ ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านที่กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วกระบวนการ Delphi ใช้จำนวนรอบการเก็บข้อมูลประมาณ 2-3 รอบก็เพียงพอต่อการระบุผลลัพธ์ที่ได้ (Raheem and Issa, 2016; Shapira and Simcha, 2009; Ludwig, 1997)

ตารางที่ 3.6 ผลการคัดปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานโดยกระบวนการ Delphi และผลของน้ำหนักปัจจัยโดยกระบานการ AHP

		Delphi				**AHP**
กลุ่มปัจจัย	**ปัจจัย**	**รอบที่ 1**		**รอบที่ 2**		**น้ำหนัก**
		Median	**IQR**	**Median**	**IQR**	
ปัจจัยสมรรถนะ (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%
ปัจจัยด้านมนุษย์ (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%
ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors) 22%	C9	3.13	1.19	3.40	0.99	11%
	C10	4.00	2.02	4.00	1.50	11%
ปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) 21%	C11	3.80	1.00	3.86	0.64	9%
	C12	3.88	1.69	4.10	0.80	12%

ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าทั้ง 35 ปัจจัยทั้งในด้าน TD และด้าน C ที่ได้นำเสนอเข้าไปนั้นไม่มีปัจจัยใดเลยที่ถูกคัดออก เหตุผลที่ทำให้ปัจจัยเหล่านี้ไม่ถูกคัดออกเนื่องจากการที่ได้มีการคัดสรรปัจจัยเหล่านี้อย่างละเอียดรอบคอบจากงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพร้อมกับผลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นโดยผู้วิจัยเองในโครงการก่อสร้างอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร ซึ่งการศึกษาเบื้องต้นดังกล่าวทำให้ได้แบบสอบถามมีการพัฒนาบนพื้นฐานการใช้งานได้จริงและพิสูจน์ได้จากผลลัพธ์ที่ได้ของกระบวนการ Delphi นี้

(2) ผลการให้น้ำหนักปัจจัยโดยกระบวนการ AHP

กระบวนการ AHP ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาน้ำหนักของทั้ง 35 ปัจจัยที่ได้ถูกคัดเลือกผ่านกระบวนการ Delphi เข้ามา กระบวนการ AHP ช่วยให้สามารถประมาณระดับความสำคัญในแต่ละปัจจัยและยังช่วยทำให้เห็นผลกระทบของปัจจัยแต่ละตัวที่มีผลต่อแบบจำลองที่นำเสนอ คณะผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการนี้ก็เป็นชุดเดียวกันในกระบวนการ Delphi โดยผู้ชำนาญการเหล่านี้ได้ถูกถามให้เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรายคู่ในสเกล 1-9 ผลลัพธ์ที่ได้ที่ผ่านการกระบวนการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นดังตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6

สำหรับน้ำหนักปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) ที่มีน้ำหนักสูงสุด 3 อันดับแรกประกอบไปด้วย:

TD17-ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม (Societal and Environmental Impact Awareness Factor) โดยมีน้ำหนักของปัจจัยอยู่ที่ 10% โดยคณะผู้เชี่ยวชาญได้ชี้แจงว่าปัจจุบันนี้โครงการก่อสร้างอาคารสูงนั้นต้องมีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) ก่อนเริ่มโครงการได้ ซึ่งมันส่งผลทำให้ความต้องการของงาน (TD) นั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และที่มากไปกว่านั้นก็คือบางกิจกรรรมในระหว่างการก่อสร้างได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่น หรือเสียงรบกวนแก่ประชาชนที่อาศัยใกล้เคียงโครงการก่อสร้าง ผลกระทบเหล่านี้ทำให้โครงการมีความยากในการปฏิบัติงานขึ้นไปอีก และเมื่ออ้างอิงงานวิจัยของ Rajendran, Gambatese, and Behm (2009) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบของการออกแบบอาคารบนพื้นฐานอาคารเขียวและกระบวนการก่อสร้างบนพื้นฐานความปลอดภัยและสุขภาพของคนงาน โดยผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าไม่ได้มีความแตกต่างกันสำหรับอาคารเขียวกับอาคารปกติในมุมมองของประสิทธิภาพความปลอดภัยและยังสร้างคำถามขึ้นมาว่าอาคารที่ได้รับการระบุว่าเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบโดยเน้นสิ่งแวดล้อมและพลังงาน (Leadership in Energy and Environmental Design: LEED) นี้ควรเป็นอาคารแบบยั่งยืนหรือไม่

TD9-วิธีการก่อสร้าง (Construction Methods Factor) ได้ถูกตระหนักว่าสามารถเพิ่ม TD ได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่น วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในพื้นที่อับอากาศนั้น

สามารถเพิ่ม TD หรือทำให้งานนั้นยากต่อการปฏิบัติงาน โดยปัจจัยนี้ได้รับน้ำหนักปัจจัยอยู่ที่ 8% ซึ่งผลที่ได้ก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ Everett (1999) ที่ได้เน้นย้ำว่าการบาดเจ็บจากการออกแรงเกินกำหนดในงานก่อสร้างนั้นมีสาเหตุมาจากการกำหนดวิธีการทำงานและกำหนดเครื่องมือที่ใช้นั่นเอง

TD14-ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และสุขาภิบาล(Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation Factor) ซึ่งมีน้ำหนักปัจจัยอยู่ที่ 8% การที่สภาพแวดล้อมในการทำงานมีลักษณะไม่สะอาดไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยนั้นส่งผลทำให้เกิดความเสี่ยงแก่คนงานที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ ผลดังกล่าวก็ยิ่งได้ช่วยสนับสนุนผลการศึกษาที่ได้ของ Sawacha, Naoum, and Fong, (1999) ที่พบว่าการมีระเบียบเรียบร้อยและการออกแบบไซท์เลย์เอาท์ที่ดีช่วยส่งผลทำให้เกิดประสิทธิภาพความปลอดภัยที่ดีขึ้น

ในส่วนปัจจัยที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดในด้าน TD นั้นได้แก่ ปัจจัย TD11-ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์ (Finishing-Work Quality Factor) โดยมีน้ำหนักปัจจัยเท่ากับ 2% โดยคณะผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำว่าโครงการก่อสร้างอาคารสูงในปัจจุบันนี้โดยส่วนมากเป็นโครงการที่พักอาศัยซึ่งมีการแข่งขันกันสูงมาก มาตรฐานคุณภาพของงานที่เสร็จสมบูรณ์ จึงไม่ต่างกันมากนัก ปัจจัยดังกล่าวจึงไม่ส่งผลต่อ TD มากนัก

สำหรับน้ำหนักของปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (C) ปัจจัยที่ได้รับค่าน้ำหนักสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ C12-ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Communication Ability Factor) C10-ความไม่ประมาท (Safety Awareness Factor) และ C9-ความตั้งใจในการทำงาน (Work Attention Factor) โดยได้รับค่าน้ำหนักปัจจัย 12%, 11%, และ 11% ตามลำดับ ผู้เชี่ยวชาญระบุว่า C12-ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Communication Ability Factor) นั้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อ C ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่ค้นพบโดย Loushine, Hoonakker, Carayon, and Smith (2006) ที่สังเกตุเห็นว่าการติดต่อสื่อสารนั้นเป็นปัจจัยหลักลำดับที่สองที่ค้นพบบ่อยที่สุดในงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นว่าเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้มาตรการความปลอดภัยและคุณภาพในงานก่อสร้างประสบความสำเร็จ มากกว่านั้น ในโครงการก่อสร้างส่วนใหญ่แล้วใช้แรงงานคนงานต่างชาติในการทำงาน ยิ่งทำให้ความสามารถในการสื่อสารของโฟร์แมนยิ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการควบคุมแรงงานเหล่านี้ในการปฏิบัติงาน และขณะเดียวกัน ประสิทธิภาพในการสื่อสารนั้นยังช่วยส่งต่อคำสั่งและความรู้ของโฟร์แมนสู่คนงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย

ผู้เชี่ยวชาญยังชี้ประเด็นเกี่ยวกับเกี่ยวกับความสำคัญของปัจจัย C10-ความไม่ประมาท (Safety Awareness Factor) เป็นอย่างมาก เนื่องจากงานก่อสร้างเป็นงานที่มีความเสี่ยง

สูงและอันตราย คนงานต้องมีความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยและย้ำเตือนตัวเองตลอดเวลาพร้อมกับไม่ปฏิบัติตัวให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การที่คนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงยิ่งช่วยทำให้โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุที่สูงขึ้นอีก (Maiti, Chatterjee, and Bangdiwala, 2004) ความไม่ประมาทจึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำงานของคนงาน

C9-ความตั้งใจในการทำงาน (Work Attention Factor) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของคนงานค่อนข้างมากเนื่องจากความตั้งใจ/ความสนใจเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด การที่คนงานทำงานหลายงานในเวลาเดียวกัน มีการหยอกล้อ หรือไม่ให้ความสนใจ/ไม่ตั้งใจในงานส่งผลให้เกิดการลดลงของความสามารถในการทำงานของคนงาน ทฤษฎีของ Hinze (1996) ได้อธิบายว่าการที่คนงานให้ความสนใจในผลิตภาพของงานนั้นส่งผลให้เกิดการไม่สนใจในความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นและส่งผลต่อโอกาสในการประสบอุบัติเหตุที่มากขึ้น

ส่วนปัจจัยที่ได้น้ำหนักปัจจัยน้อยที่สุดในด้าน C คือปัจจัย C6 – ความหงุดหงิดของจิตใจ (Frustration Factor) ได้รับน้ำหนักปัจจัย 6% โดยผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาว่าความหงุดหงิดในระหว่างขณะปฏิบัติงานนั้นมีผลต่อความสามารถในการทำงานของคนงานไม่มากนัก

3.5.5 สรุปผลที่ได้จากศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM

จากการศึกษานี้ที่ได้ประยุกต์ใช้วิธี Delphi และ AHP เพื่อค้นหาปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) และความสามารถในการทำงาน (C) ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง คณะผู้ชำนาญการความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยได้ถูกคัดเลือกตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้จำนวน 9 ท่านเพื่อเข้าร่วมในการให้ข้อมูลในทั้ง 2 กระบวนการ เมื่อผ่านขั้นตอนของกระบวนการ Delphi จำนวน 2 รอบของการให้ข้อมูลก็ได้ความเป็นเอกฉันท์ท่ามกลางความคิดเห็นของคณะกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการระบุว่าทั้ง 35 ปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้เบื้องต้นนั้นไม่มีปัจจัยใดได้ถูกคัดออกเลย เนื่องจากได้รับค่ามัธยฐานในทุกปัจจัยเกิน 3.00 ซึ่งแสดงถึงความจำเป็นของทั้ง 35 ปัจจัยในการเป็นส่วนประกอบในแบบจำลอง CSEM โดยปัจจัยเหล่านี้สามารถวางเป็นมาตรฐานของโครงการก่อสร้างอาคารสูงโดยทั่วไปได้แต่สำหรับในมุมมองของโครงการก่อสร้างในลักษณะอื่นนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในปัจจัยเหล่านี้ ส่วนผลที่ได้จากกระบวนการ AHP ซึ่งแสดงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องน้ำหนักเหล่านี้แสดงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแบบจำลอง CSEM มากกว่านั้น น้ำหนักเหล่านี้ยังสามารถช่วยให้ผู้บริหารโครงการจัดการแผนงานหรือกลยุทธ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้จัดการโครงการก็สามารถจดจ่อกับปัจจัยเพียงบางตัวได้แทนที่จะต้องให้

ความสำคัญในทุกปัจจัยในการบริหารโครงการให้ประสบความสำเร็จอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

3.6 การทดลองใช้งานแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง

เมื่อได้ส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM ที่สมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปทดลองใช้งานจริงกับเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดกับคนงานจำนวน 100 เหตุการณ์ (1 เหตุการณ์ต่อคนงาน 1 คน) โดยทำการประเมินค่าระดับความต้องการของงาน (TD) และระดับความสามารถในการทำงาน (C) ของคนงาน ณ ขณะที่คนงานประสบอุบัติเหตุ โดยเป็นการสัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น จากนั้นคำนวณหาค่าความต่าง (Difference) ระหว่าง TD และ C แล้วทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงในหน่วยมูลค่าเงินเมื่อต้องหยุดงานจากการเกิดอุบัติเหตุ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการเส้นตรงในการพยากรณ์ระดับผลกระทบจากค่าความต่างดังกล่าว รายละเอียดของแบบสอบถามที่ใช้ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล และผลการศึกษาที่ได้มีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

3.6.1 แบบสอบถาม

ในการศึกษาการใช้งานแบบจำลอง CSEM นี้ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงกับคนงานก่อสร้าง เนื่องจากการใช้แบบสอบถามนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการสอบถามคนงานในเรื่องเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Fang, Chen, and Wong, 2006) โดยแบบสอบถามดังกล่าวแบ่งเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของโครงการ ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับรายละเอียดทั่วไปของโครงการที่คนงานทำงานแล้วประสบอุบัติเหตุจำนวน 10 คำถามด้วยกัน

ตอนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

- ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ ซึ่งประกอบไปด้วย ชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรติดต่อ สัญชาติ เชื้อชาติ ประสบการณ์การทำงาน อัตราค่าจ้าง ระยะเวลาที่ทำกับบริษัทปัจจุบัน ประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ

- ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ จะเป็นการบันทึกข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุโดยชี้แจงรายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุว่า เกิดเมื่อไร ใครทำอะไร งานอะไร ที่ไหน สภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ การบาดเจ็บ จำนวนวันที่ต้องหยุดงาน และรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

- ข้อมูลระดับความต้องการของงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ) เป็นคำถามแบบมาตรวัดระดับ 3 ระดับ คือ ต่ำ มีคะแนนเป็น 1 ปานกลาง มีคะแนนเป็น 2 และสูง มีคะแนนเป็น 3 อ้างอิงตามงานวิจัยของ Mitropoulos and Namboodiri (2011) โดยเป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านความต้องการของงานทั้ง 23 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยประกอบไปด้วยคำนิยามกำกับไว้อย่างชัดเจน

- ข้อมูลระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ) เป็นคำถามแบบมาตรวัดระดับ 3 ระดับ คือ ต่ำ มีคะแนนเป็น 1 ปานกลาง มีคะแนนเป็น 2 และสูง มีคะแนนเป็น 3 อ้างอิงตามงานวิจัยของ Mitropoulos and Namboodiri (2011) โดยเป็นคำถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานทั้ง 12 ปัจจัย แต่ละปัจจัยก็มีคำนิยามกำกับไว้อย่างชัดเจนเช่นกัน

สำหรับความเที่ยงตรงของแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลระดับความต้องการของงาน และระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ) ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรวัด 3 ระดับนั้น ผู้วิจัยได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้แนะนำเรื่องของสำนวน ภาษาและความตรงประเด็นของเนื้อหาของแบบสอบถามและรายการตรวจสอบในแต่ละข้อ แล้วผู้วิจัยเป็นผู้ปรับปรุงตามคำแนะนำ เพื่อเป็นการเพิ่มความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบสอบถามให้มากขึ้นด้วย (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

ในการเก็บข้อมูลนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์คนงานที่ประสบอุบัติเหตุด้วยตนเอง โดยสัมภาษณ์เป็นรายบุคล อธิบายคำถามให้แก่ผู้ให้ข้อมูลก่อนที่ทำการเก็บข้อมูล แต่ถ้าผู้ให้ข้อมูลมีคำถามต่างๆ ก็เปิดโอกาสให้ซักถามในระหว่างการเก็บข้อมูล โดยในช่วงคำถามเกี่ยวกับระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานนั้น คนงานต้องนึกย้อนถึงเหตุการณ์ที่ตนเองได้ประสบอุบัติเหตุ ผู้วิจัยได้คัดเอาเฉพาะคนงานที่มีประสบการณ์ประสบอุบัติเหตุในการทำงานในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และเป็นคนงานที่ประสบอุบัติเหตุโดยไม่ถึงกับเสียชีวิตเท่านั้น เนื่องจากต้องการสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้ประสบเหตุโดยตรงเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล

3.6.2 กระบวนการวิเคราะห์ผล

ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงจำนวน 100 เหตุการณ์ ค่าที่ได้ (1, 2, 3) ในแต่ละปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) จำนวน 23 ปัจจัยนั้นถูกคูณกับน้ำหนักที่ได้จากกระบวนการ AHP แล้วก็ได้ค่าระดับของความต้องการของงานในแต่ละเหตุการณ์ออกมา ส่วนในด้านความสามารถในการทำงาน (C) นั้นค่าที่ได้จากทั้ง 12 ปัจจัยถูกคูณเข้ากับน้ำหนักปัจจัยที่ได้จากกระบวนการ AHP เช่นกัน ทำให้ได้ค่าระดับความสามารถในการทำงานของแต่ละเหตุการณ์ออกมา นำค่าระดับความต้องการของงานและค่าระดับความสามารถในการทำงานไปลบกันตามสมการที่ (3.1) เพื่อได้ทราบค่าความต่าง (Difference) ระหว่าง TD และ C

โดยถ้าค่า TD = C แสดงว่า ณ ขณะที่คนงานประสบอุบัติเหตุนั้น งานที่ทำเป็นงานที่มีความสมดุลต่อความสามารถของคนงาน แต่ถ้า TD < C แสดงว่า ณ ขณะที่คนงานประสบอุบัติเหตุนั้น งานที่ทำเป็นงานที่ง่ายต่อความสามารถของคนงาน และสุดท้ายถ้า TD > C แสดงว่า ณ ขณะที่คนงานประสบอุบัติเหตุนั้น งานที่ทำเป็นงานที่ยากต่อความสามารถของคนงาน

ทำการเปรียบเทียบกับระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง โดยระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอระดับผลกระทบออกเป็น 5 ระดับด้วยกันโดยวัดระดับผลกระทบในรูปตัวเงิน คือเมื่อเกิดอุบัติเหตุแล้วคนงานที่ประสบอุบัติเหตุนั้นต้องหยุดงานเป็นจำนวนกี่วันก็คูณกับค่าจ้างต่อวันที่คนงานได้รับ ณ วันที่ประสบอุบัติเหตุ ดังตารางที่ 3.7 โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้ที่ให้ข้อมูลทุกคนเกี่ยวกับจำนวนวันที่ต้องหยุดงานจากการประสบอุบัติเหตุ ถ้าไม่มีการหยุดงานแต่มีการปฐมพยาบาลหรือมีการหยุดแจ้งเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ ผู้วิจัยถือว่ามีการหยุดงานครึ่งวัน ดังนั้นผลกระทบในรูปตัวเงินก็คือ 50% ของค่าแรงต่อวันที่ได้รับนั่นเอง

ตารางที่ 3.7 มาตรวัดระดับผลกระทบ (Impact Level Scale) ในการทดลองใช้งานแบบจำลอง

ระดับผลกระทบ	นิยามผลกระทบ	ผลกระทบในรูปตัวเงิน (บาท)
1	น้อยที่สุด	0 - 300
2	น้อย	301 - 1,000
3	ปานกลาง	1,001 - 10,000
4	มาก	10,001 - 1,000,000
5	มากที่สุด	มากกว่า 1,000,000

3.6.3 ผลที่ได้จากการทดลองใช้งานแบบจำลอง

ผลที่ได้จากการทดลองใช้งานแบบจำลองกับเหตุการณ์อุบัติเหตุจริง 100 เหตุการณ์ นั้นทำให้สามารถประเมินระดับความต้องการของงาน (TD) และระดับความสามารถในการทำงาน (C) ของคนงาน ณ ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุออกมาได้ทั้ง 100 เหตุการณ์ จากนั้นทำการหาค่าความต่าง (Difference) ระหว่าง TD และ C แล้วทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงในหน่วยมูลค่าเงิน (Cost) เมื่อต้องหยุดงานจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยสามารถแสดงผลได้ตามภาพที่ 3.4

จากผลที่ได้พบว่าหลักการของ CSEM ที่ระบุว่าอุบัติเหตุจะเกิดในช่วง TD > C (สภาวะความเสี่ยง), อุบัติเหตุจะไม่เกิดขึ้นเมื่อ TD < C (สภาวะปรับปรุงผลิตภาพ) และจะเกิดการสมดุลของความปลอดภัยเมื่อ TD = C (สภาวะสมดุล) แต่ผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบจำลองนั้นพบว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นำเสนอโดย Fuller (2005) ที่ระบุว่าความต้องการของงานสูงกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมและเกิดการปะทะของยานพาหนะได้ นั้นไม่อาจสามารถนำมาใช้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ต้องมีการปรับเปลี่ยนหลักการของแบบจำลองที่นำเสนอเข้ามาใหม่ มากกว่านั้น แบบสอบถามที่ใช้เก็บข้อมูลในครั้งนี้มีการวัดระดับความต้องการของงานและระดับความสามารถในการทำงานที่เป็นคำถามแบบมาตรวัดระดับ 3 ระดับ คือ ต่ำ (1) ปานกลาง (2) และสูง (3) นั้นอาจไม่พอเพียงสำหรับสะท้อนถึงความคิดของคนงานได้อย่างแท้จริง ควรต้องมีการปรับเปลี่ยนระดับการวัดดังกล่าวให้ละเอียดมากขึ้นอีก อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยเป็นหลัก (Choudhry and Fang, 2008; Hinze, 1996; Mitropoulos et al., 2009; Abdelhamid and Everett, 2000; Suraji, Duff, and Peckitt, 2001; Toole, 2002; Bohm and Harris, 2010) และการใช้ปัจจัยที่ได้จากมุมมองของหลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถอธิบายกลไกข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้ (Fang et al., 2016)

(2) การที่แบบจำลอง CSEM ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนี้พยายามทำนายระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยใช้ค่าความต่าง (Differnce) ของค่า TD และ C เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (Cost) (ดังภาพที่ 3.4) และเปรียบเทียบกับค่าระดับผลกระทบ (Impact Level) (ดังภาพที่ 3.5) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการทำนายระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยใช้ค่าความต่าง (Differnce) กับค่าระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่นำเสนอไว้ 5 ระดับผลกระทบนั้น ข้อมูลระดับผลกระทบดังกล่าวนั้นอาจต้องมีการจัดขอบเขตของค่าที่ใช้ในแต่ละระดับของผลกระทบขึ้นใหม่เพื่อให้เข้ากับการกระจายของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ส่วนการทำนายระดับผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยใช้ค่าความต่าง (Differnce) กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (Cost) พบว่าข้อมูลมีกระจายตัวที่ค่อนข้างมาก กระจัดกระจายและไม่มีทิศทางแนวโน้มที่แน่ชัดตลอดจนไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุได้ ซึ่งเป็นไปได้ที่การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ (Rasmussen, 1997) ซึ่งอาจสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบในแบบจำลองกับการเกิดอุบัติเหตุตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นอาจไม่ใช่ความสัมพันธ์ในรูปเส้นตรง แบบจำลองที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) ควรจะได้รับการพิจารณาสำหรับการพัฒนแบบจำลองในขั้นต่อไป

3.7 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์อยู่ 3 อย่างหลักๆ ประกอบไปด้วย 1) พัฒนาแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่มีหลักการพื้นฐานอยู่บนหลักพุทธิปัญญากับหลักการเกิด

อุบัติเหตุบนท้องถนน 2) ระบุส่วนประกอบที่สำคัญของปัจจัยที่ประกอบอยู่ในแบบจำลองที่นำเสนอ และ 3) ศึกษาผลการนำแบบจำลองที่นำเสนอไปใช้งานจริง ผลที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งสามารถสรุปประเด็นได้เป็น 3 ประเด็นดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในการก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model : CSEM) ที่นำเสนอนี้ เป็นการสังเคราะห์การศึกษาของ Rasmussen (1997) ที่อธิบายการทำงานของคนงานที่มีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่บนพื้นฐานหลักการของวิศวกรรมพุทธิปัญญา กับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของการศึกษาโดย Fuller (2005) ที่ระบุว่าอุบัติเหตุบนท้องถนนนั้นเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ (TD>C)โดยแบบจำลอง CSEM เป็นแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมการทำงานของคนงานเป็นรายบุคคลที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขข้อจำกัดของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานในแต่ละสถานการณ์ และที่สำคัญแบบจำลอง CSEM เป็นแบบจำลองที่แยกการพิจารณาประเด็นในเรื่องงาน และคนงานออกจากกันอย่างเป็นอิสระแล้วเพียงแค่ใช้หลักการการจับคู่งานให้เหมาะสมกับคนงาน อุบัติเหตุก็จะไม่เกิดและยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงาน ในส่วนของปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบของแบบจำลอง CSEM นี้ได้มีการพัฒนามาจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญาและผลจากการสำรวจเบื้องต้นโดยผู้วิจัยเอง ซึ่งสามารถช่วยยืนยันได้ว่าปัจจัยดังกล่าวนั้นเป็นส่วนประกอบของความต้องการทางกายภาพและความต้องการทางพุทธิปัญญา (Physical Demands and Cognitive Demands) มากไปกว่านั้นปัจจัยที่ถูกนำเสนอเหล่านี้ยังได้ถูกแสดงให้เห็นถึงศักยภาพว่าสามารถใช้วิเคราะห์เหตุการณ์อุบัติเหตุจริงบนหน้าข่าวหนังสือพิมพ์ได้ในหัวข้อวิเคราะห์อุบัติเหตุจริงโดยหลักการ CSEM แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นส่วนประกอบที่ถูกนำเสนอเหล่านี้ถูกยืนยันอีกครั้งในกระบวนการศึกษาปัจจัยและให้น้ำหนักของปัจจัยโดยกระบวนการ Delphi และ AHP

2) ผลจากการศึกษาที่ได้ประยุกต์ใช้วิธี Delphi และ AHP เพื่อค้นหาปัจจัยและน้ำหนักปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) และความสามารถในการทำงาน (C) ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างที่ประกอบอยู่ในแบบจำลอง CSEM โดยคณะผู้ชำนาญการความปลอดภัยในงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยจำนวน 9 ท่าน เมื่อผ่านขั้นตอนของกระบวนการ Delphi จำนวน 2 รอบของการให้ข้อมูลก็ได้ความเป็นเอกฉันท์ท่ามกลางความคิดเห็นของคณะกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการระบุว่าทั้ง 35 ปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้เบื้องต้นนั้นไม่มีปัจจัยใดถูกคัดออกเลย ปัจจัยเหล่านี้สามารถวางเป็นมาตรฐานของโครงการก่อสร้างอาคารสูงโดยทั่วไปได้ แต่สำหรับในมุมมองของโครงการก่อสร้างในลักษณะอื่นนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในปัจจัยเหล่านี้ ส่วนผลที่ได้จากกระบวนการ AHP ก็ได้แสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่

เกี่ยวข้อง น้ำหนักเหล่านี้แสดงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแบบจำลอง CSEM มากกว่านั้น น้ำหนักเหล่านี้ยังสามารถช่วยให้ผู้บริหารโครงการจัดการแผนงานหรือกลยุทย์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาน้ำหนักของปัจจัยในแต่ละตัวที่ได้ และผู้จัดการโครงการก็สามารถจดจ่อกับปัจจัยเพียงบางตัวได้แทนที่จะต้องให้ความสำคัญในทุกปัจจัยในการบริหารโครงการก่อสร้าง

3) ผลการนำแบบจำลอง CSEM ไปใช้กับเหตุการณ์อุบัติเหตุจริง 100 เหตุการณ์นั้นพบว่าหลักการ CSEM ที่ได้ประยุกต์หลักการพุทธิปัญญากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของ Fuller (2005) ที่ระบุว่าความต้องการของงานสูงกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมและเกิดการปะทะของยานพาหนะได้นั้นไม่อาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ ต้องมีการปรับเปลี่ยนหลักการของแบบจำลองที่นำเสนอเข้ามาใหม่ เพราะจากการศึกษาที่ได้ พบว่ามีเพียง 24 เหตุการณ์จาก 100 เหตุการณ์เท่านั้นที่อุบัติเหตุเกิดในช่วงที่ TD > C ส่วนที่เหลืออุบัติเหตุจะเกิดขึ้นเมื่อ TD < C อย่างไรก็ตาม ผลของข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาช่วยสนับสนุนให้เห็นว่าอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยเป็นสาเหตุหลัก และปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถช่วยอธิบายกลไกข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้ ในส่วนของความพยายามที่จะทำให้แบบจำลอง CSEM สามารถทำนายระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ค่าความต่าง (Differnce) ของค่า TD และ C เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (Cost) หรือเปรียบเทียบกับค่าระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่นำเสนอ ผลที่ได้พบว่าข้อมูลมีกระจายตัวที่ค่อนข้างมาก กระจัดกระจายและไม่มีทิศทางแนวโน้มที่แน่ชัดและไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นแบบจำลองที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) ควรได้รับการพิจารณาสำหรับการพัฒนาแบบจำลองในขั้นต่อไป

3.8 รายการอ้างอิง

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2552. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

Abdelhamid, T. S., and Everett, J. G. (2000). Identifying root causes of construction accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, 126(1): 52-60.

Bohm, J., and Harris, D. (2010). Risk perception and risk-taking behavior of construction site dumper drivers. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 16(1): 55-67.

Bureau of Labor Statistics. (2015). **Census of fatal occupational injuries (CFOI) – Current and Revised Data** [Online]. Available: https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0014.pdf

Choudhry, R. M., and Fang, D. (2008). Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites. **Safety Science**, 46(4): 566-584.

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. **Maritime Economics & Logistics**, 15(4): 416-443.

Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., and Gustafson, D. H. (1975). **Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes**. IL: Scott, Foresman Glenview.

Everett, J. (1999). Overexertion Injuries in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, 125(2): 109-114.

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.

Fang, D., Zhao, C., and Zhang, M. (2016). A cognitive model of construction workers' unsafe behaviors. **Journal of Construction Engineering and Management**, 142(9): 04016039.

Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. **Accident Analysis & Prevention**, 37(3): 461-472.

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.

Health and Safety Executive. (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system. **Contract Research Report 430/2002.** Suffolk (UK): Sudbury

Hinze, J. (1996). The distraction theory of accident causation. **Paper presented at the in Proceedings of the International Conference On Implementation of Safety and Health on Construction Sites**, Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

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.

Kaila, H. L. (2011). Organizational cases on behaviour-based safety (BBS) in India. **The International Journal of Human Resource Management.** 22(10): 2135-2146.

Le Coze, J. C. (2015). Reflecting on Jens Rasmussen's legacy: A strong program for a hard problem. **Safety Science**, 71(0): 123-141.

Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, Layman, M., and Combs, B. (1978). Behaviour perceived frequency of low-probability lethal events. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, 26(4): 551-577.

Loughborough University and UMIST. (2003). **Causal factors in construction accidents RR 156**. Sudbury, Suffolk, UK: HSE Books

Loushine, T. W., Hoonakker, P. L. T., Carayon, P., and Smith, M. J. (2006). Quality and Safety Management in Construction. **Total Quality Management & Business Excellence**, 17(9): 1171-1212.

Ludwig, B. (1997). Predicting the future: Have you considered using the Delphi methodology. **Journal of Extension**, 35(5), 1-4.

Maiti, J., Chatterjee, S., and Bangdiwala, S. I. (2004). Determinants of work injuries in mines–an application of structural equation modelling. **Injury Control and Safety Promotion**, 11(1): 29-37.

Mitropoulos, P. T., and Cupido, G. (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): 265-275.

Mitropoulos, P., Abdelhamid, T. S., and Howell, G. A. (2005). Systems model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 131(7): 816-825.

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.

Mitropoulos, P., Cupido, G., and Namboodiri, M. (2009). Cognitive Approach to Construction Safety: Task Demand-Capability Model. **Journal of Construction Engineering and Management**, 135(9): 881-889.

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**, 14: 1-17.

Ott, R. L., and Longnecker, M. T. (2008). **An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis**: Cengage Learning.

Raheem, A. A., and 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, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**, 27(2): 183-213.

Reason, J. T. (1990). **Human error**. New York: Cambridge University Press.

Saaty, T. L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**: McGraw-Hill.

Saurin, T. A., Formoso, C. T., and Cambraia, F. B. (2008). An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective. **Safety Science**, 46(8): 1169-1183.

Sawacha, E., Naoum, S., and Fong, D. (1999). Factors affecting safety performance on construction sites. **International Journal of Project Management**, 17(5): 309-315.

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.

Social Security Office. (2015). **Record of occupational injuries classified by severity and type of firm on year 2015** [Online]. Available: http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook2558.pdf

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Somchainuck, O., Taneerananon, P., and Jaritngam, S. (2012). An in-depth investigation of roadside crashes on Thai National Highways. **Engineering Journal**, 17(2): 63-74.

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

Suraji, A., Duff, A. R., and Peckitt, S. J. (2001). Development of causal model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 127(4): 337-344.

Toole, T. M. (2002). Construction site safety roles. **Journal of Construction Engineering and Management**, 128(3): 203-210.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง

ในบทที่ 4 นี้ เป็นการนำเสนอแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างที่พัฒนาบนหลักการพื้นฐานของหลักพุทธิปัญญา โดยแบบจำลองดังกล่าวสามารถอธิบายกลไกของการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลอง 2 ตัวที่พัฒนาบนพื้นฐานการถดถอยแบบโลจิสติกและบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำเสนอเพื่อสร้างเป็นเครื่องมือช่วยในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จาก 2 วิธีดังกล่าวได้ถูกนำเสนอและอภิปราย รายละเอียดในแต่ละประเด็นมีดังต่อไปนี้

4.1 บทคัดย่อ

หลักการวิศวกรรมพุทธิปัญญาได้ชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างนั้นเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัวในด้านความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน โดย 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงานและ 12 ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานได้ถูกนำเสนอในแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Workers Behaviors Model: CWBM) ทั้ง 35 ปัจจัยนี้มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของคนงานและความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุ ในการศึกษานี้แบบจำลอง 2 ตัวที่พัฒนาบนพื้นฐานการถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic Regression: LR) และบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ได้ถูกนำเสนอเพื่อสร้างเป็นเครื่องมือช่วยในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองทั้งสองได้ถูกพัฒนาและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้โดยผ่านเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโครงการก่อสร้างจำนวน 120 เหตุการณ์ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (ANN-based Model) ที่มีโครงสร้าง 35-17-2 ได้ถูกเลือกให้เป็นแบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุด้วยความความแม่นยำที่ 90% ประสิทธิภาพของแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกแสดงให้เห็นในกระบวนการตรวจสอบแบบจำลอง (Verification Process) กับเหตุการณ์จริง 20 เหตุการณ์ ผลจากการศึกษาเชิงประจักษ์นี้ทำให้ช่วยเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการศึกษาเชิงลึกสำหรับปัจจัยทางด้านพุทธิปัญญาที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานของคนงาน และยังช่วยแนะนำเทคนิคการวิเคราะห์บนพื้นฐานแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรงให้กับผู้ที่สนใจได้พิจารณาอีกด้วย

4.2 บทนำ

จากสถิติที่ผ่านมาพบว่าการประสบอุบัติเหตุจากการทำงานจนเสียชีวิตในทุกๆ 6 ครั้งจะมี 1 ครั้งเกิดขึ้นในงานก่อสร้าง (International Labor Organization [ILO], 2005) ในแต่ละปีอุตสาหกรรมก่อสร้างทั่วโลกนั้นมียอดผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานประมาณ 60,000 คนต่อปี (ILO 2005) ซึ่งจำนวนดังกล่าวนั้นประมาณการได้ว่ามีการเสียชีวิตของคนงานก่อสร้าง 1 รายในทุกๆ 10 นาที อุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นมียอดผู้เสียชีวิตจำนวน 738 ราย จากยอดรวมผู้เสียชีวิตจากการทำงานในทุกอุตสาหกรรมจำนวน 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) สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศอินเดียนั้นมีค่า FAFR = 15.8 (Patel and Jha, 2015) ส่วนประเทศสิงคโปร์ในปี 2008 นั้น อุตสาหกรรมก่อสร้างได้มีผู้เสียชีวิตจากการทำงานเท่ากับ 6.9 รายต่อ 100,000 คนงานที่ถูกว่าจ้าง ซึ่งตัวเลขดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับตัวเลข 2.8 รายต่อ 100,000 คนงานที่ถูกว่าจ้างในทุกอุตสาหกรรมของประเทศสิงคโปร์ (Ministry of Manpower [MOM], 2008) ข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยอันเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและประเภทกิจการปี 2558 ของสำนักงานประกันสังคม (Social Security Office [SSO], 2015) พบว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการประสบอันตรายอยู่ในอันดับที่ 3 รองจากอุตสาหกรรมการขนส่งและการค้าด้วยยอดผู้เสียชีวิต 87 ราย จากจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 590 ราย และมากกว่านั้น อุบัติเหตุและการเจ็บป่วยในการทำงานที่เป็นผลจากงานก่อสร้างนี้ทำให้เกิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 4% ของค่า GDP ของโลก (ILO, 2005) ถึงแม้มีการพัฒนาและปรับปรุงและคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในเรื่องความปลอดภัยและประสิทธิภาพการทำงาน แต่ตัวเลขสถิติข้างต้นก็ยังคงทำให้เกิดความกังวลเกิดขึ้น เพราะตัวเลขดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างยังคงครองอันดับต้นๆ ของอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตจากการทำงานอยู่

ผลจากงานวิจัยของ Haslam, Hide, Gibb, Gyi, Pavitt, Atkinson, and Duff (2005) แสดงให้เห็นว่าสาเหตุที่เป็นปัจจัยหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดมาจากตัวคนงานและพฤติกรรมของคนงานในระหว่างที่ทำการปฏิบัติงานในหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบ รายงานการวิจัยของ Health and Safety Executives [HSE] (2002) ได้สรุปว่าพฤติกรรมของคนงานนั้นเป็นสาเหตุหลักประมาณ 80% ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น มากกว่านั้น Kaila (2011) พบว่า 80-95% ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องมาจากพฤติกรรมและการกระทำที่ไม่ปลอดภัย ผลการศึกษาของ Heinrich (1959) ก็ออกมา

คล้ายกันที่ว่า 88% ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย และอีก 10% มาจากสภาพที่ไม่ปลอดภัย งานวิจัย Gould and Joyce (2009) ชี้ว่าเป็นการยากในการระบุและป้องกันการกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนงาน ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขและปรับปรุงสภาพทางกายภาพของสถานที่ปฏิบัติงาน มากกว่านั้น คนงานจะประเมินความสามารถในการควบคุมหรือป้องกันอุบัติเหตุของตนเองสูงกว่าความเป็นจริง จึงทำให้เกิดการประเมินความเสี่ยงในการทำงานต่ำและมีพฤติกรรมที่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุโดยไม่เจตนา (Lichtenstein, Slovic, Fischhoff, Layman, and Combs, 1978) เห็นได้ชัดว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นต้องพยายามมุ่งเน้นไปที่การกำจัดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยเหล่านี้ออกไปให้มากที่สุด

เป็นเรื่องปกติที่คนงานปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานของตัวเองเนื่องจากแรงกดดันเรื่องการผลิตที่จะต้องการให้มีอัตราผลิตผลที่สูงขึ้นและขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการทำงานโดยใช้ความอุสาหะให้น้อยที่สุด Rasmussen (1997) ได้นำเสนอแบบจำลองซึ่งสามารถอธิบายถึงการที่คนงานนั้นมักจะเข้าไปใกล้ขอบเขตประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ตามหน้าที่ (Boundary of Functionally Acceptable Performance) โดยพฤติกรรมดังกล่าวนั้นเกิดจากแรงกดดันสองตัว โดยแรงกดดันตัวแรกก็คือแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ในเรื่องการผลิตที่ต้องการจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการใช้ความอุตสาหะให้น้อยที่สุด (Tendency for Least Effort) ซึ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระงานให้แก่คนงานทันที หลักการดังกล่าวนี้อยู่บนมุมมองของหลักการพุทธิปัญญาซึ่งให้ความสำคัญกับคุณลักษณะของระบบการทำงานที่ส่งผลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน และความเป็นไปได้ของข้อผิดพลาดตลอดจนความล้มเหลวต่างๆ ที่เกิดขึ้น (Fuller, 2005) อย่างไรก็ตามงานวิจัยด้านความปลอดภัยในงานก่อสร้างที่ผ่านมานั้นค่อนข้างไม่ได้ให้ความสนใจในเรื่องการอธิบายเกี่ยวกับคุณลักษณะของงานและความสามารถของคนงานที่ส่งผลต่อความเป็นไปได้ของการเกิดข้อผิดพลาดและความล้มเหลว

Mitropuolos and Cupido (2009) ได้นำเสนอแบบจำลองความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน (Task Demand-Capability Model) ซึ่งเชื่อมโยงงานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้างเข้ากับแบบจำลองพุทธิปัญญา โดยการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นว่าสาเหตุของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นถูกขึ้นรูปโดยพฤติกรรมของคนงาน ซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์แบบพลวัต (Dynamic Interaction) ระหว่างความสามารถของคนงานและความต้องการของงาน มากกว่านั้น Sooksil and Benjaoran (2017) ได้ทำการระบุ 23 ปัจจัยของความต้องการของงาน และ 12 ปัจจัยของความสามารถในการทำงานของคนงานพร้อมทั้งน้ำหนักของทั้ง 35 ปัจจัยสำหรับคนงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทย โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานของคนงานและสร้างพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยให้เกิดขึ้นและในที่สุดก็ส่งผลต่อความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุ ปัจจัย

ที่ได้เหล่านี้อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการพุทธิปัญญาซึ่งสะท้อนการกระทำของจิตในของความคิดในมนุษย์ (Mental Actions of Human Thinking) แต่กระนั้น โอกาสในการศึกษาวิจัยก็ได้เปิดเผยให้เห็นเพราะความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 35 ปัจจัยดังกล่าวกับการเกิดอุบัติเหตุนั้นยังไม่ได้ถูกศึกษามากกว่านั้น การที่สามารถสร้างแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดการเติมเต็มของช่องว่างในงานวิจัยให้สมบูรณ์ขึ้นอีก

การพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยทำนายการเกิดอุบัติเหตุนั้นยังขาดการให้ความสนใจ เครื่องมือช่วยทำนายอุบัติเหตุเหล่านี้สามารถเป็นตัวช่วยในการระบุเบื้องต้นหรือเป็นเครื่องแสดงเหตุล่วงหน้าสำหรับงานวิจัยความปลอดภัยในงานก่อสร้าง โดยความเป็นจริงแล้วในช่วงทศวรรตที่ผ่านมานั้นหัวข้องานวิจัยในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้างนั้นค่อนข้างกว้างและหลากหลาย (Zhou, Goh, and Li, 2015) การศึกษาการประเมินอุบัติเหตุนั้นส่วนมากเน้นในเรื่องการพัฒนาตัวชี้วัด มาตรวัดหรือเครื่องมือวัดปริมาณความปลอดภัยในการทำงานและความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Sousa, Almeida, and Dias, 2014) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาเครื่องมือที่ช่วยในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุเพื่อเติมช่องว่างงานวิจัยดังกล่าว

การที่ต้องจัดการกับกระทำของจิตในของความคิดในมนุษย์ (Mental Actions of Human Thinking) นั้นดูเหมือนเป็นเรื่องที่ซับซ้อน การประยุกต์ใช้แบบจำลองเหมือนที่ผ่านมาในรูปแบบทั่วไปแล้วไม่สามารถปฏิบัติได้หรือเป็นไปได้ การจำลองความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เส้นตรงสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์เยี่ยงนี้ได้ เพราะแบบจำลองลักษณะดังกล่าวค่อนข้างมีประสิทธิภาพเมื่อต้องจำลองสถานการณ์ที่ใหม่หรือสลับซับซ้อนและลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ไม่อาจคาดการณ์ได้ ดังนั้น เพื่อที่จะประยุกต์ใช้วิธีการให้เหมาะกับคุณลักษณะดังกล่าว เทคนิคการถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic Regression: LR) และเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ได้ถูกนำเสนอเข้ามาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้จึงประกอบด้วย (1) พัฒนาแบบจำลองการทำนายอุบัติเหตุบนพื้นฐานเทคนิค LR และเทคนิค ANN และ (2) ประเมินประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างทั้งสองเทคนิค

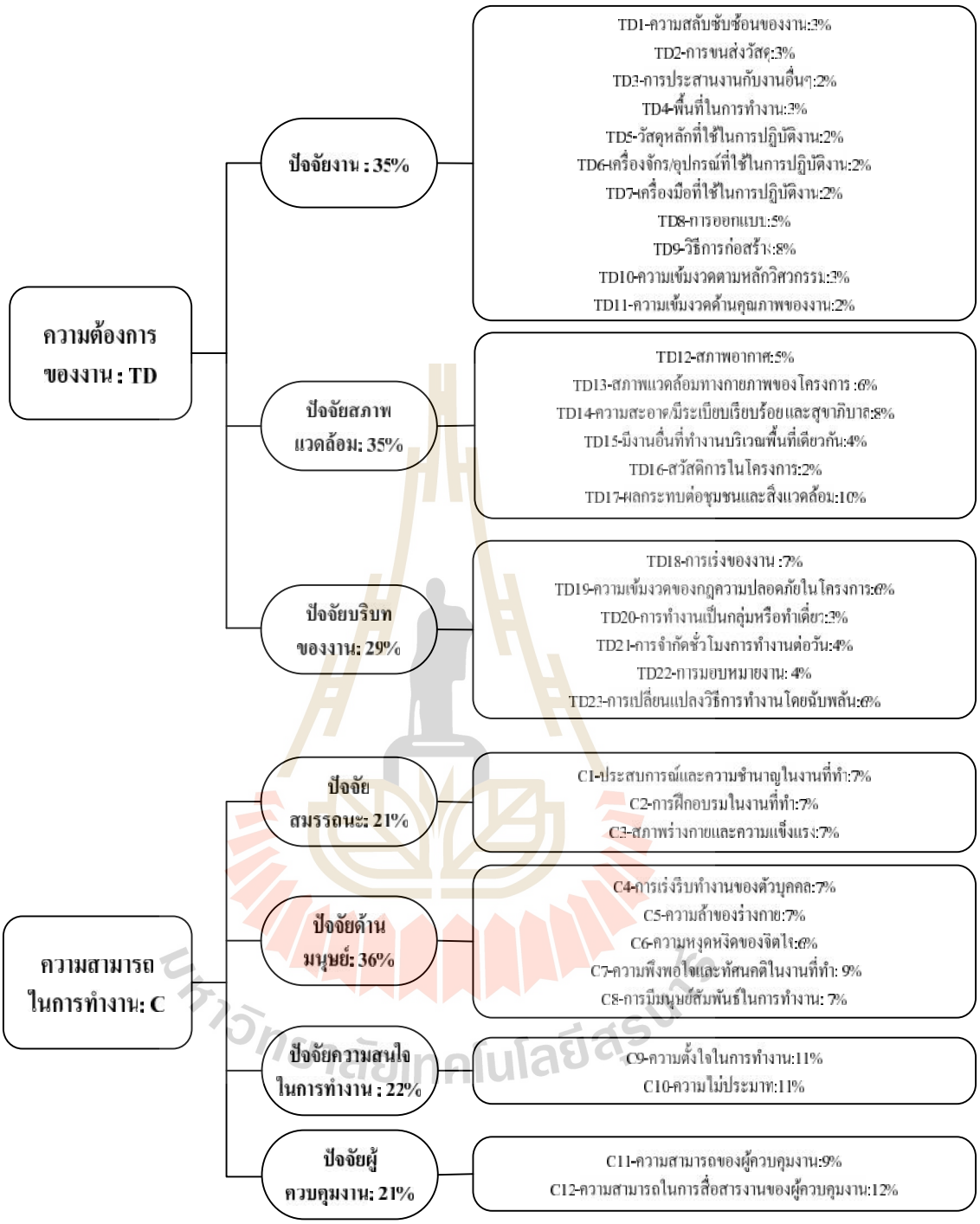
4.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 2 ที่แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนั้นเป็นสาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง การใช้มุมมองของหลักการพุทธิปัญญาสามารถอธิบายอธิบายกลไกการเกิดขึ้นของพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยและการ

เกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพยายามสร้างการอธิบายที่เป็นระบบเกี่ยวกับกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง โดยพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Constrcution Workers Behaviors Model: CWBM) ขึ้นมาบนพื้นฐานของหลักการพุทธิปัญญา ส่วนประกอบที่สำคัญและกลไกของแบบจำลองถูกอธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

4.3.1 ส่วนประกอบของแบบจำลอง CWBM

พฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างนั้นเกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์กันระหว่างความต้องการของงาน (TD) และความสามารถของคนงาน (C) (Sooksil and Benjaoran, 2017) TD สามารถนิยามว่าเป็นความยากในการปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จเมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายเป็นหลัก ส่วน C เป็นการบรรยายเกี่ยวกับความสามารถของคนงานในการรับมือความต้องการของงานที่ได้รับผิดชอบ ส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลอง CWBM ได้ถูกระบุผ่านกระบวนการ Delphi และกระบวนการ Analytical Hierarchical Process (AHP) โดยผู้ชำนาญความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยจำนวน 9 ท่านได้ถูกคัดเลือกเพื่อเข้าร่วมใน 2 กระบวนการดังกล่าว ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงานและ 12 ปัจจัยด้านความสามารถของคนงานได้ถูกระบุผ่านกระบวนการ Delphi จำนวน 2 รอบว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญของแบบจำลองดังกล่าวท่ามกลางความคิดเห็นที่เป็นเอกฉันท์ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ พร้อมกันนี้ปัจจัยเหล่าก็ถูกระบุน้ำหนักของแต่ละปัจจัยผ่านกระบวนการ AHP โดยปัจจัยด้านความต้องการของงาน (TD) นั้นสามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยงาน (Task Factors) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environmental Factors) และปัจจัยบริบทของงาน (Work Setting Factors) และทั้งสามกลุ่มดังกล่าวก็ประกอบไปด้วยปัจจัยย่อยทั้งหมดอีก 23 ปัจจัย ส่วนปัจจัยด้านความสามาถในการทำงาน (C) ก็สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่ม คือ ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factors) ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factors) ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors) และปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factors) ซึ่งทั้ง 4 กลุ่มนี้ก็ประกอบไปด้วยปัจจัยย่อยอีก 12 ปัจจัยด้วยกัน ทั้ง 35 ปัจจัยและน้ำหนักของปัจจัยได้ถูกแสดงดังภาพที่ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ปัจจัยและน้ำหนักปัจจัยด้านความต้องการของงาน
และความสามารถในการทำงาน

ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาช่วยยืนยันว่าส่วนประกอบของปัจจัย TD และ C เหล่านี้ส่งผลต่อการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานโครงการก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทย โดยปัจจัย

ทั้ง 35 ปัจจัยที่แสดงดังภาพที่ 4-2 นี้อยู่บนพื้นฐานการศึกษาที่ผ่านมาในเรื่องความปลอดภัย กายศาสตร์ และยังอยู่บนข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับความเข้าใจในด้านปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มความยากง่ายของงานและปัจจัยที่ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานของคนงานนั้นแปรผันได้ แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่าง 35 ปัจจัยกับความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุนั้นยังไม่ได้ถูกพิสูจน์ผ่านข้อมูลในหน้างานก่อสร้างจริง ซึ่งการพิสูจน์ดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงสมบูรณ์ของแบบจำลองที่ได้นำเสนอ การใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์นั้นได้ถูกพิสูจน์ว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการที่จะก้าวข้ามความไม่มีประสิทธิภาพของข้อมูลที่ใช้และยังส่งเสริมให้เกิดความเชื่อมั่นในงานวิจัยอีกด้วย (Tam et al. 2002)

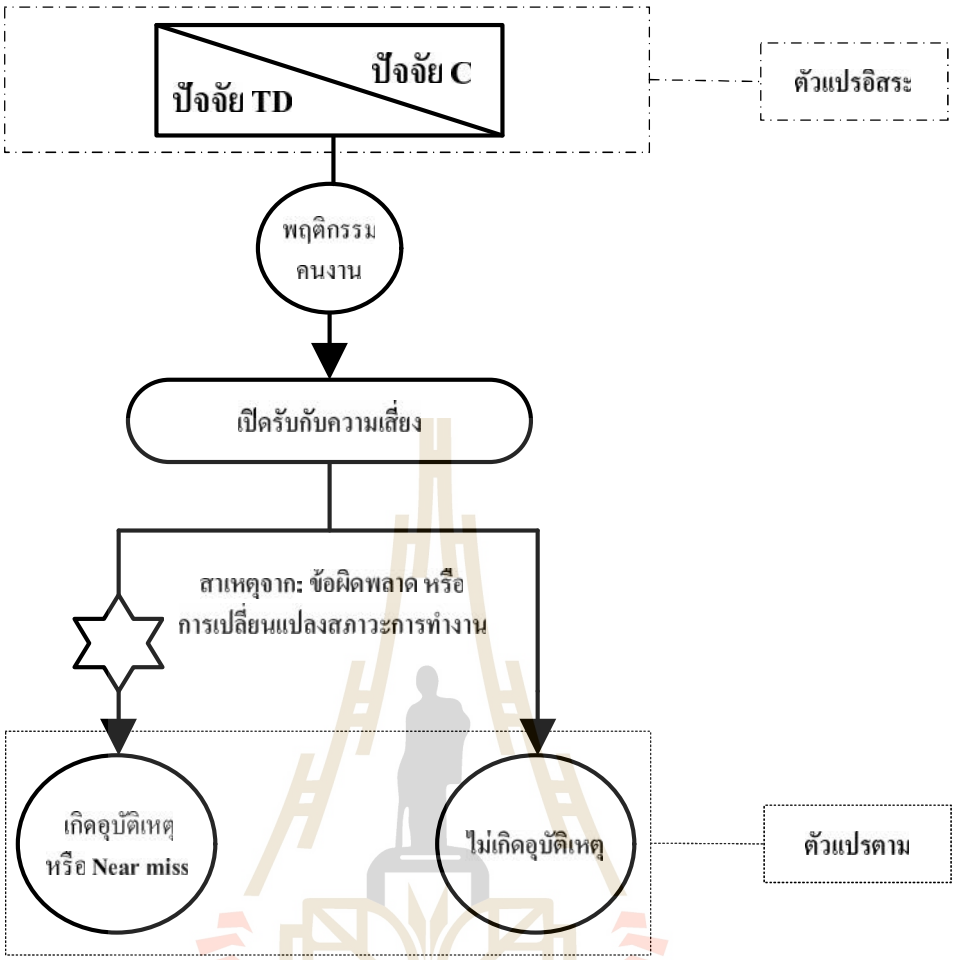
พฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยนั้นเป็นสาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง และเพื่อป้องกันการเกิดอุบัตเหตุไม่ให้เกิดขึ้นอีก เราต้องเข้าใจกลไกของของการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยดังกล่าว ซึ่งหัวข้อถัดไปเป็นการอธิบายในเรื่องกลไกของการเกิดขึ้นของพฤติกรรมดังกล่าวผ่านแบบจำลอง CWBM

4.3.2 กลไกของแบบจำลอง CWBM

แบบจำลอง CWBM ที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้ถูกแสดงดังภาพที่ 4.2 โดยแบบจำลองดังกล่าวเอื้ออำนวยให้เกิดการอธิบายรูปแบบใหม่เกี่ยวกับกลไกที่ปัจจัยด้าน TD และ C ก่อให้เกิดพฤติกรรมการทำงานของคนงานและส่งผลให้เกิดศักยภาพในการเกิดข้อผิดพลาดตลอดจนอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง แบบจำลองนี้พัฒนาขึ้นบนหลักเกณฑ์หลัก 2 ข้อ:

(1) แบบจำลองอยู่บนมุมมองของหลักการพุทธิปัญา ดังนั้นปัจจัย TDs และ Cs ก่อร่างให้เกิดพฤติกรรมของคนงานที่เปิดรับกับความเสี่ยง (Expose to the Hazard) (Mitropoulos et al. 2009)

ตัวอย่างของการที่คนงานเปิดรับกับความเสี่ยง เช่น การทำงานอย่างตั้งใจ/ไม่ตั้งใจบนเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือ ทำงานในงานฐานรากลึกโดยปราศจากอุปกรณ์ป้องกันดินสไลด์ ทำงานบนที่สูงใกล้ช่องเปิดโดยปราศจากอุปกรณ์ป้องกันการตก การทำงานในพื้นที่อับอากาศโดยไม่มีเครื่องดูดอากาศ ทำงานเชื่อมโดยไม่มีใบตรวจสภาพตู้เชื่อม ควบคุมเครนใกล้สายไฟแรงสูง ทำงานอยู่ใต้คนงานอื่นที่กำลังปฏิบัติงานอยู่โดยปราศจากตาข่ายกันวัสดุร่วงหรือการขนย้ายวัสดุหรือเครื่องจักรหนักด้วยมือเปล่า



ภาพที่ 4.2 แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (CWBM)

(2) การเปิดรับกับความเสี่ยง (Exposure to the Hazard) ทำให้เกิดศักยภาพของการเกิดอุบัติเหตุ แต่ไม่ได้นำให้เกิดอุบัติเหตุไปทุกครั้ง เมื่อไรก็ตามที่อุบัติเหตุนั้นเกิดขึ้น สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุดังกล่าวถ้าไม่ใช่ข้อผิดพลาด (Errors) (Fang et al. 2016; Mitropoulos et al. 2009; Howell et al. 2002) ก็เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงาน (Changes in Working Conditions) (Mitropoulos et al. 2009) แบบทันทีทันใด

ในมุมมองของงานวิจัยนี้ ข้อผิดพลาด (Errors) นี้หมายถึงการกระทำที่ไม่ตั้งใจที่ทำให้เกิดความล้มเหลวต่อเป้าหมายที่ตั้งไว้ ในกรณีที่ทำงานท่ามกลางสภาพที่มีความเสี่ยงแล้วเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ข้อผิดพลาดเหล่านี้ผลักดันคนงานให้ไปถึงขอบเขตการสูญเสียการควบคุมและส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ Near Miss เกิดขึ้น ข้อผิดพลาดนี้ไม่ส่งผลใดๆ เลยถ้าไม่เปิดรับกับความเสี่ยง (Exposure to the Hazard) เช่น ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยผู้ที่ขับเครื่องบินในระหว่าง

การปฏิบัติการจำลองการบิน (Flight Simulation) นั้นก็ไม่ส่งผลใดๆ การเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงาน (Changes in Working Conditions) เช่น การที่ดินสูญเสียเสถียรภาพอย่างรวดเร็ว ถ้าคนงานมีความสามารถในการตอบสนองในเหตุการณ์ดังกล่าวได้อย่างทันถ่วงที เหตุการณ์ดังกล่าวก็จะกลายเป็นเหตุการณ์ Near-miss ไป แต่ในกรณีที่สถานการณ์นั้นเกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็วและไม่มีเวลาในการตอบสนองเพียงพอ ประสบการณ์ของคนงาน (Workers' Experience) (Mitropoulos et al. 2009) และการสร้างความตระหนักต่อสถานการณ์ (Situational Awareness) (Mitropoulos et al. 2005) นั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นยิ่ง

ในมุมมองของพุทธิปัญญานั้น ข้อผิดพลาดนั้นไม่ใช่เพียงความล้มเหลวของมนุษย์แต่เป็นอาการของการเกิดปัญหาในระบบการทำงาน (Dekker, 2014) โดย Rasmussen ได้ให้นิยามและระบุว่าข้อผิดพลาดนั้นถูกคาดว่าจะเกิดขึ้นและมันเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสำรวจเรียนรู้ในหลักการพุทธิปัญญา (Le Coze, 2015) ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจการเกิดข้อผิดพลาดของมนุษย์ มุมมองการเชื่อมโยงที่เป็นระบบระหว่างการประเมินของมนุษย์กับการตัดสินใจต้องสามารถถูกแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน

แบบจำลอง CWBM นี้มีพื้นฐานอยู่บนงานวิจัยที่ผ่านมาและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยให้แบบจำลองดังกล่าวมีเหตุผลในทางทฤษฎีและมากกว่านั้นยังสะท้อนสถานการณ์จริงๆ ที่คนงานกำลังเผชิญอยู่ซึ่งทำให้แบบจำลองใช้ได้ในทางปฏิบัติ สิ่งที่งานวิจัยนี้ต้องการพิสูจน์ก็คือส่วนประกอบของปัจจัย TDs และ Cs (ตัวแปรอิสระ) ที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญานี้สามารถทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ (ตัวแปรตาม) ได้หรือไม่ และการที่ต้องรับมือกับการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดของมนุษย์ การประยุกต์ใช้แบบจำลองที่มีความสัมพันธ์แบบไม่ใช้เส้นตรงจึงเหมาะสมสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

4.3.3 แบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear Modelling)

4.3.3.1 การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression: LR)

หลักการพื้นฐานของการถดถอยโลจิสติกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้; การถดถอยโลจิสติกเป็นกระบวนการจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งอธิบายการเกิดหรือไม่เกิดขึ้นของเหตุการณ์ (Kleinbaum, 1994; Tung, 1985) ความเป็นไปได้ในการเกิดหรือไม่เกิดวัดโดยค่า 0 หรือ 1 ในการศึกษาครั้งนี้ 0 หมายถึง "ไม่เกิดอุบัติเหตุ" ขณะที่ 1 หมายถึง "เกิดอุบัติเหตุ" แบบจำลองการถดถอยโลจิสติก "พยากรณ์" Odds ของการเกิดเหตุการณ์ (เช่น สัดส่วนระหว่างความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์กับความเป็นไปได้ในการไม่เกิดเหตุการณ์) ยกตัวอย่างสมการเส้นตรงเพื่อที่แสดงความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นระหว่าง Y และ X_n ดังสมการที่ (4.1)

$$Y = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + \cdots + C_n X_n \quad (4.1)$$

ในการที่สร้างแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกที่สามารถใช้ในการอธิบายตัวแปรตามที่มีค่าได้เพียง 2 ค่าให้เป็นฟังก์ชั่นกับตัวแปรอิสระที่มีหลายตัวแปรนั้น ฟังก์ชั่นความเป็นไปได้สามารถแสดงได้ตามสมการที่ (4.2) หรือ (4.3) (Norusis, 1994; Sharma, 1996, Wong, 2004)

$$ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = C_0 + C_1 X_1 \quad (4.2)$$

หรือ

$$P = \frac{1}{1+e^{-(C_0 + C_1 X_1)}} \quad (4.3)$$

สมการข้างต้นแสดงในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีเพียงตัวเดียว โดย;

P = ความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์

C_0 = ค่าคงที่

C_1 = ค่าสัมประสิทธิที่คำนวณได้จากข้อมูล

X_1 = ค่าตัวแปรอิสระ

แต่เมื่อไรก็ตามที่ตัวแปรอิสระมีค่ามากกว่าหนึ่งตัว แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกสามารถแสดงได้ดั่งสมการ (4.4)

$$P = \frac{1}{1+e^{-(Y)}} \quad (4.4)$$

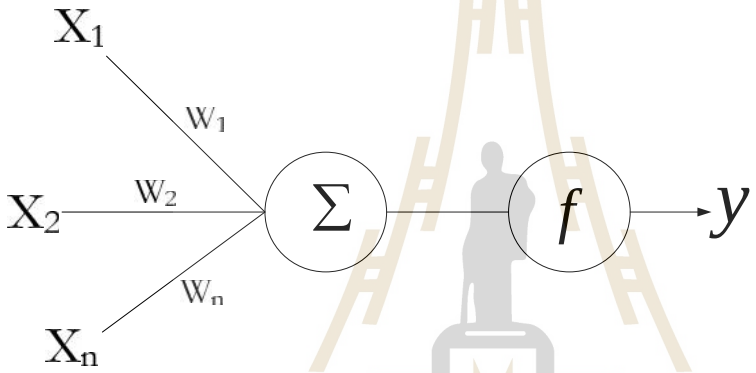
โดยความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ (ของอุบัติเหตุ) มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนด้วย 1 บวกค่า e ยกกำลังลบของค่าในสมการ (4.1) ซึ่งทำให้เกิดการกระจายสะสมของฟังก์ชั่นในรูปตัว S โดยค่าความเป็นไปได้จะอยู่ระหว่างค่า 0 และ 1

ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นไปได้ของเหตุการณ์กับตัวแปรอิสระนั้นอยู่ในรูปไม่ใช่เส้นตรง ขณะที่ความสัมพันธ์ของ Log of odds กับตัวแปรอิสระนั้นอยู่ในรูปเส้นตรง แต่จะต่างกับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณตรงที่ค่าสัมประสิทธิที่คำควณได้ของสมการโลจิสติกมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามที่ต่างออกไป โดยค่าสัมประสิทธิที่คำนวณได้ของค่าตัวแปรอิสระนั้นเป็นตัวแทนของ Log of odds ไม่ใช่ตัวแทนของความเป็นไปได้ ดังนั้นในสมการที่ (4.2) ค่าสัมประสิทธิของสมการโลจิสติกจะถูกแสดงความสัมพันธ์ว่าการเปลี่ยนแปลงใน Log of odds เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงไปหนึ่งหน่วยในตัวแปรอิสระ เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดอุบัติเหตุ แบบจำลองโลจิสติกจะอธิบายความเป็นไปได้ในการเกิดหรือไม่เกิดอุบัติเหตุ

โดยพิจารณาการตัดค่าที่ 0.5 การทำนายโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุก็จะตกในช่วง “ใช่” หรือ “ไม่” ขึ้นอยู่กับชนิดและค่าในตัวแปรอิสระ

4.3.3.2 เครือข่ายประสาทเทียม (Artificail Neural Network: ANN)

หลักการพื้นฐานของเครือข่ายประสาทเทียมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้; เครือข่ายประสาทเทียมก็คือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการประมวลผลข้อมูลด้วยหน่วยเล็กๆ จำนวนมากที่เรียกว่านิวรอน ข้อมูลมีการเชื่อมต่อกันผ่านการเชื่อมโยงระหว่างนิวรอน ซึ่งการเชื่อมโยงนั้นจะมีน้ำหนักร่วมอยู่ด้วย ในแต่ละนิวรอนที่เชื่อมต่อกันจะมีการประยุกต์ใช้ฟังก์ชั่นการถ่ายโอน (Activation/Transfer Function) แก่ข้อมูลที่เข้ามาและระบุข้อมูลที่ออกไป (Zurada, 1992)



ภาพที่ 4.3 แบบจำลอง McCulloch–Pitts ในนิวรอน

แบบจำลอง The McCulloch-Pitts model นั้นเป็นแบบจำลองสำหรับแสดงการคำนวณในนิวรอนเบื้องต้น โดยข้อมูลในชั้นป้อนข้อมูลเข้า (Input Layer) นั้นเป็น 0 หรือ 1 แสดงดังภาพที่ 4.3 โดยในแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้จะคำนวณน้ำหนักรวมของ n ข้อมูลเข้า (Input) ที่เข้ามา $x_i = 1, 2, ..., n$ และจะให้ค่าข้อมูลออก (Output) ของ 1 แต่ถ้าค่านอกเหนือจากนั้นจะให้ค่าข้อมูลออก (Output) ของ 0 (Zurada, 1992) มันมีฟังก์ชั่นการถ่ายโอนอยู่มากมาย เช่น Linear Function, Sigmoid Function, และ Gaussian Functions แต่ที่ใช้กันทั่วไปก็คือ Sigmoid Function (Jain and Mao, 1996; Jha and Chockalingam, 2009) ในการแสดงนิวรอนทางคณิตศาสตร์นั้น แต่ละนิวรอน j จะถูกรวมกับน้ำหนักและแสดงดังสมการที่ (4.5)

$$net_j = \sum_{i=0}^{n} w_j x_i \tag{4.5}$$

ข้อมูลออก (Output) ของนิวรอน, y เป็นฟังก์ชั่นของข้อมูลเข้า (Input) ที่ประกอบด้วยน้ำหนัก แสดงได้ดังสมการที่ (4.6)

$$y = f(net_j) \tag{4.6}$$

อัลกอริทึมการเรียนรู้ที่หลากหลายได้ถูกพัฒนาให้ ANN แต่กลยุทย์การเรียนรู้แบบ Back-propagation Learning เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างการทำนาย (Jain and Mao, 1996; Chua et al., 1997; Delen et al., 2006) การเรียนรู้แบบ Back-propagation Learning เป็นการเรียนรู้แบบ Supervised Learning (การเรียนแบบมีการสอน เหมือนกับการสอนนักเรียนโดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำ) โดยในแต่ละรอบของการเรียนรู้ (Epoch) ประกอบไปด้วยการส่งต่อไปข้างหน้า (Forward Pass) ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ป้อนถูกนำเสนอเป็นข้อมูลเข้า (Input) ของเครือข่าย แล้วเครือข่ายประสาทเทียมก็ผลิตข้อมูลออก (Output) ออกมาเพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมาย (Target) หรือข้อมูลออกจริง (Real Output) ที่มากับข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ข้อผิดพลาด (Error) ถูกระบุโดยความต่างระหว่างข้อมูลออก (Output) กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากนั้นจะมีการทำการส่งกลับ (Backward Pass) ผ่านเครือข่ายเพื่อที่ทำการปรับน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างนิวรอนเพื่อที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด (Goh and Chua, 2013).

หลังจากได้สร้างเครือข่ายขึ้นมา แบบจำลอง ANN ก็จะถูกฝึกฝน (Training) ให้เรียนรู้ข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยชุดข้อมูลของข้อมูลเข้า (Input) และชุดข้อมูลของข้อมูลออก (Output) และเมื่อแบบจำลอง ANN ได้สร้างเครือข่ายของนิวรอนและตัวเชื่อมโยงระหว่างนิวรอนแล้ว กระบวนการฝึกฝนก็จะสำเร็จก็ต่อเมื่อผ่านการปรับแก้น้ำหนักในตัวเชื่อมโยงระหว่างนิวรอนมาแล้วหลายรอบ ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำเสนอแบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมโดยใช้ Supervised Learning (Back-propagation) ที่มีการเปรียบเทียบผลข้อมูลออก (Output) ที่ได้กับข้อมูลออกเป้าหมาย (Target Output) ซึ่งก็คือค่าข้อมูลจริง (Tatari et al. 2013) พื้นฐาน Supervised Learning อัลกอริทึมนั้น ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ระหว่างผลข้อมูลออกเป้าหมาย (Target Output) กับข้อมูลออกที่คำนวณได้ (Caluculated Output) ต้องให้มีค่าน้อยที่สุดในช่วงการฝึกฝนข้อมูลโดยปรับเปลี่ยนน้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างนิวรอน และอ้างอิงตามสมการ (4.7) (Goh and Chua, 2013):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{n}\sum(D_i - P_i)^2} \tag{4.7}$$

โดยที่; ε = ค่า RMSE

D_i = ค่าข้อมูลออกเป้าหมาย (Target Output) สำหรับชุดข้อมูล i^{th} ที่ป้อนเข้ามา

P_i = ค่าข้อมูลออกที่คำนวณได้ (Caluculated Output) สำหรับชุดข้อมูล i^{th} ที่ป้อนเข้ามา

n = จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในเครือข่าย

สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครือข่าย (Creditability) ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิค 10-Fold Cross-Validation (Samarasinghe, 2007; Witten, 2011) โดยเทคนิคดังกล่าว ชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Set) จะถูกแบ่งออกเป็น 10 ชุดข้อมูลย่อย แล้วทำการเลือกมาสุ่มมา 1 ชุดข้อมูลย่อยเพื่อที่ใช้ในการทดสอบและถูกย้ายออกจากกระบวนการฝึกฝน แล้วชุดข้อมูลย่อยดังกล่าวจะเอาไว้ใช้ทดสอบเพื่อหาค่า RMSE โดยกระบวนการดังกล่าวดำเนินการทั้งหมด 10 รอบ แล้วค่าเฉลี่ยของค่า RMSE ทั้ง 10 ชุดข้อมูลย่อยนั้นก็จะถูกใช้ในการประเมินผลของการฝึกฝนเครือข่ายต่อไป เทคนิคนี้มีประโยชน์มากในการลดการมีอคติในกระบวนการเลือกชุดข้อมูลมาทำการฝึกฝนและทดสอบ มากกว่านั้น วิธีการนี้ยังเหมาะสมในกรณีที่มีชุดข้อมูลในการศึกษาไม่มากนัก (Samarasinghe, 2007; Witten, 2011; Goh and Chua, 2013; Goh and Sa'adon, 2015).

4.3.4 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากเทคนิคทั้ง 2 วิธีที่ได้นำเสนอนั้น ใช้การประเมินแบบตาราง Confusion Matrix เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้ รูปแบบโดยทั่วไปของ Confusion Matrix แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รูปแบบโดยทั่วไปของ Confusion Matrix

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

ใน Confusion Matrix นั้น Predicted Class คือข้อมูลที่ถูกทำนายโดยแบบจำลองที่สร้างขึ้น ส่วน Actual Class คือข้อมูลจริงที่เก็บมาได้

True Positive (TP) หมายถึงจำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้องว่าเกิดอุบัติเหตุ

True Negative (TN) หมายถึงจำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้องว่าไม่เกิดอุบัติเหตุ

False Negative (FN) หมายถึงจำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ผิดว่าไม่เกิดอุบัติเหตุ

False Positive (FP) หมายถึงจำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ผิดว่าเกิดอุบัติเหตุ

โดยประเมินออกมาเป็น 3 ตัวชี้วัดได้แก่ Accuracy, Sensitivity และ Specificity โดย Accuracy เป็นการวัดสัดส่วนของเหตุการณ์ที่ทำนายได้ถูกต้อง Sensitivity เป็นการวัดสัดส่วนของเหตุการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุที่ทำนายเป็นเกิดอุบัติเหตุ Specificity เป็นการวัดสัดส่วนของเหตุการณ์ที่ไม่เกิดอุบัติเหตุที่ทำนายเป็นไม่เกิดอุบัติเหตุ [32] ตัวชี้วัดทั้ง 3 สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 (Meng et al., 2013; Kandhasamy and Balamurali, 2015)

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{(TP+FP+TN+FN)} \tag{4.8}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{(TP+FN)} \tag{4.9}$$

$$Specificity = \frac{TN}{(FP+TN)} \tag{4.10}$$

4.4 วิธีการดำเนินวิจัย

4.4.1 แบบสอบถามและกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามได้ถูกเลือกให้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากการใช้แบบสอบถามนี้ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการเก็บข้อมูลคนงานในเรื่องความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Fang et al., 2006) และความสำเร็จในการใช้แบบสอบถามนี้ได้ถูกพิสูจน์ผ่านการสำรวจด้านจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย (Goh and Sa'adon, 2015; Ross et al., 2011; Sniehotta, 2009) แบบสอบที่ใช้ในครั้งนี้ได้ถูกออกแบบบนพื้นฐานจากผลการสำรวจก่อนหน้านี้ที่ได้ค้นพบว่าพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างนี้เป็นปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยด้านความต้องการของงานกับความสามารถในการทำงาน กลุ่มผู้เข้าร่วมให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้เป็นคนงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยจำนวน 120 คน โดยแต่ละคนก็เป็นตัวแทนในแต่ละเหตุการณ์อุบัติเหตุ/เหตุการณ์การปฏิบัติงาน โดยจากทั้งหมด 120 เหตุการณ์ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่มละ 60 คน) โดยกลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่เคยประสบอุบัติเหตุ และกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ เหตุการณ์อุบัติเหตุที่ทำให้เสียชีวิตนั้นไม่ได้ถูกรวมในการศึกษาครั้งนี้ มีการพิจารณาแค่

เหตุกาณ์อุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นภายใน 3 เดือนก่อนหน้าวันที่สัมภาษณ์ผู้ประสบเหตุเพื่อเก็บข้อมูลเท่านั้น สำหรับกรณีการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ ผู้ที่เข้าร่วมในการให้ข้อมูลในกลุ่มนี้ถูกถามถึงเรื่องงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบในวันก่อนหน้าที่สัมภาษณ์เท่านั้น เนื่องจากเป็นการปฏิบัติงานที่สำเร็จลุล่วงปราศจากการประสบอุบัติเหตุ และผู้ให้ข้อมูลไม่ต้องนึกย้อนความทรงจำที่นานเกินไปทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่คลาดเคลื่อน

กระบวนการสำรวจเก็บข้อมูลได้นำไปใช้กับ 13 โครงการก่อสร้างอาคารสูง โดย 3 ใน 13 โครงการดังกล่าวนั้นเป็นโครงการของเอกชน ส่วน 10 โครงการที่เหลือเป็นโครงการของรัฐบาล โครงการก่อสร้างที่ถูกเก็บข้อมูลเหล่านี้ถูกคัดเลือกจากการตอบรับให้เข้าเก็บข้อมูล ซึ่งการที่เก็บข้อมูลโดยไม่ได้เป็นการสุ่มเก็บข้อมูลลักษณะนี้ ทำให้เกิดความไม่ถูกต้องของผลที่ได้ ดังนั้นไม่มีการอ้างอิงผลที่ได้ในงานวิจัยในครั้งนี้ว่าเป็นภาพรวมของอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Lingard et al., 2012) แบบสอบถามที่ใช้ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ในส่วนแรกนั้นประกอบไปด้วยข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมให้ข้อมูล ประกอบไปด้วย เพศ อายุ สัญชาติ ตำแหน่งงานที่ทำ และประสบการณ์การทำงาน ผู้ที่เข้าร่วมให้ข้อมูลในครั้งนี้ประกอบไปด้วย ช่างไม้ ช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างไฟ ช่างเชื่อม และกรรมกร โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 41.27 ปี (อายุต่ำสุดที่ 15 ปีและสูงสุดที่ 60 ปี) ประสบการณ์การทำงานของกลุ่มผู้ที่ให้ข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 3 เดือนไปจนถึง 30 ปี และทุกคนเป็นคนไทย ในส่วนที่สองของแบบสอบถามเป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพเหตุการณ์อุบัติเหตุ/ไม่อุบัติเหตุ ประกอบไปด้วย งานที่ได้รับมอบหมาย วันเวลา เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ วัสดุที่ใช้ สภาพแวดล้อม (เช่น สภาพแสงสว่าง เสียง อุณหภูมิ) ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน บริเวณใดที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนวันหรือชั่วโมงที่ต้องหยุดงานเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในส่วนนี้สรุปก็คือเป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์อุบัติเหตุ/ไม่อุบัติเหตุที่อยู่ในรูปคำถาม อะไร เมื่อไร ที่ไหน และอย่างไร ส่วนที่สามของแบบสอบถามเป็นคำถามการวัดปัจจัยด้านความต้องการของงานจำนวน 23 ปัจจัย และในส่วนที่สี่ที่เป็นส่วนสุดท้ายก็เป็นคำถามการวัดปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานของคนงานจำนวน 12 ปัจจัย โดยทั้งในส่วนที่สามและส่วนที่สี่ของแบบสอบถามนี้แต่ละปัจจัยถูกวัดโดยมาตรวัดระดับ 5 ระดับตาม Likert Scale โดย Likert Scale นี้เป็น “มาตรวัดการตอบสนองทางจิตวิทยาซึ่งใช้ในแบบสอบถามเพื่อให้รับทราบระดับการโอนเอียงหรือระดับของความเห็นด้วยของผู้ให้ข้อมูลจากชุดของคำถาม” (Bertram, 2017) รูปแบบทางภาษา (ต่ำมาก ต่ำ กลาง สูง สูงมาก) ได้ถูกระบุด้วยค่า 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ โดยทั้ง 35 ปัจจัยที่ถูกถามในการให้ข้อมูลครั้งนี้ ได้ถูกอธิบายให้ชัดเจนแก่ผู้ให้ข้อมูลในทุกครั้งที่ทำการสัมภาษณ์เก็บข้อมูล

สำหรับความเที่ยงตรงของแบบสอบถามในวัดปัจจัยด้านความต้องการของงานและการวัดปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานของคนงาน ซึ่งแต่ละปัจจัยถูกวัดโดยมาตรวัดระดับ 5 ระดับ

นั้น ผู้วิจัยได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้แนะนำเรื่องของสำนวน ภาษาและความตรงประเด็นของเนื้อหาของแบบสอบถามและรายการตรวจสอบในแต่ละข้อ แล้วผู้วิจัยเป็นผู้ปรับปรุงตามคำแนะนำ เพื่อเป็นการเพิ่มความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบสอบถามให้มากขึ้นด้วย (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2552)

ในจำนวน 120 เหตุการณ์เชิงประจักษ์ที่เก็บข้อมูลนี้ 100 เหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ/ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ถูกใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง CWBM และส่วนที่เหลือ 20 เหตุการณ์ดังกล่าวก็ถูกใช้ในกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้จากการพัฒนา 20 เหตุการณ์ที่เหลือไว้นี้ทำการสุ่มเลือกมาจากกลุ่มตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด โดยแบ่งเป็นเหตุการณ์ที่ประสบอุบัติเหตุ 10 เหตุการณ์ และเหตุการณ์ที่ไม่ประสบอุบัติเหตุ 10 เหตุการณ์

4.4.2 การประยุกต์ใช้งานเทคนิค LR และ ANN

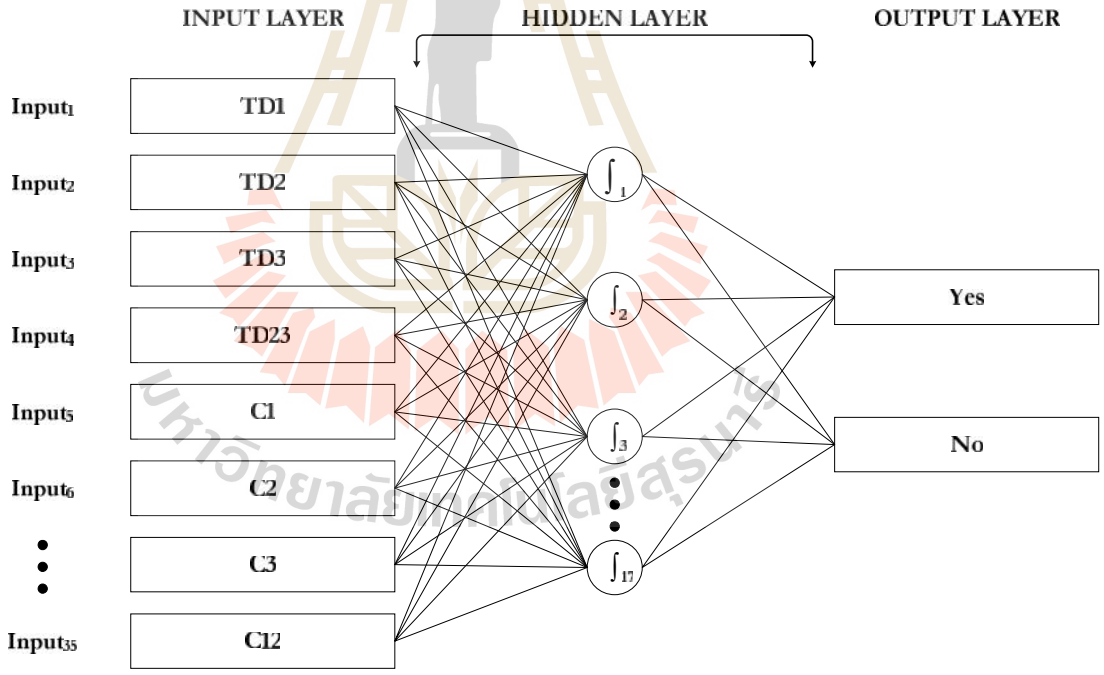
เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้คือการสร้างแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ (เกิด หรือ ไม่เกิด) จาก 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงานและ 12 ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงานดังที่แสดงในภาพที่ (4.1) การประยุกต์ใช้เทคนิค LR และ ANN ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการสร้างแบบจำลองในการทำนายเหตุการณ์ ทั้ง 35 ปัจจัยได้ถูกตั้งค่าเป็นตัวแปรอิสระส่วนตัวแปรตามก็คือการเกิดเหตุการณ์ (เกิด หรือ ไม่เกิด) กระบวนการประยุกต์ใช้เทคนิคทั้งสองได้สรุปรายละเอียดดังต่อไปนี้

สำหรับการวิเคราะห์ LR นั้นได้ใช้โปรแกรม IBM SPSS statistics version 21 (2012) โดยกระบวนการวิเคราะห์เริ่มจากหาตัวแปรที่มีความสำคัญทางสถิติด้วยกระบวนการ Stepwise Process โดยคัดตัวแปรทีละตัวแปรเข้ามาในกระบวนการนี้ มีการดำเนินการไปเป็นรอบๆ จนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดมีค่าสำคัญทางสถิติ (Significant p Value) ค่า Cox & Snell R^2 and Nagelkerke R^2 เป็นการสรุปสัดส่วนความแปรปรวนของค่าตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระในแบบจำลองที่ได้ ค่า R^2 สูงหมายถึงความสามารถที่สูงขึ้นของแบบจำลองในการอธิบายความแปรปรวน โดยมีค่าสูงสุดที่ 1 ค่าสัมประสิทธิของ B เป็นการระบุว่าปัจจัยดังกล่าวทำให้ค่า Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยในตัวแปรอิสระดังกล่าว ค่าความสำคัญในแต่ละตัวแปรจะประเมินโดยค่าสถิติ Wald ซึ่งมีค่าการกระจายไคสแควร์ (Chi-square Distribution) (Mohamed et al., 2009) ค่าสถิติ Wald นี้โดยทั่วไปแล้วใช้ในการประเมินว่าค่าสัมประสิทธินั้นแตกต่างทางสถิติหรือไม่

สำหรับกระบวนการ ANN เครือข่ายที่ใช้ก็คือ Multilayered Perceptron แบบ Back-propagation ฟังก์ชั่นแบบ Sigmoid ได้ถูกเลือกให้เป็นฟังก์ชั่นการถ่ายโอน (Activation Function) ในโปรแกรม WEKA version 3.8.0 (2016) ใช้ข้อมูลทั้งหมด 100 ชุดในการฝึกฝนสำหรับ

การสร้างแบบจำลองขึ้นมา ค่า Learning Rate Parameter (n) และค่า Momentum Factor (α) ได้ถูกตั้งค่าตามค่ามาตรฐานของโปรแกรม (n = 0.3, และ α = 0.2) จำนวนรอบในการฝึกฝนสูงสุดตั้งได้ที่ 1,000 รอบ (Epochs) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยชั้นซ่อน (Hidden Layer) เพียงชั้นเดียว ตามที่แนะนำโดย Haykin (1994) และ Elhag and Wang (2007) เทคนิค 10-Fold Cross-Validation ได้ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครือข่าย (Network Creditability)

ในการศึกษาครั้งนี้ กระบวนการ Trial-and-Error ได้ถูกนำมาใช้ในการหาจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมในชั้นซ่อน (Hidden Layer) มีการทดลองใช้จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ต่างกันในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง โดยเริ่มจาก 16 นิวรอนแล้วเพิ่มไปจนถึง 20 นิวรอน จากการศึกษาของ Berry and Linoff (1997) ระบุว่าจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนนั้นควรน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนนิวรอนในชั้นป้อนข้อมูลเข้า (Input Layer) ซึ่งเท่ากับ 17 นิวรอน ดังนั้นกระบวนการ Trial-and-Error จึงเริ่มตั้งแต่เครือข่าย 35-16-2 และเพิ่มไปจนถึงเครือข่าย 35-20-2



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างแบบจำลอง ANN (35-17-2) ในการศึกษาครั้งนี้

ตัวอย่างแบบจำลอง ANN โดยมี 35 ตัวแปรข้อมูลเข้า (Input) และ 2 ตัวแปรข้อมูลออก (Output) แสดงดังภาพที่ 4.4 สัญลักษณ์ “35-17-2” นั้นหมายถึงมี 35 นิวรอนในชั้นป้อนข้อมูลเข้า

(Input Layer) มี 17 นิวรอนในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และมี 2 นิวรอนในชั้นส่งข้อมูลออก (Output Layer) ของเครือข่ายที่นำเสนอ

4.5 ผลการวิจัย

4.5.1 ผลของกระบวนการ LR

ตารางที่ 4.2 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] นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

ผลที่ได้จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้ของกระบวนการ LR โดยวิธี Stepwise โดยแสดงขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรทุกตัวที่ประกอบอยู่ในแบบจำลองโดยวิธี Stepwise ตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 4 โดยพบว่ามี 4 ตัวแปรที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ ได้แก่ C10: ความไม่ประมาท (Safety Awareness) TD10: ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม (Engineering Tolerances) TD17: ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม (Societal and Environmental Impact Awareness) และ C2: การฝึกอบรมในงานที่ทำ (Job Training) ในระหว่างขั้นที่ 1 ตัวแปรที่ผ่านเข้ามาตัวแรกด้วยค่า chi-square ที่สูงที่สุด (81.994) และเข้ากับเงื่อนไขค่า *p* value (นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%) ได้ถูกคัดเลือกเข้ามาในแบบจำลอง ค่า Cox & Snell R^2 และ Nagelkerke R^2 ที่แสดงในขั้นแรกบอกเป็นนัยได้ว่าแบบจำลองที่มีตัวแปรตัวแรกที่คัดเข้ามานี้สามารถอธิบายความแปรปรวนในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้ 56.0%–74.6% และหลังจากเพิ่มตัวแปรเข้ามาในแบบจำลองอีก 3 ตัวแปร แบบจำลองในขั้นที่ 4 ก็มีค่า Cox & Snell R^2 และ Nagelkerke R^2 อยู่เท่ากับ 67.1%–89.5% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของแบบจำลองที่สร้างขึ้น เมื่อกระบวนการวิเคราะห์ได้เสร็จสิ้น แบบจำลองสุดท้ายที่ได้ออกมานั้นประกอบด้วยตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปร เมื่อพิจารณาในขั้นแรกของการคัดตัวแปรเข้าสู่แบบจำลอง พบว่า 90% ของ 100 เหตุการณ์นั้นสามารถจัดกลุ่มได้ถูกต้องและสะท้อนได้ว่าตัวแปรที่ถูกคัดเลือกตัวเลือกมีพลังในการทำนายสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ

กับตัวแปรที่ถูกคัดเข้ามาในขั้นตอนต่อมา และเมื่อถึงขั้นสุดท้าย (ขั้นที่ 4) แบบจำลองก็พัฒนาจนทำให้ความแม่นยำในการทำนายนั้นสูงขึ้นถึง 96%

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ (B) และสถิติที่เกี่ยวข้องของแบบจำลอง LR โดยการใช้นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% ตัวแปรทั้ง 4 ตัวนั้นสามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้ และในตารางดังกล่าวยังนำเสนอส่วนประกอบของตัวแปร (C10: ความไม่ประมาท TD10: ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม TD17: ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม และ C2: การฝึกอบรมในงานที่ทำ) และค่าสัมประสิทธิได้ในแต่ละตัวแปรและแสดงนัยสำคัญทางสถิติ ค่าตัวแปรและค่าสัมประสิทธิเหล่านี้เมื่อเขียนในรูปสมการที่ (4.1) ก็ได้สมการดังต่อไปนี้;

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิของสมการ 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

[a] นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

$$Y = -4.377 - 72.144\,C_{10} + 80.461TD_{10} + 41.487TD_{17} + 27.366C_2 \qquad (4.8)$$

สมการที่ (4.8) แสดงค่าสัมประสิทธิที่คำนวณ (B) ได้ของค่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปร (C10, TD10, TD17, และ C2) ที่ถูกคัดเลือกเข้ามานั้นจะเป็นตัวแทนของ Log of odds ไม่ใช่ตัวแทนของความเป็นไปได้ ดังนั้นในสมการที่ (4.8) ค่าสัมประสิทธิของสมการโลจิสติกจะถูกแสดงความสัมพันธ์ว่าการเปลี่ยนแปลงใน Log of odds เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงไปหนึ่งหน่วยในตัวแปรอิสระ ดังนั้น; C10 (ความไม่ประมาท) ได้ค่า B เป็นลบแสดงให้เห็นว่าถ้าเพิ่ม C10 (ความไม่ประมาท) ขึ้น 1 หน่วย ทำให้ลด Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุลง ส่วน TD10 (ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม) และ TD17 (ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม) ทั้งสองปัจจัยได้ค่า B เป็นบวกแสดงให้เห็นว่าถ้าเพิ่ม TD10 (ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม) หรือ TD17 (ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม) ขึ้น 1 หน่วย ทำให้เพิ่ม Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น และปัจจัยตัวสุดท้าย C2 (การฝึกอบรมในงานที่ทำ) ซึ่งได้ค่า B เป็นบวกแสดงให้เห็นว่าถ้าเพิ่ม C2 (การ

ฝึกอบรมในงานที่ทำ) ขึ้น 1 หน่วย ทำให้เพิ่ม Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นเช่นกัน การอภิปรายผลของผลลัพธ์ของสมการ (4.8) ที่ได้นี้ถูกนำเสนอในหัวข้อถัดไป

เมื่อแทนค่าที่ตัวแปร 4 ตัว (พร้อมทั้งน้ำหนักที่ได้ของแต่ละตัวแปรจากกระบวน AHP) โดยชุดข้อมูล 20 ชุดที่เก็บไว้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองลงในสมการที่ (4.8) จากนั้นแทนค่า Y ที่ได้ลงในสมการ (4.4) ประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้นก็จะถูกแสดงผ่านความถูกต้องในการทำนายผล ซึ่งผลที่ได้ในวิธีการดังกล่าวถูกบรรยายในหัวข้อผลของกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองที่ได้โดยเทคนิค LR พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้กับเทคนิค ANN ด้วย

4.5.2 ผลของกระบวนการ ANN

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของแบบจำลอง ANN สำหรับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

Network	Correctly Classified Instances	Incorrectly Classified Instances	Total Number of Instances	Precision		Root Mean Square Error
				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

ประสิทธิภาพของแบบจำลอง ANN สำหรับใช้เพื่อการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 เมื่อเครือข่ายได้ถูกเลือก ฝึกฝน และทดสอบเครือข่าย ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ได้ถูกใช้ในการบรรยายประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น โดยในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาของทั้ง 5 เครือข่ายประสบความสำเร็จค่อนข้างดี โดยมีเปอร์เซนต์การจัดกลุ่มคำตอบได้ถูกต้องถึง 92% และมีความแม่นยำในการจัดกลุ่ม No และ Yes ได้เท่ากับ 88.9% และ 95.7% ตามลำดับ ที่น่าสนใจก็คือทั้ง 5 เครือข่ายที่ได้นั้นมีความสามารถในการทำนายเกิดอุบัติเหตุ (Yes) มากกว่าการไม่เกิดอุบัติเหตุ (No) อย่างไรก็ตาม ดูเหมือนว่าเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุดสำหรับการทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้แก่ เครือข่าย 35-17-2 โดยมีค่า RMSE ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.2657 ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวก็สอดคล้องกับ Witten (2011) ที่ได้แนะนำว่า

จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนนั้นมีค่าใกล้กับค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวแปรข้อมูลเข้า (Input) และจำนวนตัวแปรข้อมูลออก (Output) รวมกัน และเมื่อแบบจำลองได้ถูกพัฒนาและได้ถูกคัดเลือกแล้ว ในหัวข้อถัดไปจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ได้

4.5.3 ผลของกระบวนการตรวจสอบแบบจำลอง (Model Verification)

ข้อมูลจำนวน 20 ชุดซึ่งแยกออกมาจาก 100 ชุดที่ใช้สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง ข้อมูล 20 ชุดเหล่านี้เป็นชุดข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเฉพาะ ซึ่งใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพในการทำนายของแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR (LR-based Model) และแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN (ANN-based Model) ข้อมูล 20 ชุดที่ใช้นี้แบ่งออกเป็น 10 ชุดที่เป็นเหตุการณ์อุบัติเหตุ และ 10 ชุดที่ไม่ได้เป็นเหตุการณ์อุบัติเหตุ โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงดัง ตารางที่ 4.5 โดยอยู่ในรูปตาราง Confusion Matrix พบว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN ทำนายเหตุการณ์ผิดไปเพียงแค่ 2 เหตุการณ์จากทั้งหมด 20 เหตุการณ์ (FN+FP) โดยสองเหตุการณ์ที่แบบจำลอง ANN (ANN-based Model) ทำนายผิดนั้นเป็นเหตุการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุจริงแต่แบบจำลองทำนาย 2 เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นไม่เกิดอุบัติเหตุ (FN) ไม่เหมือนกับแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR (LR-based Model) ซึ่งทำนายผิดไป 5 เหตุการณ์ (FN+FP) โดย 2 ใน 5 เหตุการณ์นี้แบบจำลองทำนายเป็นไม่เกิดอุบัติเหตุแทนที่จะเป็นเกิดอุบัติเหตุ (FN) ส่วน 3 เหตุการณ์ที่เหลือนั้นได้ถูกทำนายเป็นเกิดอุบัติเหตุแทนที่ไม่เกิดอุบัติเหตุ (FP)

ตารางที่ 4.5 ปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากวิธี LR และ ANN โดยทดสอบกับ 20 เหตุการณ์ในรูป Confusion Matrix

LR Model		**Predicted Class**	
		Yes	**Yes**
Actual Class	**Yes**	8 (TP)	2 (FN)
	No	3 (FP)	7 (TN)

ANN Model		**Predicted Class**	
		Yes	**No**
Actual Class	**Yes**	8 (TP)	2 (FN)
	No	0 (FP)	10 (TN)

เมื่อคำนวณประเมินประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลองที่ได้ โดยประเมินออกมาเป็น 3 ตัวชี้วัดได้แก่ Accuracy, Sensitivity และ Specificity ตามสมการที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 พบว่า

แบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR (LR-based Model)

$$\text{Accuracy} = \frac{(8+7)}{(8+3+2+7)} = 75\%$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{(8)}{(8+2)} = 80\%$$

$$\text{Specificity} = \frac{(7)}{(3+7)} \qquad = 70\%$$

แบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN (ANN-based Model)

$$\text{Accuracy} = \frac{(8+10)}{(8+0+2+10)} \qquad = 90\%$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{(8)}{(8+2)} \qquad = 80\%$$

$$\text{Specificity} = \frac{(10)}{(0+10)} \qquad = 100\%$$

โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนทั้ง 3 ตัวชี้วัดได้แก่ Accuracy, Sensitivity และ Specificity ว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN ให้ประสิทธิภาพในการทำนายที่ดีกว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR ในตัวชี้วัด และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความแม่นยำ (Accuracy) นั้นพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN มีค่าเท่ากับ 90% ขณะที่แบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR (LR-based Model) มีค่าเท่ากับ 75%

4.6 การอภิปรายผลการวิจัย

สำหรับการถดถอยแบบโลจิสติก ผลลัพธ์ที่ได้จากเทคนิค LR แสดงดังสมการ (4.8) แบบจำลองที่ถูกพัฒนานี้ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการทำนายโดยมีค่าความแม่นยำถึง 96% และดูเหมือนว่าด้วยระดับประสิทธิภาพการทำนายดังกล่าวทำให้สามารถที่ใช้เป็นแบบจำลองเพื่อทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ ในแบบจำลองดังกล่าวนี้ ประกอบไปด้วยตัวแปรที่มีศักยภาพจำนวนทั้งสิ้น 4 ตัว: (1) ปัจจัย C10 (ความไม่ประมาท) โดยมีค่าความสัมพันธ์ทางลบกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งสะท้อนได้ว่ายิ่งคนงานมีความตระหนักเรื่องความปลอดภัยมาก ก็ส่งผลต่อความเป็นไปได้ของอัตราการเกิดอุบัติ: ไม่เกิดอุบัติเหตุลดลง คนงานต้องต้องมีการระมัดระวังในการทำงาน ปฏบัติตามกฎความปลอดภัยต่างๆ และพึงตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน พยายามเตือนตนเองถึงอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ไม่มีพฤติกรรมที่เสี่ยง ณ ขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากการสร้างพฤติกรรมเสี่ยงนี้นำไปสู่โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุที่มากขึ้น (Maiti et al., 2004) (2) ทั้งปัจจัย TD10 (ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม) และ (3) ปัจจัย TD17 (ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม) มีค่าความสัมพันธ์ทางบวกกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุ โดย TD10 อธิบายเกี่ยวกับค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ในแต่ละงาน ยิ่งงานที่มีมาตรฐานที่ก็ส่งผลต่อความยากของงานและในที่สุดก็ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติ: ไม่เกิดอุบัติเหตุ ส่วน TD17 หมายถึงการต้องให้ความสนใจในเรื่องชุมชนและสิ่งแวดล้อม เมื่อโครงการ

ก่อสร้างตั้งอยู่ในบริเวณที่มีความไวต่อการเกิดผลกระทบในชุมชนหรือสิ่งแวดล้อม คนงานก็ต้องให้ความสนใจต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นดังกล่าว ส่งผลให้งานที่ปฏิบัติงานอยู่นั้นเป็นงานที่ยากขึ้นและเพิ่มอัตราการเกิดอุบัติ: ไม่เกิดอุบัติเหตุอีกด้วย (Mitropoulos et al., 2009) และมากกว่านั้น ผลที่ได้นี้ยังไปในทิศทางเดียวกับผลของการศึกษา Rajendran et al. (2009) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของการออกแบบอาคารเขียวและวิธีการก่อสร้างที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและสุขภาพคนงาน โดยผลที่ได้พบว่าไม่ได้เกิดความแตกต่างมากนักระหว่างโครงการก่อสร้างอาคารดังกล่าวกับอาคารปกติเมื่อพิจาณาในด้านประสิทธิภาพความปลอดภัย เพราะอัตราการเกิดอุบัติเหตุในโครงการก่อสร้างอาคารเขียวนั้นไม่ได้ลดลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารปกติ แต่กลับมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการมากขึ้นเพื่อให้โครงการก่อสร้างอาคารดังกล่าวเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และทำให้มีคำถามเกิดขึ้นว่าอาคาร Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) เหล่านี้ควรถือเป็นอาคารแบบยั่งยืน (Sustainable Buildings) หรือไม่ สุดท้าย (4) ปัจจัย C2 (การฝึกอบรมในงานที่ทำ) มีค่าความสัมพันธ์ทางบวกกับ Log of odds ของการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นสัญญาณได้ว่ายิ่งฝึกอบรมมากอัตราการเกิดอุบัติ: ไม่เกิดอุบัติเหตุยิ่งมากขึ้น โดยปัจจัยดังกล่าวนี้หมายถึงระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาของคนงานซึ่งทำให้สมรรถะของคนงานนั้นพัฒนาขึ้น ผลที่ได้นั้นต่างจากที่คาดไว้เบื้องต้น แต่ผู้ที่เข้าร่วมให้ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ส่วนมากมีการฝึกอบรมโดยเพื่อนร่วมงาน ไม่ใช่ผู้ชำนาญการ ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ไปอยู่ในด้านตรงข้ามที่คาดไว้ แต่กระนั้นผลลัพธ์ที่ได้นี้ก็ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Patel and Jha (2015) ทีได้อ้างว่าสมรรถนะในการทำงานที่พัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการฝึกอบรมหรือให้ความรู้นั้นส่งผลต่อเสริมสร้างบรรยากาศความปลอดภัยในการทำงานน้อยมาก แต่กลับกันผลของการศึกษาของ Fang et al. (2006) กลับระบุว่าสมรรถนะของคนงานนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดอุบัติเหตุในโครงการก่อสร้าง

สำหรับกระบวนการเครือข่ายประสาทเทียม แบบจำลองสุดท้ายที่ได้พัฒนาผ่านเทคนิค ANN นั้นได้ผลลัพธ์เป็นเครือข่าย 35-17-2 ซึ่งเครือข่ายดังกล่าวนั้นหมายถึง 35 นิวรอนในชั้นป้อนข้อมูลเข้า (ปัจจัย), 2 นิวรอนในชั้นส่งข้อมูลออก (เกิด หรือ ไม่เกิด) และ 17 นิวรอนในชั้นซ่อน โดยเครือข่ายนี้ได้ถูกนำเสนอพร้อมกันกับอีก 4 เครือข่าย และผลจากตารางที่ 4.4 พบว่าทั่ง 5 เครือข่ายที่ได้นำเสนอเข้าไปนั้นมีประสิทธิภาพในการทำนายคล้ายๆ กันคือมีความแม่นยำเท่ากันที่ 92% แต่เครือข่าย 35-17-2 ได้รับการถูกคัดเลือกเป็นแบบจำลองสำหรับการทำนายเนื่องจากมีค่า RMSE ที่น้อยที่สุด (Goh and Chua, 2013) โดยแบบจำลองที่ถูกคัดเลือกดังกล่าวมีความแม่นยำในการจัดกลุ่มของคำตอบ (Classified Instances) ที่ 92% ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงถือว่าสามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างสมเหตุสมผล ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 5 เครือข่ายที่แสดงในตารางที่ 4.4 นั้นดูจะได้ผลลัพธ์ที่คล้ายๆ กันยกเว้นค่า RMSE สาเหตุของผลที่ได้ดังกล่าว

อาจเกิดจากจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนายังไม่มากพอ ถ้าลองจำนวนข้อมูลที่ใช้มากขึ้นอาจทำให้เป็นการพิสูจน์ข้อสันนิษฐานนี้ได้และมากกว่านั้น ยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดประสิทธิภาพในการทำนายที่ดีขึ้นสำหรับแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียม (Tatari et al., 2013; Patel and Jha, 2015)

ผลของกระบวนการตรวจสอบแบบจำลอง ผลที่ได้สุดท้ายนั้นช่วยย้ำให้เห็นว่าแบบจำลองที่ถูกพัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN สมควรถูกนำเสนอให้เป็นแบบจำลองสำหรับการทำนายอุบัติตามหลักการ CWBM ความแม่นยำของแบบจำลองดังกล่าวเมื่อทำการพิสูจน์ในกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองพบว่ามีค่าความแม่นยำถึง 90% ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับแบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดยวิธี LR โดยได้รับค่าความแม่นยำเพียง 75% ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลที่ได้ในงานวิจัยของ Goh and Sa'adon (2015) ที่แนะนำว่าวิธี ANN นั้นถูกแนะนำให้นำมาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของคนงานก่อสร้าง สิ่งที่น่าสังเกตุก็คือ ในระหว่างการพัฒนาแบบจำลองบนพื้นฐานวิธี LR ในขั้นตอนการพัฒนาสุดท้ายนั้น แบบจำลองได้รับค่าความแม่นยำถึง 96% ดังตารางที่ 4.2 แต่ผลของกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองประสิทธิในการทำนายกลับลดลงเหลือ 75% ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN โดยประสิทธิภาพในการทำนายนั้นลดลงไม่มากนัก คือ 92% เป็น 90% ผลลัพธ์ที่ได้ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN ได้อย่างชัดเจน โดยหลักการการทำงานของวิธี ANN ที่พยายามลอกเลียนการทำงานของสมองมนุษย์นั้นทำให้ผลที่ได้นั้นตรงกับความพยายามของงานวิจัยนี้ ที่พยายามเข้าใจกระบวนการความคิดของคนงาน ดังนั้น แบบจำลองที่ได้พัฒนาบนหลักการพื้นฐานวิธี ANN จึงถูกแนะนำให้เป็นแบบจำลองเพื่อการทำนายอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง

4.7 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องมือเพื่อช่วยในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง โดยในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นข้อมูลเชิงลึกว่าสาเหตุหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดมาจากพฤติกรรมของคนงาน และแบบจำลอง CWBM ก็ได้ถูกนำเสนอในการศึกษาครั้งนี้เพื่อต่อสู้กับสาเหตุหลักดังกล่าวบนพื้นฐานมุมมองของหลักการพุทธิปัญญา ในแบบจำลอง CWBM นั้น ได้ยืนยันว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้างนั้นถูกก่อร่างขึ้นโดย 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงานและ 12 ปัจจัยของด้านความสามารถในการทำงานและส่งผลไปสู่ความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุ เทคนิค LR และ ANN ได้ถูกเปรียบเทียบกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ และแบบจำลองที่มีการพัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN ได้แสดงให้เห็นถึงความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แม่นยำในระดับ 90% และควรได้รับการคัดเลือกเป็นตัวทำนายอุบัติเหตุของแบบจำลอง CWBM เนื่องจากระดับของผลกระทบของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นมีความแตกต่างและหลากหลาย เริ่มตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อยจนกระทั่งเสียชีวิต ดังนั้นแบบจำลองที่จะใช้ในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุนั้นต้องการความแม่นยำในขั้นสูงสุด ไม่เหมือนกับแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR ซึ่งใช้ตัวแปรในการทำนายเพียงแค่ 4 ตัวแปรจึงทำให้ความแม่นยำของแบบจำลองที่ได้นั้นลดลง การใช้ตัวแปรทั้ง 35 ตัวแปรในเครือข่าย 35-17-2 ในแบบจำลอง ANN จึงทำให้แบบจำลองที่ได้ดังกล่าวสามารถดึงศักยภาพในการทำนายได้สูงสุด ทั้งนี้ เทคนิคทั้งสองดังกล่าวสามารถเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างความเข้าใจของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมความปลอดภัยได้เป็นอย่างดี

การใช้ประโยชน์จากแบบจำลองการทำนายอุบัติเหตุของ CWBM ที่มีพื้นฐานวิธี ANN นั้น ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุของคนงานแต่ละคนได้อย่างง่ายดายในช่วงเวลาก่อนเริ่มงานในแต่ละวัน โดยการประเมินปัจจัย 23TDs และ 12Cs ในมาตรวัด 5 ระดับผ่านทางแบบประเมิน ทั้ง 35 ปัจจัยถูกคูณเข้ากับน้ำหนักของตัวมันเอง ซึ่งปัจจัยทั้ง 35 ตัวพร้อมกับน้ำหนักของตัวมันเองนี้กลายเป็นตัวแทนในนามของตัวแปรอิสระ นำตัวแปรอิสระดังกล่าวป้อนค่าเข้าไปในเครือข่าย 35-17-2 ของโปรแกรม WEKA แล้วประมวลผลบนแบบจำลองการทำนายที่พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นตัวโปรแกรมก็จะแสดงผลออกมา บนขั้นตอนการการประเมินลักษณะนี้ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถระบุคนงานที่ผิดปกติผู้ที่ซึ่งไม่พร้อมต่องานที่ได้รับมอบหมายและต้องมีการนำคนงานอื่นที่มีความพร้อมและเหมาะสมต่องานดังกล่าวเข้ามาแทนที่

ข้อจำกัดและการศึกษาในอนาคตมีรายละเอียดดังต่อไปนี้: (1) ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากโครงการก่อสร้างของประเทศไทยเท่านั้น และระบุเฉพาะโครงการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นทำให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับโครงการก่อสร้างในประเทศที่มีบริบทที่คล้ายกันเท่านั้น (2) การศึกษาในครั้งในเป็นการศึกษาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เพื่อที่จะได้ข้อมูลอย่างพอเพียงสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีนัยยะสำคัญ ถึงแม้ว่าข้อมูลที่ใช้ในวิเคราะห์นั้นสามารถเป็นตัวแทนทั่วไปของคนงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยได้ แต่วิธีการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวก็ยังคงเป็นปัญหาต่อความถูกต้องของข้อมูลอยู่ ดังนั้น การศึกษาต่อเนื่องจากนี้อาจต้องนำกลยุทธ์การสุ่มตัวอย่างแบบชั้น (Stratified Sampling) เข้ามาลบล้างข้อด้อยดังกล่าวต่อไป (3) งานวิจัยนี้ถูกตัดสินข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลนั้นอาจไม่สะท้อนผลของสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบพลวัต การที่มีการพัฒนาของเทคโนโลยีระบบข้อมูลข่าวสาร (Information and Communications Technology: ICT) ในปัจจุบันจะช่วยเป็นทางเลือกในการตามติดพฤติกรรมของคนงานและได้รับข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real-time Basis) (4) การที่ใช้ข้อมูลเพียง 100 ชุดในการพัฒนาแบบจำลองอาจทำให้เกิดข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

การที่มีชุดข้อมูลที่มากขึ้นช่วยส่งเสริมให้ศักยภาพในการทำนายของแบบจำลองนั้นสูงขึ้น และมากกว่านั้น ความแม่นยำและน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลองที่นำเสนอนี้สามารถพัฒนาขึ้นได้โดยกำจัดตัวแปรที่ไม่เหมาะสมออกไปได้ด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ถูกคาดหวังให้กลายเป็นพื้นฐานในการสร้างสมมุติฐานงานวิจัยขึ้นมาใหม่ๆ เกี่ยวกับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในด้าน TD และ C ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของคนงานก่อสร้าง สุดท้าย งานวิจัยนี้ยังช่วยให้เป็นพื้นฐานสำหรับการเลือกเทคนิคการวิเคราะห์แบบจำลองไม่ใช่เส้นตรงในการศึกษาอื่นๆ ต่อไป

4.8 รายการอ้างอิง

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2552. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

Abdelhamid, T. S., and Everett, J. G. (2000). Identifying root causes of construction accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, 126(1): 52-60.

Atici, U. (2011). Prediction of the strength of mineral admixture concrete using multivariable regression analysis and an artificial neural network. **Expert Systems with applications**, 38(8): 9609-9618.

Berry, M. J., and Linoff, G. (1997). **Data mining techniques: for marketing, sales, and customer support**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Bertram, D. (2017). **Likert Scale CPSC 681 – Topic Report**. (http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf) (Jul. 25, 2017).

Blomberg O. (2011). Conceptions of cognition for cognitive engineering. **The International Journal of Aviation Psychology**, 21(1): 85-104.

BLS (Bureau of Labor Statistics). (2015). **Census of fatal occupational injuries (CFOI) – Current and Revised Data** [Online]. Available: https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0014.pdf [Accessed: 20 December 2016].

Chiou, Y.-C. (2006). An artificial neural network-based expert system for the appraisal of two-car crash accidents. **Accident Analysis & Prevention**, 38(4): 777-785.

Chua, D., Loh, P., Kog, Y., and Jaselskis, E. (1997). Neural networks for construction project success. **Expert Systems with Applications**, 13(4): 317-328.

Dekker S (2014). **The field guide to understanding human error'**. Santa Clara, California: Ashgate Publishing Ltd.

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.

Diekmann, J., Girard, M., and Abdul-Hadi, N. (1994). **DPI-disputes potential index: A study into the predictability of contract disputes Source documents-101**: Construction Industry Institute Publication, University of Texas at Austin, Austin, Tex.

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.

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.

Fang, D., Zhao, C., and Zhang, M. (2016). A cognitive model of construction workers' unsafe behaviors. **Journal of Construction Engineering and Management**, 142(9): 04016039.

Field, A. (2009). **Discovering statistics using SPSS**: Sage publications.

Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. **Accident Analysis & Prevention**, 37(3): 461-472.

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.

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).

Gould, F., Joyce, N. (2009). **Construction project management**, third editon. USA: Pearson.

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.

Haykin, S. (1994). **Neural networks: A comprehensive foundation**. New York: Macmillan college publishing company.

Heinrich,H. (1959). **Industrial accident prevention**: A scientific approach. 4th Edition. NY: McCraw Hill.

Hinze, J. (1996). The distraction theory of accident causation. **Paper presented at the in Proceedings of the International Conference On Implementation of Safety and Health on Construction Sites,** Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

HSE (Health and Safety Executive). (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system. **Contract Research Report 430/2002**. Suffolk (UK): Sudbury

IBM Corp. (2012). **IBM SPSS statistics for windows** [Computer software]. Armonk, NY.

ILO (International Labor Organization). (2005**). Facts on safety work** [Online]. Geneva, Available: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—dgreports/—dcomm/documents/publication/wcms_067574.pdf [Accessed: 20 December 2016].

Jain, A. K., and Mao, J. (1996). **Artificial neural networks**: a tutorial. IEEE Transactions on Computer, 29(3): 31-44.

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.

Kaila, H. L. (2011). Organizational cases on behaviour-based safety (BBS) in India. The International **Journal of Human Resource Management**, 22(10): 2135-2146.

Kandhasamy, J. P., and Balamurali, S. (2015). Performance Analysis of Classifier Models to Predict Diabetes Mellitus. **Procedia Computer Science**, 47: 45-51.

Kleinbaum, D. (1994). **Logistic regression: A self-learning text.** New York: Springer.

Kleinbaum, D. G., Klein, M., and Pryor, E. (2002). **Logistic regression: a self-learning text**. New York, USA: Springer.

Le Coze JC. (2015). Reflecting on Jens Rasmussen's legacy. A strong program for a hard problem. **Safety Science**, 71(0): 123-141.

Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, Layman, M., and Combs, B. (1978). Behaviour perceived frequency of low-probability lethal events. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, 26(4): 551-577.

Ling, F. Y. Y., and Liu, M. (2004). Using neural network to predict performance of design-build projects in Singapore. **Building and Environment**, 39(10): 1263-1274.

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.

Machine Learning Group at the University of Waikato (2016). **WEKA** [Computer software]. The University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

Maiti, J., Chatterjee, A., and Bangdiwala, S. (2004). Determinant of work injury–an application of structural equation modelling. **Injury Control and Safety Promotion**, 10: 29-37.

Meng, X.-H., Huang, Y.-X., Rao, D.-P., Zhang, Q., and Liu, Q. (2013). Comparison of three data mining models for predicting diabetes or prediabetes by risk factors. **The Kaohsiung Journal of Medical Sciences**, 29(2): 93-99.

Mitropoulos, P. T., and Cupido, G. (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): 265-275.

Mitropoulos, P., Cupido, G., and Namboodiri, M. (2009). Cognitive approach to construction safety: Task demand-capability model. **Journal of Construction Engineering and Management**, 135(9): 881-889.

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.

Mohammadipour, A. H., and Alavi, S. H. (2009). The optimization of the geometric cross-section dimensions of raised pedestrian crosswalks: A case study in Qazvin. **Accident Analysis & Prevention**, 41(2): 314-326.

MOM (Ministry of Manpower). (2008) **Reports and statistics** [Online]. Available: http://www.mom.gov.sg/Home/Pages/reports_and_statistics. aspx [Accessed: 20 December 2016].

Norusis, M. J. M. J. (1994**). SPSS: SPSS advanced statistics 6.1**. Chicago: SPSS Inc..

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).

Patel, D. A., and Jha, K. N. (2016). Evaluation of construction projects based on the safe work behavior of co-employees through a neural network model. **Safety Science**, 89: 240-248.

Patel, D., and Jha, K. (2015). Neural network approach for safety climate prediction. **Journal of Management in Engineering**, 31(6): 05014027.

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, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**, 27(2): 183-213.

Ross, L. T., Ross, T. P., Farber, S., Davidson, C., Trevino, M., and Hawkins, A. (2011). The theory of planned behavior and helmet use among college students. **American Journal of Health Behavior**, 35(5): 581-590.

Rumelhart, D. E., Widrow, B., and Lehr, M. A. (1994). The basic ideas in neural networks. **Communications of the ACM**, 37(3): 87-93.

Samarasinghe, S. (2007). **Neural networks for applied sciences and engineering**. Boca Raton: Taylor & Francis.

Sharma, S. S. (1996). **Applied multivariate techniques**. New York: John Wiley & Sons.

Sniehotta, F. (2009). An experimental test of the theory of planned behavior. **Applied Psychology: Health and Well‐Being**, 1(2): 257-270.

Somchainuck O, Taneerananon P, Jaritngam S. (2012). An in-depth investigation of roadside crashes on Thai national highways. **Engineering Journal**, 17(2): 63-74.

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

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** [Online]. Available: http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook2558.pdf [Accessed: 20 December 2016].

Suraji, A., Duff, A. R., and Peckitt, S. J. (2001). Development of causal model of construction accident causation. **Journal of Construction Engineering and Management**, 127(4): 337-344.

Tam, C. M., Leung, A. W. T., and Liu, D. K. (2002). Nonlinear models for predicting hoisting times of tower cranes. **Journal of Computing in Civil Engineering**, 16(1): 76-81.

Tatari, O., Sargand, S. M., Masada, T., and Tarawneh, B. (2013). Neural network approach to condition assessment of highway culverts: Case study in Ohio. **Journal of Infrastructure Systems**, 19(4): 409-414.

The American Heritage, Dictionary of English Language, Fifth Edition (2017). **cognition.** [Online]. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. Available: https://ahdictionary.com/word/search.html?q=cognition [Accessed: 20 September 2017].

Toole, T. M. (2002). Construction site safety roles. **Journal of Construction Engineering and Management**, 128(3): 203-210.

Tung, Y.-K. (1985). Channel scouring potential using logistic analysis. **Journal of Hydraulic Engineering**, 111(2): 194-205.

Wei, C.-H., and Lee, Y. (2007). Sequential forecast of incident duration using artificial neural network models. **Accident Analysis & Prevention**, 39(5): 944-954.

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

Wong, C. H. (2004). Contractor performance prediction model for the United Kingdom construction contractor: Study of logistic regression approach. **Journal of Construction Engineering and Management**, 130(5): 691-698.

Yadav, A. K., Malik, H., and Chandel, S. S. (2014). Selection of most relevant input parameters using WEKA for artificial neural network based solar radiation prediction models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 31: 509-519.

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.

Zurada, J. M. (1992). **Introduction to artificial neural systems**. Los Angeles, CA: West Publishing.

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาผ่านมาและข้อมูลสถิติเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างนั้น พบว่าสาเหตุหลักของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเกิดมาจากตัวคนงาน และพฤติกรรมการทำงานที่ไม่ปลอดภัยของตัวคนงานนั่นเอง การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุไม่ให้เกิดขึ้นนั้นควรต้องเข้าใจกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย การใช้มุมมองของพุทธิปัญญานั้นช่วยให้สามารถอธิบายกลไกการเกิดข้อผิดพลาดและพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี โดยกระบวนการพุทธิปัญญานี้ไม่ได้พิจารณาแต่พฤติกรรมส่วนบุคคลเพียงอย่างเดียว แต่ยังพิจารณาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ภายนอกอีกด้วย ซึ่งมันสะท้อนการทำงานจริงที่คนงานก่อสร้างต้องเผชิญอยู่ในแต่ละวันของการทำงาน การใช้มุมมองของพุทธิปัญญาเพื่อมาพัฒนาเครื่องมือในการทำนายโอกาส ในการเกิดอุบัติเหตุของคนงานแต่ละคนย่อมเป็นการยกระดับประสิทธิภาพการจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้างให้ดีขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 อย่างด้วยกันก็คือ (1) พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงที่ประกอบด้วยปัจจัยบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญา และ (2) พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูงที่สามารถทำนายการเกิดอุบัติเหตุหรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อประสบอุบัติเหตุบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หลักดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญาขึ้นมา 2 ตัวด้วยกัน แบบจำลองตัวแรกเป็นแบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium Model: CSEM) ที่ได้ผนวกเอาหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนเข้ามาพิจารณา ส่วนตัวที่สองคือแบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (Construction Workers Behaviors Model: CWBM) ซึ่งพัฒนาบนพื้นฐานแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรง บทสรุปของการพัฒนาแบบจำลองทั้งสองตัวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (CSEM) เป็นการสังเคราะห์การศึกษาของ Rasmussen ที่อธิบายการทำงานของคนงานที่มีพฤติกรรมเข้าใกล้ขอบเขตการสูญเสียกับหลักการเกิด

อุบัติเหตุบนท้องถนนของการศึกษาโดย Fuller ที่ระบุว่าอุบัติเหตุบนท้องถนนเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของงานมากกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ (TD>C) แบบจำลอง CSEM นี้เป็นแบบจำลองที่อธิบายพฤติกรรมการทำงานคนงานเป็นรายบุคคล ที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขข้อจำกัดของความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานในแต่ละสถานการณ์ และที่สำคัญแบบจำลอง CSEM เป็นแบบจำลองที่แยกการพิจารณาประเด็นเรื่องงานและคนงานออกจากกันอย่างอิสระ แล้วเพียงแค่ใช้หลักการจับคู่งานให้เหมาะสมกับคนงานอุบัติเหตุก็จะไม่เกิดขึ้นและยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย

การพัฒนาแบบจำลอง CSEM เริ่มตั้งแต่ศึกษาส่วนประกอบของแบบจำลองจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญาพร้อมกับเก็บผลสำรวจเบื้องต้นในโครงการก่อสร้างจริงโดยผู้วิจัยเอง พร้อมทั้งมีการอภิปรายปัจจัยเบื้องต้นที่ได้ผ่านเหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงบนหน้าข่าวหนังสือพิมพ์ จากนั้นนำปัจจัยเบื้องต้นดังกล่าวไปเข้ากระบวนการคัดปัจจัยและให้น้ำหนักปัจจัยโดยวิธี Delphi และ AHP ผ่านคณะผู้ชำนาญการความปลอดภัยอาคารสูงจำนวน 9 ท่าน และเมื่อผ่านขั้นตอนของกระบวนการ Delphi จำนวน 2 รอบของการให้ข้อมูลก็ได้ความเป็นเอกฉันท์ท่ามกลางความคิดเห็นของคณะกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการระบุว่าทั้ง 35 ปัจจัยที่ได้นำเสนอไว้เบื้องต้นนั้นไม่มีปัจจัยใดถูกคัดออก โดยปัจจัยเหล่านี้สามารถวางเป็นมาตรฐานของโครงการก่อสร้างอาคารสูงโดยทั่วไปได้ แต่สำหรับในมุมมองของโครงการก่อสร้างในลักษณะอื่นนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในตัวปัจจัยเหล่านี้ ส่วนผลที่ได้จากกระบวนการ AHP ก็ได้แสดงให้เห็นถึงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้อง น้ำหนักเหล่านี้จะแสดงระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแบบจำลอง CSEM มากกว่านั้น น้ำหนักเหล่านี้ยังสามารถช่วยให้ผู้บริหารโครงการจัดการแผนงานหรือกลยุทธ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาน้ำหนักของปัจจัยในแต่ละตัวที่ได้

ในส่วนการทดลองใช้งานแบบจำลอง CSEM ในเหตุการณ์อุบัติเหตุจริง 100 เหตุการณ์นั้นพบว่า หลักการ CSEM ที่ได้ประยุกต์หลักการพุทธิปัญญาเข้ากับหลักการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของ Fuller ที่ระบุว่าความต้องการของงานสูงกว่าความสามารถของผู้ขับขี่ส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมและเกิดการปะทะของยานพาหนะได้ นั้นไม่อาจสามารถนำมาใช้กับการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างได้ ต้องมีการปรับเปลี่ยนหลักการของแบบจำลองที่นำเสนอเข้ามาใหม่ เพราะจากการศึกษาที่ได้พบว่ามีเพียง 24 เหตุการณ์จาก 100 เหตุการณ์เท่านั้นที่อุบัติเหตุเกิดในช่วงที่ TD > C ส่วนที่เหลืออุบัติเหตุจะเกิดขึ้นเมื่อ TD < C อย่างไรก็ตาม ผลจากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาช่วยสนับสนุนให้เห็นว่าอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยเป็นสาเหตุหลัก และปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบบนพื้นฐานหลักการพุทธิปัญญานั้นสามารถช่วยให้อธิบายกลไก

ข้อผิดพลาดของมนุษย์และอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยได้ ในส่วนของความพยายามทำให้แบบจำลอง CSEM สามารถทำนายระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ค่าความต่าง (Differnce) ของค่า TD และ C เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (Cost) หรือเปรียบเทียบกับค่าระดับผลกระทบ (Impact Level) ที่นำเสนอ ผลที่ได้พบว่าข้อมูลมีกระจายตัวที่ค่อนข้างมาก กระจัดกระจายและไม่มีทิศทางแนวโน้มที่แน่ชัดและไม่สามารถสร้างสมการพยากรณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นแบบจำลองที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ไม่ใช่เส้นตรง (Non-linear) ควรจะได้รับการพิจารณาสำหรับการพัฒนาแบบจำลองในขั้นต่อไป

2) สืบเนื่องจากผลจากการพัฒนาแบบจำลอง CSEM ที่ได้นั้นไม่มีศักยภาพเพียงพอในการทำนายการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ หรือระดับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองตัวที่สองเกิดขึ้น แบบจำลองพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้าง (CWBM) ซึ่งพัฒนาบนพื้นฐานแบบจำลองไม่ใช่เส้นตรงได้ถูกพัฒนาเข้ามาแทนที่แบบจำลอง CSEM ที่วางความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของค่าความต้องการของงานกับความสามารถที่มี (TD-C) กับการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุในรูปแบบเส้นเส้นตรง โดยแบบจำลอง CWBM ที่พัฒนาขึ้นนี้อยู่บนพื้นฐานมุมมองของหลักการพุทธิปัญญา และแบบจำลองดังกล่าวสามารถยืนยันว่าพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของของคนงานก่อสร้างนั้นถูกก่อร่างขึ้นโดย 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงานและ 12 ปัจจัยของด้านความสามารถในการทำงานและส่งผลไปสู่ความเป็นไปได้ของการเกิดอุบัติเหตุ ในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองนั้น เทคนิคการถดถอยแบบโลจิสติก (LR) และเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียม (ANN) ได้ถูกนำเสนอเข้ามาประยุกต์ใช้และเปรียบเทียบกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบบจำลองที่มีการพัฒนาบนพื้นฐานวิธี ANN ได้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในระดับ 90% ในกระบวนการตรวจสอบแบบจำลองและควรจะได้รับการคัดเลือกเป็นตัวทำนายอุบัติเหตุของแบบจำลอง CWBM เนื่องจากระดับของผลกระทบของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นมีความแตกต่างและหลากหลาย ไล่ตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อยจนกระทั่งเสียชีวิต ดังนั้นแบบจำลองที่จะใช้ในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุนั้นต้องการความแม่นยำในขั้นสูงสุด ไม่เหมือนกับแบบจำลองที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธี LR ซึ่งใช้ตัวแปรในการทำนายเพียงแค่ 4 ตัวแปรจึงทำให้ความแม่นยำของแบบจำลองที่ได้นั้นลดลง การใช้ตัวแปรทั้ง 35 ตัวแปรในเครือข่าย 35-17-2 ในแบบจำลอง ANN จึงทำให้แบบจำลองที่ได้ดังกล่าวสามารถดึงศักยภาพในการทำนายได้สูงสุด ทั้งนี้ เทคนิคทั้งสองดังกล่าวสามารถเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างความเข้าใจของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมความปลอดภัยได้เป็นอย่างดี

5.2 การใช้งานแบบจำลองที่ได้

จากผลการศึกษาวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปว่า แบบจำลอง CWBM ที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียมนั้นเป็นแบบจำลองที่ถูกวางให้เป็นเครื่องมือสำหรับการช่วยทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างอาคารสูง โดยแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่มีส่วนประกอบของปัจจัยที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญา ซึ่งมีศักยภาพในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุได้เป็นที่น่าพอใจ การใช้ประโยชน์จากแบบจำลองดังกล่าวในการทำนายการเกิดอุบัติเหตุเบื้องต้นนั้นสามารถสร้างเป็นคู่มือปฏิบัติงาน (Work Manual) ชื่อ “การประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง (Accident Assessment of Constructions’ Workers)” เพื่อนำเสนอให้แก่ผู้ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้างอาคารสูงโดยมีรายละเอียดของคู่มือดังต่อไปนี้

5.2.1 วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ

1) เพื่อให้หน่วยงานมีคู่มือปฏิบัติงานเรื่องการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง (Accident Assessment of Constructions’ Workers) ที่ชัดเจน อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร ที่แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของกิจกรรม/กระบวนการต่างๆ ของหน่วยงาน และสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ

2) เพื่อเป็นหลักฐานแสดงการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง ที่สามารถถ่ายทอดให้กับผู้เข้ามาปฏิบัติงานใหม่ทำให้สามารถเกิดการเรียนรู้งานได้อย่างรวดเร็วและพัฒนาทำให้เกิดการทำงานอย่างมืออาชีพ รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นเอกสารเผยแพร่ให้กับบุคคลภายนอกหรือผู้สนใจให้สามารถเข้าใจและใช้ประโยชน์จากกระบวนการดังกล่าว

3) เพื่อใช้กำกับ ติดตาม ผลดำเนินงานในแต่ละกระบวนการของการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง ที่มีเจ้าหน้าหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบอย่างชัดเจน เป็นผลให้เกิดประสิทธิภาพในการติดตามประเมินผลดำเนินงานทั้งรายบุคคลและหน่วยงาน

4) เพื่อใช้พัฒนา ปรับปรุงแนวทางดำเนินงานของการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง เพื่อให้เกิดการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นไป

5.2.2 ขอบเขต

จากสถิติที่ผ่านมาพบว่าการประสบอุบัติเหตุจากการทำงานจนเสียชีวิตในทุกๆ 6 ครั้งจะมี 1 ครั้งเกิดขึ้นในงานก่อสร้าง (International Labor Organization [ILO], 2005) ในแต่ละปีอุตสาหกรรมก่อสร้างทั่วโลกนั้นมียอดผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานประมาณ 60,000 คนต่อปี (ILO 2005) ซึ่งจำนวนดังกล่าวนั้นประมาณการได้ว่ามีการเสียชีวิตของคนงานก่อสร้าง 1 รายในทุกๆ 10 นาที โดยสาเหตุที่เป็นปัจจัยหลักของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างนั้นเกิดมาจากตัวคนงานและพฤติกรรมของคนงานในระหว่างที่ทำการปฏิบัติงานในหน้าที่ที่ได้รับผิดชอบ

(Haslam, Hide, Gibb, Gyi, Pavitt, Atkinson, and Duff 2005; Health and Safety Executives [HSE] 2002; Kaila 2011; Heinrich 1959)

โดยคนงานมีพฤติกรรมการทำงานที่เปิดรับกับความเสี่ยง (Expose to Hazard) และเข้าใกล้ความเสี่ยงตลอดเวลาเนื่องจากแรงกดดันสองตัว (Rasmussen 1997) โดยแรงกดดันตัวแรกก็คือแรงกดดันจากฝ่ายบริหาร (Management Pressures) ในเรื่องการผลิตที่ต้องการจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ขณะเดียวกันคนงานก็ต้องการใช้ความอุตสาหะให้น้อยที่สุด (Tendency for Least Effort) ซึ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระงานให้แก่คนงานทันที และส่งผลต่อพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่มากขึ้น หลักการเกิดพฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นนั้นอยู่บนพื้นฐานของหลักการพุทธิปัญญา (Cognitive Theory) ซึ่งให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของระบบงาน (ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ กลไกของงาน และบริบทของงาน) ที่มีผลต่อการตัดสินใจ พฤติกรรมการทำงาน ไปจนถึงความเป็นไปได้ในการเกิดข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลว (Fuller 2005)

ดังนั้นการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างตามคู่มือการ ปฏิบัติงานนี้จะเป็นการนำปัจจัยที่มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญามาใช้ในการประเมินพฤติกรรมการทำงานของคนงานก่อสร้างที่ส่งผลต่อการเกิด/ไม่เกิดอุบัติเหตุ การประเมินลักษณะดังกล่าวเป็นการทำนายการเกิดอุบัติเหตุของคนงานแต่ละคนก่อนการเริ่มงานในแต่ละวัน โดยใช้เวลาในการประเมินประมาณ 5-10 นาที ผู้ประเมินจะเป็นหัวหน้างาน (Headman) ของคนงานแต่ละชุด หรือผู้ที่มีหน้าที่บริหารจัดการแรงงานในแต่ละวันของโครงการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งทำให้สามารถระบุคนงานที่ผิดปกติผู้ที่ซึ่งไม่พร้อมต่องานที่ได้รับมอบหมายและส่งผลต่อโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำงานได้ เมื่อทราบผลการประเมินแล้วอาจต้องมีการจัดการเปลี่ยนถ่ายคนงานอื่นที่มีความพร้อมและเหมาะสมเข้ามาแทนที่ หรือในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาคนงานอื่นเข้ามาแทนที่ได้ อาจต้องมีการเพิ่มมาตรการความปลอดภัยและการเฝ้าระวังในตัวคนงานที่ผิดปกติให้มากขึ้น

คู่มือปฏิบัติการนี้จะแสดงให้เห็นกระบวนการขั้นตอนการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง ซึ่งแสดงรายละเอียดถึงขั้นตอนดำเนินงาน (Work Flow) เครื่องมือที่ใช้ ผู้ที่รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน แนวทางวิธีปฏิบัติจนครบกระบวนการประเมิน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้สนใจสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และเป็นระบบต่อไป

5.2.3 คำจำกัดความ

เนื่องจากจากคู่มือปฏิบัติงานการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างนี้มีพื้นฐานบนหลักการพุทธิปัญญา โดยประกอบไปด้วยปัจจัยที่ใช้ในการประเมินทั้งสิ้น 35 ปัจจัย ใน 35 ปัจจัยดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ส่วนของปัจจัยในด้านความต้องการของงาน (Task Demand: TD) ซึ่งหมายถึงปัจจัยที่เกี่ยงข้องกับความยากในการปฏิบัติงานให้ประสบ

ความสำเร็จเมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายเป็นหลัก และส่วนของปัจจัยในด้านความสามารถในการทำงาน (Capability: C) ซึ่งหมายถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของคนงานในการรับมือความต้องการของงานที่ได้รับผิดชอบ เพื่อให้เกิดการประเมินการเกิดอุบัติเหตุอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้ง 35 ปัจจัยควรได้รับความเข้าใจในคำจำกัดความของแต่ละปัจจัย

- ความสลับซับซ้อนของงาน (Task Complexity: TD1) เป็นการอธิบายได้จากความซับซ้อนของงานและระดับความชำนาญของคนงานที่จะมารับผิดชอบ

- การขนส่งวัสดุ (Transportation of Material: TD2) คือการขนย้ายวัสดุจากสโตร์ที่เก็บวัสดุไปยังจุดที่ปฏิบัติงานโดยเกี่ยวข้องกับเครื่องมือเครื่องจักรสำหรับการขนย้าย

- การประสานงานกับงานอื่นๆ (Work Coordination: TD3) อธิบายได้ถึงการประสานงานท่ามกลางฝ่ายอื่นๆ ในงานนั้นๆ เช่นต้องประสานงานกับงานไฟฟ้า หรือประปา ถ้ามีการประสานงานในหลายฝ่าย งานนั้นก็เป็นงานที่ยากขึ้นไปอีก

- พื้นที่ในการทำงาน (Required Working Space: TD4) บรรยายได้จากขนาดของพื้นที่การทำงานที่สามารถเข้าไปใช้ในการทำงานได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่การทำงานขั้นต่ำที่ต้องการ

- วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Type of Main Material: TD5) ปัจจัยย่อยนี้คือชนิดของวัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถมีผลต่อความสามารถทำงานได้ ตัวอย่างเช่น คอนกรีตที่มีการไหลต่ำที่ใช้ในการเทในกำแพงรับแรงทำให้เกิดการทำงานได้ยากเพราะมีการไหลที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตคุณสมบัติทั่วไป

- เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Machines/Equipment: TD6) โดยปัจจัยย่อยนี้เป็นความต้องการในการใช้เครื่องจักรหนัก/หรืออุปกรณ์เพิ่มเติมในการทำงาน

- เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน (Tools: TD7) คล้ายกับปัจจัยย่อยก่อนหน้า โดยปัจจัยย่อยนี้คือการที่ต้องการเครื่องมือพิเศษเพื่อช่วยในการทำงาน ยิ่งต้องใช้เครื่องมือเพิ่มขึ้นเท่าไร งานก็ยิ่งยากขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานโดยทั่วไป

- การออกแบบ (Building Design: TD8) หมายถึงรูปแบบของแบบอาคารที่ถูกออกแบบมาใช้สำหรับก่อสร้างสามารถส่งผลต่อความยากง่ายของงานและภาพรวมของโครงการ

- วิธีการก่อสร้าง (Construction Methods: TD9) ไม่เพียงแต่แบบที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารเท่านั้นที่ส่งผลต่อความยากง่ายของงาน แต่รวมไปถึงวิธีการก่อสร้างที่ใช้ด้วย คนงานจะสามารถทำงานได้ง่ายกว่าในวิธีการที่คุ้นเคย

- ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม (Engineering Tolerances: TD10) โดยปัจจัยย่อยนี้จะบรรยายเกี่ยวกับค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ในแต่ละงาน โดยค่าความคาดเคลื่อนเหล่านี้อาจวัดในรูปของระยะคลาดเคลื่อน ขนาดหรือมิติก็ได้ สิ่งเหล่านี้สามารถส่งผลต่อความยากของงาน

- ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน (Finishing-Work Quality: TD11) คือระดับคุณภาพของงานสถาปัตยกรรม/งานที่เสร็จสมบรูณ์ (Finishing-work) ที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในมาตรฐานโดยทั่วไป หรือสูงกว่ามาตรฐานดังกล่าว

- สภาพอากาศ (Weather Conditions: TD12) คือสภาพอากาศขณะที่ปฏิบัติงาน สภาพอากาศที่ทำให้คนงานรู้สึกไม่สบายตัว เช่น ลม ฝน ความชื้น หรือร้อน สภาพเหล่านี้ส่งผลต่อความยากง่ายในการทำงานเช่นกัน

- สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ (Physical Site Conditions: TD13) ซึ่งประกอบไปด้วย เสียง แสงสว่าง การระบายอากาศ ณ ขณะปฏิบัติงาน ระดับของสภาพดังกล่าวที่ไม่เหมาะสมทำให้คนงานมีการถูกรบกวนการทำงาน

- ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย (Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation: TD14) ปัจจัยย่อยนี้อธิบายถึงความสะอาด มีระเบียบ คุณภาพความเป็นอยู่ในโครงการก่อสร้างและการบริการด้านสุขลักษณะ ถ้าสภาพเหล่านี้แย่หรือไม่เพียงพอ/ไม่เหมาะสมก็ส่งผลต่อความยากของงานและโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานมากขึ้น

- มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน (Work Obstacle Conditions: TD15) ซึ่งก็คือการรบกวนจากงานอื่นๆ ที่ทำงานในพื้นที่เดียวกัน ทำให้คนงานต้องให้ความสนใจในงานที่ทำในพื้นที่เดียวกันแทนที่การให้ความสำคัญเฉพาะงานที่ตนได้รับผิดชอบเท่านั้นและก็ส่งผลทำให้งานมีความยากขึ้น

- สวัสดิการในโครงการ (Site Welfare: TD16) โดยปัจจัยย่อยนี้หมายถึงความเพียงพอของการจัดหาสวัสดิการในโครงการเช่น น้ำดื่ม ห้องน้ำ ที่พักระหว่างการทำงาน ซึ่งสวัสดิการเหล่านี้จะทำให้คนงานมีความสดชื่น กระปรี้กระเปร่าในการทำงาน

- ผลกระทบชุมชนและสิ่งแวดล้อม (Societal and Environmental Impact Awareness: TD17) หมายถึงการต้องให้ความสนใจในเรื่องชุมชนและสิ่งแวดล้อม โดยคนงานนั้นต้องทำงานให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมรอบข้างให้น้อยที่สุด ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้ชุมชนบ้านเรือน ซึ่งทำให้เกิดการร้องเรียนในประเด็นต่างๆ ได้

- การเร่งงาน (Work Pacing: TD18) ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เหลือสำหรับการทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ ถ้าโครงการมีความล่าช้าเกิดขึ้น แผนเร่งงานก็จะถูกเข้ามาใช้งานและงานดังกล่าวก็กลายเป็นงานที่ยากขึ้นทันที

- ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ (Safety Rules Strictness: D19) ปัจจัยย่อยนี้ขึ้นอยู่กับการบังคับใช้กฎความปลอดภัยต่างๆ ในโครงการ คนงานทุกคนในไซท์งานต้องปฏิบัติตามกฎและมาตรการดังกล่าว ไม่ปฏิบัติตัวให้เป็นอันตรายทั้งต่อตนเองและผู้อื่น ถ้ากฎต่างๆ เหล่านี้ไม่ได้ถูกบังคับใช้งานอย่างเข้มงวด งานที่คนงานได้รับมอบหมายในโครงการดังกล่าวก็กลายเป็นงานที่ยากขึ้น

- การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว (Crew Size: TD20) หมายถึงจำนวนคนงานที่เหมาะสมที่ต้องการในแต่ละงาน ถ้าจำนวนคนงานไม่เพียงพอทำให้งานดังกล่าวเป็นงานที่ยากขึ้น

- การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน (Restricted Working Hours: TD21) ปัจจัยย่อยนี้อ้างถึงช่วงเวลาที่คนงานสามารถใช้ปฏิบัติงานในโครงการก่อสร้าง ถ้ามีการจำกัดชั่วโมงการทำงานส่งผลให้งานดังกล่าวยากขึ้น เพราะคนงานจะพยายามทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ภายในเวลาที่จำกัดดังกล่าว

- การมอบหมายงาน (Number of Commanders: TD22) หมายถึงจำนวนเฮดแมนผู้ที่ทำการมอบหมายงานให้คนงานในแต่ละครั้ง ยิ่งมีคนมอบหมายงานหลายคนยิ่งทำให้คนงานมีความสับสนในการปฏิบัติงาน

- การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน (Abrupt Changes of Working Method: D23) โดยปัจจัยย่อยนี้อ้างถึงการเปลี่ยนแปลงในวิธีการทำงานอย่างไม่คาดคิดหรือทันทีทันใด การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานอย่างรวดเร็วนี้ทำให้งานนั้นยากขึ้น

- ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ (Work Experience: C1) บรรยายถึงระดับของประสบการณ์การทำงานของคนงานที่เกี่ยวข้องกับงานที่ได้รับมอบหมายซึ่งส่งผลโดยตรงกับความสามารถในการทำงานของคนงาน

- การฝึกอบรมในงานที่ทำ (Job Training: C2) หมายถึงระดับการฝึกอบรมหรือการศึกษาของคนงานซึ่งสามารถทำให้สมรรถะของเขานั้นพัฒนาขึ้น

- สภาพร่างกายและความแข็งแรง (Health Conditions: C3) พิจารณาจากความแข็งแรงของร่างกาย การเจ็บป่วย มีโรคประจำตัว การดื่มแอลกอฮอล์หรือใช้สารเสพติด

- การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล (Hasty Behavior: C4) ปัจจัยย่อยนี้อธิบายถึงพฤติกรรมการเร่งรีบของบุคคล การเร่งรีบหรืออืดอาดทำให้ความสามารถในการทำงานมีการเปลี่ยนแปลงได้

- ความล้าของร่างกาย (Fatigue: C5) อ้างถึงการเหนื่อยล้าของร่างกายซึ่งมีผลมาจากสภาพจิตใจหรือร่างกายพยายามออกแรงมากหรือมีการเจ็บป่วย โดยความล้าอาจเกิดได้จากการที่คนงานทำงานล่วงเวลาติดต่อกันหลายวัน

- ความหงุดหงิดของจิตใจ (Frustration: C6) โดยสัมพันธ์กับความรู้สึกที่ถูกรบกวนจิตใจหรือทำให้เกิดอารมณ์เสีย คนงานสามารถเกิดความหงุดหงิดได้ทั้งในเรื่องงาน หรือเรื่องส่วนตัว ถ้ามีเรื่องให้รบกวนจิตใจทั้งสองเรื่อง ความสามารถในการทำงานก็สามารถลดลงได้

- ความพึงพอใจและทัศนคติในงานที่ทำ (Job Satisfaction: C7) โดยปัจจัยนี้อ้างถึงความรู้สึกและความยินดีที่เกิดขึ้นกับงานที่ทำ ซึ่งความพึงพอใจและทัศนคติต่องานที่ทำสามารถเพิ่มหรือลดความสามารถในการทำงานได้

- การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน (Working Relationship: C8) บรรยายถึงสถานะการเชื่อมต่อ/ติดต่อกับเพื่อนร่วมงาน เนื่องจากงานก่อสร้างเป็นงานที่ต้องทำงานร่วมกับคนงานอื่นเป็นจำนวนมาก การมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีช่วยให้การประสานงานราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

- ความตั้งใจในการทำงาน (Work Attention: C9) การสูญเสียความตั้งใจในการทำงานสามารถนำให้คนงานไปสู่สภาวะความเสี่ยงได้เนื่องจากความสามารถลดลง ควรให้ความสนใจ/ตั้งใจต่องานที่ตนเองได้รับผิดชอบอย่างเดียว การทำงานโดยที่จิตใจไม่เต็มร้อยนั้นไม่ควรทำอย่างยิ่ง

- ความไม่ประมาท (Safety Awareness: C10) เมื่อไรก็ตามที่คนงานมีความตระหนักในเรื่องการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน ความสามรถในการทำงานก็สามารถเพิ่มขึ้นได้ คนงานต้องมีการระมัดระวังและพึงตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

- ความสามารถของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Work Experience: C11) ปัจจัยย่อยนี้เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การทำงานของผู้ควบคุมงาน ผู้ควบคุมงานที่มีประสบการณ์และความชำนาญสามารถให้คำแนะนำหรือส่งต่อความรู้ให้แก่ลูกทีมได้เป็นอย่างดี ยิ่งผู้ควบคุมงานมีประสบการณ์มากยิ่งทำให้คนงานที่เป็นลูกทีมมีความสามารถมากขึ้นด้วย

- ความสามารถในการสื่อสารของผู้ควบคุมงาน (Foreman's Communication Ability: C12) หมายถึงการที่ผู้ควบคุมงานมีความสามารถในการสื่อสารกับลูกทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสื่อสารที่ดีสามารถทำให้แน่ใจได้ว่าทุกคำสั่งที่ได้ระบุไปได้ถูกเข้าใจอย่างชัดเจน ซึ่งปัจจัยย่อยนี้มีความสำคัญมากขึ้นไปอีกเมื่อต้องรับมือกับคนงานต่างชาติที่มาทำงานก่อสร้าง

5.2.4 หน้าที่ความรับผิดชอบ

ผู้จัดการโครงการ (Project Manager: PM) มีหน้าที่ มอบหมายนโยบาย พิจารณางบประมาณ กำหนดผู้รับผิดชอบ กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (Safety Officer: SO) มีหน้าที่รายงานสถิติการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละวัน นำเสนอมาตรการความปลอดภัยที่จะบังคับใช้เพิ่มเติมกับคนงานที่ถูกระบุว่าไม่พร้อมต่องาน

ที่ได้รับมอบหมายแต่ยังคงต้องรับผิดชอบในงานดังกล่าวอยู่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านจำนวนคนงานที่ไม่เพียงพอไม่สามารถหาคนงานอื่นมาแทนที่ได้

เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (Human Resource Officer: HRO) มีหน้าที่รับข้อมูลการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานจากหัวหน้าคนงานในแต่ละกลุ่ม นำมาวิเคราะห์ผลแล้วทำการบริหารจัดการแรงงานให้เหมาะสมตามผลวิเคราะห์ที่ได้รับตามจำนวนคนงานที่สามารถใช้งานได้

หัวหน้าคนงาน (Headman: HM) มีหน้าที่ประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างของคนงานที่ตนรับผิดชอบ โดยใช้แบบฟอร์มการประเมิน 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงาน และ 12 ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน

คนงาน (Worker: WK) มีหน้าที่เข้ารับการประเมินการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานของแต่ละวัน กับหัวหน้าคนงานของตนเอง

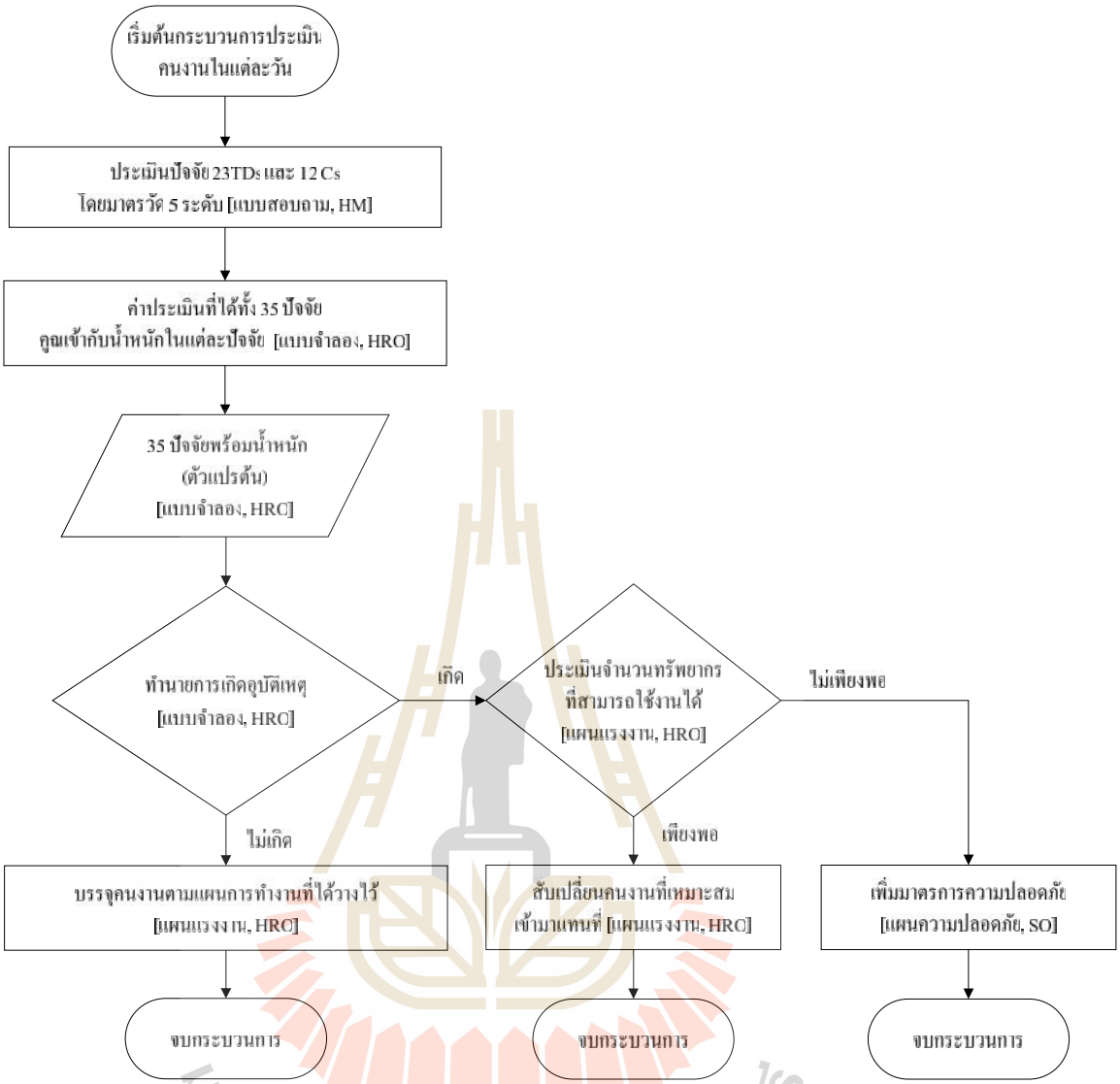
5.2.5 ขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการ (Work Flow)

ขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างแสดงดังภาพที่ 5.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) คนงาน (WK) เข้าสู่กระบวนการเริ่มต้นการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างอาคารสูงเป็นรายบุคคลในตอนเช้าก่อนเริ่มงานในแต่ละวัน

2) หัวหน้าคนงาน (HM) ของกลุ่มคนงานในแต่ละชุด ทำการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างของคนงานที่ตนรับผิดชอบ โดยใช้แบบสอบถามในการประเมิน 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงาน และ 12 ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน ซึ่งเป็นมาตรวัด 5 ระดับ

3) ค่าประเมินที่ได้ทั้ง 35 ปัจจัยของคนงานแต่ละคนโดยหัวหน้าคนงาน (HM) จะถูกส่งผลที่ได้ไปให้แก่เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (HRO) และค่าที่ได้เหล่านี้จะถูกคูณเข้ากับน้ำหนักปัจจัยของแต่ละตัว และกลายเป็นตัวแทนในนามของตัวแปรอิสระในแบบจำลองการทำนายการเกิดอุบัติเหตุที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 5.1 ขั้นตอนดำเนินงานของกระบวนการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง

4) เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (HRO) ทำการประมวลผลบนแบบจำลองทำนายการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

5) กรณีที่แบบจำลองทำนายว่าคนงานที่ถูกประเมินดังกล่าวจะ ไม่มีการเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นในระหว่างที่จะปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (HRO) จะบรรจุคนงานตามแผนการใช้แรงงานที่ได้วางในเบื้องต้น

6) กรณีที่แบบจำลองทำนายว่าคนงานที่ถูกประเมินดังกล่าวจะมีการเกิดอุบัติเหตุเกิดขึ้นในระหว่างที่จะปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (HRO) จะประเมินจำนวนทรัพยาการที่สามารถใช้งานได้ว่ามีจำนวนเพียงพอสำหรับทำการสับเปลี่ยนคนงาน คนงานที่เหมาะสมจะถูกเข้ามาแทนที่คนงานที่ถูกประเมินดังกล่าว แล้วรายงานแผนการใช้แรงงานที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่ตามการสับเปลี่ยนคนงานที่เกิดขึ้นจริง

7) ในกรณีที่จำนวนทรัพยาการที่สามารถใช้งานได้มีจำนวนไม่เพียงพอสำหรับทำการสับเปลี่ยนคนงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (SO) ต้องมีการนำเสนอมาตรการความปลอดภัยสำหรับควบคุมคนงานดังกล่าวหรือมีการเฝ้าระวังการเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการปฏิบัติงานที่เข้มงวดขึ้น เพราะคนงานดังกล่าวถูกระบุว่าไม่พร้อมต่องานที่ได้รับมอบหมายแต่ยังคงต้องรับผิดชอบในงานดังกล่าวอยู่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านทรัพยากรบุคคล

5.2.6 มาตรฐานการประเมิน

การประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้าง โดยใช้แบบสอบถามมาตรวัด 5 ระดับโดยหัวหน้าคนงาน (HM) นั้น ควรเป็นการประเมินโดยคนคนเดียว (HM) มีความเป็นกลาง ไม่ควรมีอคติ (Bias) ในตัวคนงานที่ถูกประเมินในแต่ละครั้ง

5.2.7 ระบบติดตามและประเมินผล

1) รายงานผลการประเมินการเกิดอุบัติเหตุของคนงานก่อสร้างในแต่ละคนโดยเจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคลากร (HRO)

2) รายงานผลการปฏิบัติงานของกลุ่มคนงานในแต่ละกลุ่มโดยหัวหน้าคนงาน (HM)

3) รายงานสถิติการเกิดอุบัติเหตุในโครงการ และมาตรการความปลอดภัยที่ได้ถูกนำมาบังคับใช้ โดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (SO)

5.2.8 แบบฟอร์มที่ใช้

1) แบบสอบถามการประเมิน 23 ปัจจัยด้านความต้องการของงาน และ 12 ปัจจัยด้านความสามารถในการทำงาน (ภาคผนวก จ ส่วนที่ 1)

2) แบบฟอร์มรายงานผลการทำนายการเกิดอุบัติเหตุของคนงานแต่ละคนในแต่ละวัน (ภาคผนวก จ ส่วนที่ 2)

5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากโครงการก่อสร้างของประเทศไทยเท่านั้น และระบุเฉพาะเป็นโครงการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นทำให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับโครงการก่อสร้างในประเทศที่มีบริบทที่คล้ายกันเท่านั้น

2) การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เพื่อที่จะได้ข้อมูลอย่างพอเพียงสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีนัยยะสำคัญ ถึงแม้ว่าข้อมูลที่ใช้ในวิเคราะห์นั้นสามารถเป็นตัวแทนทั่วไปของคนงานก่อสร้างอาคารสูงในประเทศไทยได้ แต่วิธีการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวก็ยังคงเป็นปัญหาต่อความถูกต้องของข้อมูลอยู่ ดังนั้น การศึกษาต่อเนื่องจากนี้อาจต้องนำกลยุทย์การสุ่มตัวอย่างแบบชั้น (Stratified Sampling) เข้ามาลบล้างข้างด้อยดังกล่าวต่อไป

3) งานวิจัยนี้ได้ตัดสินข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลนั้นอาจไม่สะท้อนผลของสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบพลวัตเท่าไรหนัก การที่มีการพัฒนาของเทคโนโลยีระบบข้อมูลข่าวสาร (Information and Communications Technology: ICT) ในปัจจุบันจะช่วยเป็นทางเลือกในการตามติดพฤติกรรมของคนงานและได้รับข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real-time Basis)

4) การที่ใช้ข้อมูลเพียง 100 ชุดในการพัฒนาแบบจำลอง CWBM ที่พัฒนาบนพื้นฐานวิธีเครือข่ายประสาทเทียมอาจทำให้เกิดข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ การที่มีชุดข้อมูลที่มากขึ้นนั้นช่วยส่งเสริมให้ศักยภาพในการทำนายของแบบจำลองสูงขึ้น และมากกว่านั้น ความแม่นยำและน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลองที่นำเสนอนี้สามารถพัฒนาขึ้นได้โดยกำจัดตัวแปรที่ไม่เหมาะสมออกไปได้ด้วยเช่นกัน

5.4 รายการอ้างอิง

Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. **Accident Analysis & Prevention**, 37(3): 461-472.

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.

Health and Safety Executive. (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system. **Contract Research Report 430/2002.** Suffolk (UK): Sudbury

Heinrich,H. (1959). **Industrial accident prevention: A scientific approach**. 4th Edition. NY: McCraw Hill.

International Labor Organization. (2005). **Facts on safety work** [Online]. Available: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—dgreports/—dcomm/documents/publication/wcms_067574.pdf

Kaila, H. L. (2011). Organizational cases on behaviour-based safety (BBS) in India. **The International Journal of Human Resource Management**, 22(10): 2135-2146.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. **Safety Science**, 27(2): 183-213.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มเก็บข้อมูลกระบวนการ Delphi

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบทดสอบ
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของงาน และความสามารถในการทำงาน

คำชี้แจง

แบบทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการความคิดเห็นจากกลุ่มผู้ทดสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งความสอดคล้องและเป็นอันหนึ่งอันเดียวของกลุ่มใน**การคัดปัจจัยที่ไม่มีผล**ต่อความต้องการของงาน (Task Demand) และความสามารถในการทำงาน (Capability) ของคนงานก่อสร้าง

โดยเป็นการระดมความคิดเห็นจากกลุ่มผู้ทดสอบอย่างน้อย 2 รอบ เพื่อให้ได้ความเห็นที่เป็นเอกฉันท์

รอบที่ 1 เป็นคำถามระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของงาน (Task Demand) และความสามารถในการทำงาน (Capability) โดยให้ท่านทำเครื่องหมาย X ลงในช่องหนึ่งของใดทางขวามือ ซึ่งกำหนดไว้ 5 ระดับดังนี้

1 หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีระดับความสำคัญน้อยมาก
2 หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีระดับความสำคัญน้อย
3 หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีระดับความสำคัญปานกลาง
4 หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีระดับความสำคัญมาก
5 หมายถึง เป็นปัจจัยที่มีระดับความสำคัญมากที่สุด

รอบที่ 2 และรอบอื่นๆ เป็นการทบทวนความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยในรอบที่ผ่านมาว่าท่านต้องการยืนยันหรือเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นหรือไม่ หลังจากที่ทราบคะแนนของรอบที่ผ่านมาแล้ว

กรณีที่ 1) ถ้าท่านยืนยันความคิดเห็นเดิม แต่ยังอยู่ในช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์ โปรดทำเครื่องหมาย X ลงในช่องระดับความสำคัญอันเดิม

กรณีที่ 2) ถ้าท่านเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น แต่ยังอยู่ในช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์ โปรดทำเครื่องหมาย X ลงในช่องระดับความสำคัญอันใหม่

กรณีที่ 3) ถ้าท่านยืนยันความคิดเห็นเดิมหรือเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นใหม่ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตพิสัยระหว่างควอไทล์ โปรดทำเครื่องหมาย X ลงในช่องระดับความสำคัญที่ท่านต้องการ และขอความกรุณาให้เหตุผลสั้นๆ ในช่องความคิดเห็นของแต่ละข้อด้วย

เครื่องหมาย X หมายถึง ค่าระดับความสำคัญที่ท่านได้ตอบมาในรอบที่ผ่านมา
เครื่องหมาย ● หมายถึง ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ที่คำนวณได้ของกลุ่ม

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นาถ สุขศีล
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 044-224-421

ตอนที่ 1 : คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายถูก ✓ ลงใน ❑ หน้าข้อความ และเขียนข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลส่วนบุคคลของท่าน

1. เพศ
   ❑ ชาย ❑ หญิง

2. อายุ ..... ปี

3. ตำแหน่ง
   ❑ ผู้จัดการโครงการ ❑ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย
   ❑ อื่นๆ .....

4. วุฒิการศึกษา (โปรดระบุสาขา)
   ❑ ต่ำกว่าปริญญาตรี ..... ❑ ปริญญาตรี .....
   ❑ ปริญญาโท ..... ❑ ปริญญาเอก .....

5. ระยะเวลาที่ทำงานในบริษัทปัจจุบัน ..... ปี
6. ประสบการณ์ทำงานด้านความปลอดภัย ..... ปี
7. ใบประกอบวิชาชีพความปลอดภัย (โปรดระบุชนิด/ระดับ) .....
   .....
8. ประสบการณ์ฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัย (โปรดระบุหัวข้อ/ระยะเวลาการฝึกอบรม)
   .....
   .....
9. ประสบการณ์การเป็นวิทยากรให้ความรู้ในเรื่องความปลอดภัย (โปรดระบุรายละเอียด/ระยะเวลา)
   .....
   .....
   .....
10. ประสบการณ์การเป็นผู้เขียนหนังสือ/บทความเกี่ยวกับความปลอดภัย (โปรดระบุรายละเอียด)
    .....
    .....
11. ประสบการณ์การอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย (โปรดระบุรายละเอียด)
    .....
    .....
    .....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2-1 : คำถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของงาน (Task Demand)

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของงาน (Task Demand)						ระดับความสำคัญ					ความคิดเห็น
						น้อยมาก 1	น้อย 2	ปานกลาง 3	มาก 4	มากที่สุด 5	
ปัจจัยที่ 1	**ความสลับซับซ้อนของงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ไม่สลับซับซ้อนเลย	ปกติที่เคยทำมา	ยากกว่าที่เคยทำมา		3						
ปัจจัยที่ 2	**การขนส่งวัสดุ**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	การขนส่งไปถึงจุดที่ทำงานง่ายมาก	ทั่วๆ ไป	ยาก		3						
ปัจจัยที่ 3	**การประสานงานกับงานอื่นๆ**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ไม่ต้องประสานงานเลย	ประสานงานกับ 1 ฝ่าย	ประสานงานเกิน 1 ฝ่ายขึ้นไป		3						
ปัจจัยที่ 4	**พื้นที่ในการทำงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ใช้พื้นที่น้อยมาก	ใช้พื้นที่โดยปกติตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้พื้นมากเกินมาตรฐาน		3						
ปัจจัยที่ 5	**วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	เป็นวัสดุที่สะดวกง่ายดายในการทำงาน	วัสดุที่ใช้ตามมาตรฐานทั่วไป	เป็นวัสดุที่ขาดต่อการทำงาน		3						
ปัจจัยที่ 6	**เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ไม่ได้ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์เลย	ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ตามตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์มากเกินมาตรฐาน		3						
ปัจจัยที่ 7	**เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ไม่ได้ใช้เครื่องมือเลย	ใช้เครื่องมือประจำตัวตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้เครื่องมือมากเกินมาตรฐาน		3						
ปัจจัยที่ 8	**การออกแบบ**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ใช้การออกแบบก่อสร้างได้ง่ายกว่ามาตรฐาน	ใช้การออกแบบก่อสร้างตามมาตรฐานทั่วไป	เป็นรูปแบบผิดปกติ		3						
ปัจจัยที่ 9	**วิธีการก่อสร้าง**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ใช้วิธีการก่อสร้างที่ง่ายกว่ามาตรฐาน	ใช้วิธีก่อสร้างตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้วิธีก่อสร้างยากกว่าปกติ		3						
ปัจจัยที่ 10	**ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไป	ตามมาตรฐานทั่วไป	สูงกว่ามาตรฐานทั่วไป		3						
ปัจจัยที่ 11	**ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไป	ตามมาตรฐานทั่วไป	สูงกว่ามาตรฐานทั่วไป		3						

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยที่ 12	**สภาพอากาศ**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	สภาพอากาศครึ้มๆ/ตอนเย็น	อากาศร้อนปกติ	ฝนตก		3						
	สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ				1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
ปัจจัยที่ 13	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการมากกว่ามาตรฐานที่ต้องการ	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการตามมาตรฐานที่ต้องการ	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการน้อยกว่ามาตรฐานที่ต้องการ	รอบที่	3						
	ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย				1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
ปัจจัยที่ 14	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยสูงกว่ามาตรฐาน	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยตามมาตรฐาน	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยต่ำกว่ามาตรฐาน	รอบที่	3						
	มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน				1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
ปัจจัยที่ 15	ไม่มีงานอื่นมาเกี่ยวข้อง	มีงานอื่นมาเกี่ยวข้อง 1 ฝ่าย	มีงานอื่นมาเกี่ยวข้องเกิน 1 ฝ่ายขึ้นไป	รอบที่	3						
	สวัสดิการในโครงการ				1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
ปัจจัยที่ 16	มีน้ำดื่ม ห้องน้ำ และร่มที่พักใกล้บริเวณที่ทำงาน	มีน้ำดื่ม และร่มที่พักใกล้บริเวณที่ทำงาน	มีน้ำดื่มใกล้บริเวณที่ทำงาน	รอบที่	3						
	ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม				1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบ	2						
ปัจจัยที่ 17	ไม่มีผลต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม	มีผลต่อสิ่งแวดล้อม	มีผลต่อชุมชน	ที่	3						
	การเร่งของงาน				1						
ปัจจัยที่ 18	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่	2						
	ไม่เร่งเลย	ทำตามปกติ	เร่งงาน		3						
	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ				1						
ปัจจัยที่ 19	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่	2						
	ความเข้มงวดมากกว่ามาตรฐาน	ความเข้มงวดตามมาตรฐาน	ไม่เข้มงวดเลย		3						
	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว				1						
ปัจจัยที่ 20	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่	2						
	ใช้คนทำงานจำนวนมากผิดปกติ	ใช้คนทำงานจำนวนตามมาตรฐาน	ใช้คนงานจำนวนน้อยกว่ามาตรฐาน		3						
ปัจจัยที่ 21	**การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน**			รอบที่	1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		2						
	มากกว่า 8 ชม.	8 ชม.	น้อยกว่า 8 ชม.		3						
	การมอบหมายงาน				1						
ปัจจัยที่ 22	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่	2						
	ไม่มีใครมอบหมายงาน	มี 1 คนมอบหมายงาน	มีหลายคนมอบหมายงาน		3						
	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน				1						
ปัจจัยที่ 23	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่	2						
	ไม่มีวิธีการทำงาน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน	มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน		3						

ตอนที่ 2-2 : คำถามเกี่ยวกับระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำงาน (Capability)

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำงาน (Capability)					ระดับความสำคัญ					ความคิดเห็น
					น้อยมาก 1	น้อย 2	ปานกลาง 3	มาก 4	มากที่สุด 5	
ปัจจัยที่ 1	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ประสบการณ์ต่ำกว่า 1ปี	ประสบการณ์ 1-3ปี	ประสบการณ์ 3ปีขึ้นไป	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 2	การฝึกอบรมในงานที่ทำ			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่เคยอบรมเป็นการสอนงาน	อบรม 1 ครั้ง	อบรมมากกว่า 1 ครั้ง	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 3	สภาพร่างกายและความแข็งแรง			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่ปกติเป็นไข้/เมา/มีโรคประจำตัว	มีการดื่มเหล้าหรือสูบบุหรี่บ้าง	ไม่ดื่มเหล้าและไม่สูบบุหรี่	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 4	การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	เร่งรีบทำงาน	ทำตามปกติ	ทำอย่างเวลา	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 5	ความล้าของร่างกาย			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ทำงานโดยเฉลี่ยเกิน 8 ชม.ชม./วัน	ทำงานโดยเฉลี่ย 8 ชม.ชม./วัน	ทำงานโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 8 ชม./วัน	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 6	ความหงุดหงิดของจิตใจ			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	มีเรื่องให้หงุดหงิดในเรื่องงานและเรื่องครอบครัว/ส่วนตัว	มีเรื่องให้หงุดหงิดในเรื่องงานหรือเรื่องครอบครัว/ส่วนตัว	ไม่มีเรื่องให้หงุดหงิด	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 7	ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่มีความพึงพอใจและมีทัศนะคติที่ไม่ดีในงานที่ทำ	ไม่มีความพึงพอใจหรือมีทัศนะคติที่ไม่ดีในงานที่ทำ	มีความพึงพอใจและมีทัศนะคติที่ดีในงานที่ทำ	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 8	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่มีมนุษย์สัมพันธ์และไม่สามารถเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้	มีมนุษย์สัมพันธ์ดีหรือเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	มีมนุษย์สัมพันธ์สูงและเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 9	ความตั้งใจในการทำงาน			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่มีความตั้งใจในการทำงานและมีการยอกย้อนระหว่างการทำงาน	มีความตั้งใจในการทำงานและมีการผ่อนคลายระหว่างการทำงาน	มีความตั้งใจในการทำงานและไม่มีการผ่อนคลายในระหว่างการทำงาน	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 10	ความไม่ประมาท			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ไม่ตื่นตัวตลอดเวลาและไม่ตระหนักตลอดเวลา	ตื่นตัวตลอดเวลาและตระหนักไม่ตลอดเวลา	ตื่นตัวตลอดเวลาและตระหนักตลอดเวลา	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 11	ความสามารถของผู้ควบคุมงาน			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำต่ำกว่า 3 ปี	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ 3-5 ปี	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ 5 ปีขึ้นไป	รอบที่ 3						
ปัจจัยที่ 12	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน			รอบที่ 1						
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	รอบที่ 2						
	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจต่ำกว่า 80%	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจ 80%	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจ 100%	รอบที่ 3						

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำนิยามที่ผู้วิจัยได้นิยามในแต่ละระดับ (ต่ำ กลาง สูง) ของแต่ละปัจจัยว่าที่เหมาะสมควรเป็นเช่นไร?

หมายเหตุ : โปรดแยกเป็น 2 กลุ่มระหว่าง ความต้องการของงาน (TD) และความสามารถในการทำงาน (C) พร้อมทั้งระบุหมายเลขปัจจัยกำกับด้วย (TD1-TD23, C1-C12)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

แบบฟอร์มเก็บข้อมูลกระบวนการ AHP

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบทดสอบ
เรื่อง น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการของงานและความสามารถในการทำงาน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มุ่งศึกษาข้อมูลในหลักการสมดุลความปลอดภัยในงานก่อสร้าง (Construction Safety Equilibrium) เพื่อการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการของงาน (Task Demand) และน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงาน (Capability) ของคนงานก่อสร้าง

2. แบบทดสอบมี 1 ตอน

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านต่างๆ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

- ความต้องการของงาน (Task Demand)
- ความสามารถในการทำงาน (Capability)

โดยท่านต้องให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละคู่ของปัจจัยที่จับคู่เปรียบเทียบกัน โดยมีน้ำหนักความสำคัญออกเป็น 9 ระดับดังนี้

ระดับความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้งสองปัจจัยมีน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งสูงสุดอย่างชัดเจน
2, 4, 6, 8	สำคัญกว่าเพื่อลดช่องว่างระหว่างค่า 1, 3, 5, 7	ปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งในลักษณะกึ่งๆ กัน และไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสมได้ เช่น ถ้าปัจจัยหนึ่งมีน้ำหนักความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งอยู่ระหว่าง 7 และ 9 ก็ให้ระบุเป็น 8 หรือถ้ามีน้ำหนักความสำคัญอยู่ระหว่าง 5 กับ 7 ก็ให้ระบุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างการจับคู่ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยงาน	ปัจจัยสภาพแวดล้อม (#2)	ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน (#3)
ปัจจัยงาน (#1)	1.00	1/5	1/1
ปัจจัยสภาพแวดล้อม (#2)		1.00	7/1
ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน			1.00

เมื่อพิจารณาปัจจัยงาน #1 เปรียบเทียบกับ ปัจจัยสภาพแวดล้อม #2 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยสภาพแวดล้อมมากกว่า โดยมีระดับความสำคัญกว่ามาก (5) => 1/5

เมื่อพิจารณาปัจจัยงาน #1 เปรียบเทียบกับ ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน #3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้น้ำหนักความสำคัญเท่ากันทั้ง 2 ปัจจัย โดยมีระดับความสำคัญเท่ากัน (1) => 1/1

และเมื่อพิจารณาปัจจัยสภาพแวดล้อม #2 เปรียบเทียบกับ ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน #3 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้น้ำหนักความสำคัญปัจจัยสภาพแวดล้อมมากกว่า โดยมีระดับความสำคัญกว่ามากที่สุด (7) => 7/1

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นาถ สุขศีล
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 044-224-421

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 1 : การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านต่างๆ

คำชี้แจง : โปรดทำการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในแต่ละคู่ โดยกรอกคำตอบลงในเฉพาะช่องว่างเท่านั้นโดยให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบรายคู่ในรูปสัดส่วน (x/y)

1. ความต้องการของงาน (Task Demand)

1.1 เปรียบเทียบปัจจัยหลักที่มีผลต่อความต้องการของงาน (Task Demand)

โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อ ความต้องการของงาน (Task Demand) ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักได้แก่

1) ปัจจัยงาน (Task Factors)
2) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment Factors)
3) ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน (Work Behavior Factors)

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยหลักดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยงาน	ปัจจัยสภาพแวดล้อม	ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน
ปัจจัยงาน	1.00		
ปัจจัยสภาพแวดล้อม		1.00	
ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน			1.00

1.2 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยงาน (Task Factors)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยงาน (Task Factors) ประกอบด้วย 11 ปัจจัยย่อยได้แก่

TD1 ความสลับซับซ้อนของงาน
TD2 การขนส่งวัสดุ
TD3 การประสานงานกับงานอื่นๆ
TD4 พื้นที่ในการทำงาน
TD5 วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
TD6 เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
TD7 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
TD8 การออกแบบ
TD9 วิธีการก่อสร้าง
TD10 ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม
TD11 ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยย่อย		TD1	TD2	TD3	TD4	TD5	TD6	TD7	TD8	TD9	TD10	TD11
		ความสลับซับซ้อนของงาน	การขนส่งวัสดุ	การประสานงานกับงานอื่นๆ	พื้นที่ในการทำงาน	วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	การออกแบบ	วิธีการก่อสร้าง	ความชำนาญด้านหัตถกรรม	ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน
TD1	ความสลับซับซ้อนของงาน	1.00										
TD2	การขนส่งวัสดุ		1.00									
TD3	การประสานงานกับงานอื่นๆ			1.00								
TD4	พื้นที่ในการทำงาน				1.00							
TD5	วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน					1.00						
TD6	เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน						1.00					
TD7	เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน							1.00				
TD8	การออกแบบ								1.00			
TD9	วิธีการก่อสร้าง									1.00		
TD10	ความชำนาญด้านหัตถกรรม										1.00	
TD11	ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน											1.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

1.3 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment Factor)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Environment Factor) ประกอบด้วย 6 ปัจจัยย่อย ได้แก่

TD12 สภาพอากาศ
TD13 สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ
TD14 ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย
TD15 มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน
TD16 สวัสดิการในโครงการ
TD17 ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยย่อย		TD12 สภาพอากาศ	TD13 สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ	TD14 ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย	TD15 มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน	TD16 สวัสดิการในโครงการ	TD17 ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม
TD12	สภาพอากาศ	1.00					
TD13	สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ		1.00				
TD14	ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย			1.00			
TD15	มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน				1.00		
TD16	สวัสดิการในโครงการ					1.00	
TD17	ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม						1.00

1.4 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน (Work Behavior Factor)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยพฤติกรรมการทำงาน (Work Behavior Factor) ประกอบด้วย 6 ปัจจัยย่อยได้แก่

TD18 การเร่งของงาน
TD19 ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ
TD20 การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว
TD21 การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน
TD22 การมอบหมายงาน
TD23 การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยย่อย		TD18	TD19	TD20	TD21	TD22	TD23
		การตระหนักงาน	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว	การกำหนดชั่วโมงการทำงานต่อวัน	การมอบหมายงาน	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน
TD18	การตระหนักงาน	1.00					
TD19	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ		1.00				
TD20	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว			1.00			
TD21	การกำหนดชั่วโมงการทำงานต่อวัน				1.00		
TD22	การมอบหมายงาน					1.00	
TD23	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน						1.00

2. ความสามารถในการทำงาน (Capability)

2.1 เปรียบเทียบปัจจัยหลักที่มีผลต่อความสามารถในการทำงาน (Capability)

โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อ ความสามารถในการทำงาน (Capability) ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลักได้แก่

1) ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factor)
2) ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factor)
3) ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors)
4) ปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factor)

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยหลักดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยสมรรถนะ	ปัจจัยด้านมนุษย์	ปัจจัยความสนใจในการทำงาน	ปัจจัยผู้ควบคุมงาน
ปัจจัยสมรรถนะ	1.00			
ปัจจัยด้านมนุษย์		1.00		
ปัจจัยความสนใจในการทำงาน			1.00	
ปัจจัยผู้ควบคุมงาน				1.00

2.2 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factor)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยสมรรถนะ (Competence Factor) ประกอบด้วย 3 ปัจจัยย่อยได้แก่

C1 ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ
C2 การฝึกอบรมในงานที่ทำ
C3 สภาพร่างกายและความแข็งแรง

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยย่อย		C1	C2	C3
		ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ	การฝึกอบรมในงานที่ทำ	สภาพร่างกายและความแข็งแรง
C1	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ	1.00		
C2	การฝึกอบรมในงานที่ทำ		1.00	
C3	สภาพร่างกายและความแข็งแรง			1.00

2.3 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factor)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยด้านมนุษย์ (Human Factor) ประกอบด้วย 5 ปัจจัยย่อยได้แก่

C4 การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล

C5 ความล้าของร่างกาย

C6 ความหงุดหงิดของจิตใจ

C7 ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ

C8 การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยย่อย		C4	C5	C6	C7	C8
		การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล	ความล้าของร่างกาย	ความหงุดหงิดของจิตใจ	ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน
C4	การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล	1.00				
C5	ความล้าของร่างกาย		1.00			
C6	ความหงุดหงิดของจิตใจ			1.00		
C7	ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ				1.00	
C8	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน					1.00

2.4 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยความสนใจในการทำงาน (Attention Factors) ประกอบด้วย 2 ปัจจัยย่อยได้แก่

C9 ความตั้งใจในการทำงาน

C10 ความไม่ประมาท

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยย่อย		C9	C10
		ความตั้งใจในการทำงาน	ความไม่ประมาท
C9	ความตั้งใจในการทำงาน	1.00	
C10	ความไม่ประมาท		1.00

2.5 เปรียบเทียบปัจจัยย่อยที่มีผลต่อปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factor)

โดยปัจจัยย่อยที่มีผลต่อ ปัจจัยผู้ควบคุมงาน (Foreman Factor) ประกอบด้วย 2 ปัจจัยย่อยได้แก่

C11 ความสามารถของผู้ควบคุมงาน

C12 ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน

โปรดทำการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยดังกล่าวลงในตารางข้างล่าง

ปัจจัยย่อย		C11	C12
		ความสามารถของผู้ควบคุมงาน	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน
C11	ความสามารถของผู้ควบคุมงาน	1.00	
C12	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน		1.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการทดลองใช้งานแบบจำลอง CSEM

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถาม
เรื่อง ความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานของคนงาน
ที่ส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มุ่งศึกษาความต้องการของงาน (Task Demand) กับความสามารถในการทำงาน (Capability) ของคนงานในระหว่างที่ประสบอุบัติเหตุในการทำงาน

2. ผู้วิจัยจะเข้าทำการสัมภาษณ์กับคนงานที่ได้ประสบอุบัติเหตุที่ผ่านมาเกี่ยวกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมในขณะที่ประสบอุบัติเหตุ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการบันทึกถึงรายละเอียดของเหตุการณ์ดังกล่าวไว้กับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำโครงการก่อสร้างที่ได้รับอนุญาตในการเข้าเก็บข้อมูล

3. เหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นจะเน้นไปที่เหตุการณ์ที่ได้มีการบันทึกไว้ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นเหตุการณ์ร้ายแรงถึงขั้นต้องหยุดการทำงาน

4. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของโครงการ จำนวน 10 ข้อ

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ

- ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ
- ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ
- ข้อมูลระดับความต้องการของงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)
- ข้อมูลระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)

5. ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลต่างๆ ของโครงการที่ได้บันทึกลงไปนั้นถือเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้นต่อองค์กรของท่าน

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(นาย นาถ สุขศีล)
นักศึกษาปริญญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 081-518-5601

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของโครงการ

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายถูก ✓ ลงใน ❑ หน้าข้อความ และเขียนข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ

1. ที่ตั้งโครงการ

ซอย/ถนน..... เขต/อำเภอ .....

จังหวัด .....

2. โครงการที่ตรวจสอบนี้เป็นโครงการของหน่วยงานใด

❑ หน่วยงานรัฐบาล ❑ รัฐวิสาหกิจ ❑ บริษัทเอกชน

❑ บริษัทร่วมทุน ❑ อื่นๆ .....

3. ลักษณะอาคารหรือโครงการ

❑ อาคารที่อยู่อาศัย ❑ อาคารสำนักงาน ❑ อาคารสรรพสินค้า

❑ อาคารสาธารณะ(เพื่อกิจกรรมทางราชการ) ❑ อื่นๆ .....

4. มูลค่าของโครงการ (รวมงานทุกระบบ) ..... ล้านบาท

5. ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคารหรือโครงการ ..... ตร.ม.

6. จำนวนชั้นบนดิน ..... ชั้น, ใต้ดิน ..... ชั้น

7. ระยะเวลาก่อสร้างของโครงการตามสัญญา ..... วัน

8. ความก้าวหน้าของโครงการจนถึงปัจจุบัน ประมาณ ..... เปอร์เซ็นต์ (%)
ช้าหรือเร็วกว่าแผนงานที่วางไว้.....

9. จำนวนผู้รับเหมาย่อย (Sub-contractor) ภายในโครงการ ..... ราย

10. จำนวนคนงานโดยเฉลี่ยภายในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา (รวมงานระบบ) ..... ราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2 : ข้อมูลของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายถูก ✓ ลงใน ❑ หน้าข้อความ และเขียนข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโครงการ

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ

1. ชื่อ ..... นามสกุล .....
2. ที่อยู่ .....
.....
จังหวัด ..... เบอร์โทรศัพท์ .....
3. สัญชาติ ..... เชื้อชาติ .....
4. ประสบการณ์ในงานที่ทำ .....
5. อัตราค่าจ้างต่อวัน ณ วันที่ประสบอุบัติเหตุ .....
6. ระยะเวลาที่ทำงานกับบริษัทปัจจุบันก่อนเกิดอุบัติเหตุ .....
7. ผู้ว่าจ้างให้ปฏิบัติงานในงานที่เกิดอุบัติเหตุ
   ❑ ผู้รับเหมาหลัก ❑ ผู้รับเหมาย่อย ❑ อื่นๆ .....
8. ประวัติอื่นๆ ที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ .....
.....
9. การเข้าถึงการสัมภาษณ์เหตุการณ์อุบัติเหตุ .....
10. การเข้าถึงสถานที่ที่เกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุ .....

ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ

1. รายละเอียดการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ผู้บันทึกเหตุการณ์ : .....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ (ต่อ)

2. รายละเอียดสภาพเหตุการณ์

หน้าที่และตำแหน่ง : .....

.....

.....

รายละเอียดวัน/เวลา : .....

.....

งาน/กิจกรรมที่ทำ : .....

.....

.....

เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์ : .....

.....

.....

สภาพแวดล้อม (แสง/เสียง/อุณหภูมิ และอื่นๆ: .....

.....

.....

ตำแหน่งที่เกิด (ชั้น/บริเวณ): .....

.....

.....

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่สามารถคัดสำเนาได้

รายงานการเกิดอุบัติเหตุ : .....

Method Statement : .....

การประเมินความเสี่ยง : .....

ผังองค์กร : .....

เอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง : .....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลระดับความต้องการของงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)

ปัจจัยที่ 1	ความสลับซับซ้อนของงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่สลับซับซ้อนเลย	ปกติที่เคยทำมา	ยากกว่าที่เคยทำมา	
ปัจจัยที่ 2	การขนส่งวัสดุ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	การขนส่งไปถึงจุดที่ทำงานง่ายมาก	ทั่วๆ ไป	ยาก	
ปัจจัยที่ 3	การประสานงานกับงานอื่นๆ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่ต้องประสานงานเลย	ประสานงานกับ 1 ฝ่าย	ประสานงานเกิน 1 ฝ่ายขึ้นไป	
ปัจจัยที่ 4	พื้นที่ในการทำงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ใช้พื้นที่น้อยมาก	ใช้พื้นที่โดยปกติตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้พื้นมากเกินมาตรฐาน	
ปัจจัยที่ 5	วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	เป็นวัสดุที่สะดวกง่ายต่อการทำงาน	วัสดุที่ใช้ตามมาตรฐานทั่วไป	เป็นวัสดุที่ยากต่อการทำงาน	
ปัจจัยที่ 6	เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่ได้ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์เลย	ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ตามตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์มากเกินมาตรฐาน	
ปัจจัยที่ 7	เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่ได้ใช้เครื่องมือเลย	ใช้เครื่องมือประจำตัวตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้เครื่องมือมากเกินมาตรฐาน	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยที่ 8	การออกแบบ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ใช้การออกแบบก่อสร้างได้ง่ายกว่ามาตรฐาน	ใช้การออกแบบก่อสร้างตามมาตรฐานทั่วไป	เป็นรูปแบบผิดปกติ	
ปัจจัยที่ 9	วิธีการก่อสร้าง			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ใช้วิธีการก่อสร้างที่ง่ายกว่ามาตรฐาน	ใช้วิธีก่อสร้างตามมาตรฐานทั่วไป	ใช้วิธีก่อสร้างยากกว่าปกติ	
ปัจจัยที่ 10	ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไป	ตามมาตรฐานทั่วไป	สูงกว่ามาตรฐานทั่วไป	
ปัจจัยที่ 11	ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไป	ตามมาตรฐานทั่วไป	สูงกว่ามาตรฐานทั่วไป	
ปัจจัยที่ 12	สภาพอากาศ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	สภาพอากาศครึ้มๆ/ตอนเย็น	อากาศร้อนปกติ	ฝนตก	
ปัจจัยที่ 13	สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการมากกว่ามาตรฐานที่ต้องการ	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการตามมาตรฐานที่ต้องการ	แสง/เสียง/อากาศ/มีพื้นที่รอบโครงการน้อยกว่าตามมาตรฐานที่ต้องการ	
ปัจจัยที่ 14	ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยสูงกว่าตามมาตรฐาน	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยตามมาตรฐาน	สะอาดถูกหลักชีวะอนามัยเป็นระเบียบเรียบร้อยต่ำกว่ามาตรฐาน	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
ปัจจัยที่ 15	ไม่มีงานอื่นมาเกี่ยวข้อง	มีงานอื่นมาเกี่ยวข้อง 1 ฝ่าย	มีงานอื่นมาเกี่ยวข้องเกิน 1 ฝ่ายขึ้นไป	

	สวัสดิการในโครงการ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
ปัจจัยที่ 16	มีน้ำดื่ม ห้องน้ำ และร่มที่พักใกล้บริเวณที่ทำงาน	มีน้ำดื่ม และร่มที่พักใกล้บริเวณที่ทำงาน	มีน้ำดื่มใกล้บริเวณที่ทำงาน	

	ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
ปัจจัยที่ 17	ไม่มีผลต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม	มีผลต่อสิ่งแวดล้อม	มีผลต่อชุมชน	

	การเร่งของงาน			หมายเหตุ
ปัจจัยที่ 18	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่เร่งเลย	ทำตามปกติ	เร่งงาน	

	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
ปัจจัยที่ 19	ความเข้มงวดมากกว่ามาตรฐาน	ความเข้มงวดตามตามมาตรฐาน	ไม่เข้มงวดเลย	

	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดียว			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
ปัจจัยที่ 20	ใช้คนทำงานจำนวนมากผิดปกติ	ใช้คนทำงานจำนวนตามมาตรฐาน	ใช้คนงานจำนวนน้อยกว่ามาตรฐาน	

	การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน			หมายเหตุ
ปัจจัยที่ 21	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	มากกว่า 8 ชม.	8 ชม.	น้อยกว่า 8 ชม.	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยที่ 22	การมอบหมายงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่มีใครมอบหมายงาน	มี 1 คนมอบหมายงาน	มีหลายคนมอบหมายงาน	
ปัจจัยที่ 23	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่มีวิธีการทำงาน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน	มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน	

เพิ่มเติม : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)

ปัจจัยที่ 1	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ประสบการณ์ต่ำกว่า 1ปี	ประสบการณ์ 1-3ปี	ประสบการณ์ 3ปีขึ้นไป	
ปัจจัยที่ 2	การฝึกอบรมในงานที่ทำ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่เคยอบรมเป็นการสอนงาน	อบรม 1 ครั้ง	อบรมมากกว่า 1 ครั้ง	
ปัจจัยที่ 3	สภาพร่างกายและความแข็งแรง			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่ปกติเป็นไข้/เมา/มีโรคประจำตัว	มีการดื่มเหล้าหรือสูบบุหรี่บ้าง	ไม่ดื่มเหล้าและไม่สูบบุหรี่	
ปัจจัยที่ 4	การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	เร่งรีบทำงาน	ทำตามปกติ	ทำล่วงเวลา	
ปัจจัยที่ 5	ความล้าของร่างกาย			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ทำงานโดยเฉลี่ยเกิน 8 ชม.ชม./วัน	ทำงานโดยเฉลี่ย 8 ชม.ชม./วัน	ทำงานโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 8 ชม./วัน	
ปัจจัยที่ 6	ความหงุดหงิดของจิตใจ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	มีเรื่องให้หงุดหงิดในเรื่องงานและเรื่องครอบครัว/ส่วนตัว	มีเรื่องให้หงุดหงิดในเรื่องงานหรือเรื่องครอบครัว/ส่วนตัว	ไม่มีเรื่องให้หงุดหงิด	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปัจจัยที่ 7	ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่มีความพึงพอใจและมีทัศนะคติที่ไม่ดีในงานที่ทำ	ไม่มีความพึงพอใจหรือมีทัศนะคติที่ไม่ดีในงานที่ทำ	มีความพึงพอใจและมีทัศนะคติที่ดีในงานที่ทำ	
ปัจจัยที่ 8	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่มีมนุษย์สัมพันธ์และไม่สามารถเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้	มีมนุษย์สัมพันธ์ดีหรือเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	มีมนุษย์สัมพันธ์สูงและเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	
ปัจจัยที่ 9	ความตั้งใจในการทำงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่มีความตั้งใจในการทำงานและมีการยอกล้อในระหว่างการทำงาน	มีความตั้งใจในการทำงานและมีการผ่อนคลายระหว่างการทำงาน	มีความตั้งใจในการทำงานและไม่มีการผ่อนคลายในระหว่างการทำงาน	
ปัจจัยที่ 10	ความไม่ประมาท			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ไม่ตื่นตัวตลอดเวลาและไม่ตระหนักตลอดเวลา	ตื่นตัวตลอดเวลาและตระหนักไม่ตลอดเวลา	ตื่นตัวตลอดเวลาและตระหนักตลอดเวลา	
ปัจจัยที่ 11	ความสามารถของผู้ควบคุมงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำต่ำกว่า 3 ปี	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ 3-5 ปี	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ 5 ปีขึ้นไป	
ปัจจัยที่ 12	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน			หมายเหตุ
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	
	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจต่ำกว่า 80%	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจ 80%	สามารถสื่อสารงานได้เข้าใจ 100%	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

แบบฟอร์มเก็บข้อมูลการทดลองใช้งานแบบจำลอง CWBM

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถาม
เรื่อง ความต้องการของงานและความสามารถในการทำงานของคนงาน
ที่ส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มุ่งศึกษาความต้องการของงาน (Task Demand) กับความสามารถในการทำงาน (Capability) ของคนงานในระหว่างที่ประสบอุบัติเหตุในการทำงาน
2. ผู้วิจัยจะเข้าทำการสัมภาษณ์กับคนงานที่ได้ประสบอุบัติเหตุที่ผ่านมาเกี่ยวกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมในขณะที่ประสบอุบัติเหตุ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มีการบันทึกถึงรายละเอียดของเหตุการณ์ดังกล่าวไว้กับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำโครงการก่อสร้างที่ได้รับอนุญาตในการเข้าเก็บข้อมูล
3. เหตุการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นจะเน้นไปที่เหตุการณ์ที่ได้มีการบันทึกไว้ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นเหตุการณ์ร้ายแรงถึงขั้นต้องหยุดการทำงาน
4. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
   ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของโครงการ จำนวน 10 ข้อ
   ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ
   - ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ
   - ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ
   - ข้อมูลระดับความต้องการของงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)
   - ข้อมูลระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)
5. ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลต่างๆ ของโครงการที่ได้บันทึกลงไปนั้นถือเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้นต่อตัวท่านหรือองค์กรของท่าน

ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(นาย นาถ สุขศีล)
นักศึกษาปริญญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 081-518-5601

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของโครงการ

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายถูก ✓ ลงใน ❑ หน้าข้อความ และเขียนข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ

1. ชื่อโครงการ.....
2. ที่ตั้งโครงการ
ซอย/ถนน..... เขต/อำเภอ .....
จังหวัด .....
3. โครงการที่ตรวจสอบนี้เป็นโครงการของหน่วยงานใด
   ❑ หน่วยงานรัฐบาล ❑ รัฐวิสาหกิจ ❑ บริษัทเอกชน
   ❑ บริษัทร่วมทุน ❑ อื่นๆ .....
4. ลักษณะอาคารหรือโครงการ
   ❑ อาคารที่อยู่อาศัย ❑ อาคารสำนักงาน ❑ อาคารสรรพสินค้า
   ❑ อาคารสาธารณะ(เพื่อกิจกรรมทางราชการ) ❑ อื่นๆ .....
5. มูลค่าของโครงการ (รวมงานทุกระบบ) ..... ล้านบาท
6. ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคารหรือโครงการ ..... ตร.ม.
7. จำนวนชั้นบนดิน ..... ชั้น, ใต้ดิน ..... ชั้น
8. ระยะเวลาก่อสร้างของโครงการตามสัญญา ..... วัน
9. ความก้าวหน้าของโครงการจนถึงปัจจุบัน ประมาณ .....เปอร์เซ็นต์ (%)
ช้าหรือเร็วกว่าแผนงานที่วางไว้.....
10. จำนวนผู้รับเหมาย่อย (Sub-contractor) ภายในโครงการ .....ราย
11. จำนวนคนงานโดยเฉลี่ยภายในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา (รวมงานระบบ) .....ราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตอนที่ 2 : ข้อมูลของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมายถูก ✓ ลงใน ❑ หน้าข้อความ และเขียนข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับตัวท่าน 1 เหตุการณ์

ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ประสบอุบัติเหตุ

1. ชื่อ ..... นามสกุล .....
2. ภูมิลำเนา จังหวัด ..... เบอร์โทรศัพท์มือถือที่ติดต่อได้ .....
3. สัญชาติ ..... เชื้อชาติ .....
4. ณ ขณะปฏิบัติงานเกิดอุบัติเหตุอะไรกับตัวท่าน .....
5. จากเหตุการณ์อุบัติเหตุดังกล่าวส่งผลให้ท่านต้องหยุดงานกี่วัน หรือกี่ชั่วโมง .....
6. อัตราค่าจ้างต่อวันของท่าน (ณ วันที่ประสบอุบัติเหตุ) .....
7. ระยะเวลาที่ทำงานกับบริษัทปัจจุบันก่อนเกิดอุบัติเหตุ .....
8. ท่านมีประสบการณ์ในงานที่ทำทั้งสิ้นกี่ปี .....
7. ผู้ว่าจ้างที่ให้ท่านปฏิบัติงานแล้วเกิดอุบัติเหตุนั้นมีสถานะเป็น
   ❑ ผู้รับเหมาหลัก ❑ ผู้รับเหมาย่อย ❑ อื่นๆ .....
8. ท่านเคยมีประวัติอื่นๆ ที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง .....
   .....

ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ

1. รายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุโดยย่อ (รายละเอียดเกี่ยวกับ เหตุการณ์อุบัติเหตุ/วันเวลาที่เกิด/หน้าที่ความรับผิดชอบ/ทำที่ไหน/ทำกับใคร/มีเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์ไหม/เกิดอะไรขึ้น/บาดเจ็บอย่างไร/หยุดงานกี่วัน)

ตัวอย่างเช่น: เหตุการณ์นั่งร้านหนีบนิ้ว เหตุเกิดเมื่อวันเสาร์ประมาณ 10 โมงเช้า มีฝนตกปรอยๆ ต้องไปรื้อนั่งร้านเหล็กบนชั้น 4 ใกล้ๆ ช่องลิฟท์กับคนงานอีก 1 คน มีการพกเครื่องมือประจำตัวช่างทั่วไปในการปฏิบัติงาน กำลังยกนั่งร้านไปกองไว้กับคนงานอีกคน ณ ขณะที่วางนั่งร้านลง นั่งร้านหลุดมือจึงไปหนีบเข้าที่นิ้วก้อยขวาจนช้ำและบวม จึงต้องหยุดงานใน.ช่วงครึ่งวันบ่าย

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ท่านคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุของเหตุการณ์อุบัติเหตุดังกล่าว (เช่น ล้าจากการทำงาน ประมาทไม่ตระหนักถึงอุบัติเหตุที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา): .....
.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลการบันทึกการเกิดอุบัติเหตุ (ต่อ)

2. รายละเอียดสภาพเหตุการณ์

หน้าที่และตำแหน่ง : .....

.....

.....

รายละเอียดวัน/เวลา : .....

.....

งาน/กิจกรรมที่ทำ : .....

.....

.....

เครื่องมือ/วัสดุ/อุปกรณ์ : .....

.....

.....

สภาพแวดล้อม แสง/เสียง/อุณหภูมิ และอื่นๆ: .....

.....

.....

ตำแหน่งที่เกิด (ชั้น/บริเวณ): .....

.....

.....

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่สามารถคัดสำเนาได้

รายงานการเกิดอุบัติเหตุ : .....

Method Statement : .....

การประเมินความเสี่ยง : .....

ผังองค์กร : .....

เอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง : .....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลระดับความต้องการของงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)

	รายละเอียดความต้องการของงาน ณ ขณะประสบอุบัติเหตุ	ระดับความคิดเห็น						
1	ความสลับซับซ้อนของงาน ความสลับซับซ้อนของงานเมื่อเทียบกับที่เคยทำมา	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
2	การขนส่งวัสดุ การขนส่งวัสดุหรือเดินทางไปถึงจุดที่ปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
3	การประสานงานกับงานอื่นๆ ต้องมีการประสานงานกับฝ่ายอื่นๆ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
4	พื้นที่ในการทำงาน ต้องใช้พื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
5	วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ลักษณะของวัสดุหลักที่ใช้ (เช่น เทคอนกรีต=ลอนกรีต, ตั้งนั่งร้าน-นั่งร้าน)	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
6	เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ต้องใช้เครื่องจักร(ที่ใช้น้ำมันหรือไฟฟ้า) หรืออุปกรณ์เสริมในการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
7	เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ต้องใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องมือประจำตัว ในการปฏิบัติงาน มากน้อยเพียงใด	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
8	การออกแบบ ลักษณะรูปแบบตัวอาคารที่ออกแบบมาแล้วปฏิบัติงานได้ยากง่ายเพียงใด	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
9	วิธีการก่อสร้าง วิธีการก่อสร้างที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
10	ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม ความเข้มงวดด้านงานโครงสร้าง	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
11	ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน ความเข้มงวดด้านงานสถาปัตยกรรม	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
12	สภาพอากาศ สภาพอากาศ ณ ขณะปฏิบัติงาน ครึ้ม ร้อน ฝนตก	ง่ายที่สุด	1	2	3	4	5	ยากที่สุด
13	สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ สภาพแวดล้อมด้าน แสง/เสียง/อากาศ/พื้นที่รอบโครงการนั้นเพียงพอในการปฏิบัติงาน	เกินความต้องการ	1	2	3	4	5	ไม่เพียงพอต่อความต้องการ
14	ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัยนั้นเพียงพอในการปฏิบัติงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
15	มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้น มีงานอื่นกำลังปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่การทำงานเดียวกันหรือไม่	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
16	สวัสดิการในโครงการ ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้น มีน้ำดื่ม ห้องน้ำ ร่มที่พักเพียงพอในการปฏิบัติงาน	เกินความต้องการ	1	2	3	4	5	ไม่เพียงพอต่อความต้องการ
17	ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม งานที่ปฏิบัติงานนั้นทำให้เกิดฝุ่น/เสียงดังรบกวน/หรือมลพิษอื่นๆ หรือไม่	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
18	การเร่งของงาน ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้น เป็นงานเร่งด่วนหรือไม่	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
19	ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ กฎความปลอดภัยที่บังคับใช้ ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้นเข้มงวดมากน้อยเพียงใด	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด

	รายละเอียดความต้องการของงาน ณ ขณะประสบอุบัติเหตุ	ระดับความคิดเห็น						
20	การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้นมีจำนวนเพื่อนร่วมงานเพียงพอหรือไม่	เกินความต้องการ	1	2	3	4	5	ไม่เพียงพอต่อความต้องการ
21	การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้นควรการอนุญาตให้ทำงานมากหรือน้อยกว่า 8 ชม./วัน	มากกว่า 8 ชม.	1	2	3	4	5	น้อยกว่า 8 ชม.
22	การมอบหมายงาน ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้นมีคนมอบหมายงานหรือไม่	ไม่มีคนมอบหมายงาน	1	2	3	4	5	มีคนมอบหมายหลายคน
23	การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้นมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลันหรือไม่	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

เพิ่มเติม : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลระดับความสามารถในการทำงาน (ในขณะเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ)

รายละเอียดความความสามารถในการทำงาน ณ ขณะประสบอุบัติเหตุ		ระดับความคิดเห็น						
1	ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ มีประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ปฏิบัติงานเพียงใด	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
2	การฝึกอบรมในงานที่ทำ เคยได้รับการฝึกอบรมในงานที่ปฏิบัติงานเพียงใด	ไม่เคยเลย	1	2	3	4	5	หลายครั้ง
3	สภาพร่างกายและความแข็งแรง สภาพแข็งกายและความแข็งแรง ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
4	การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล มีการเร่งรีบทำงาน ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
5	ความล้าของร่างกาย จำนวนชั่วโมงการทำงานที่ผ่านมาก่อนที่จะประสบอุบัติเหตุ	โดยเฉลี่ยมากกว่า 8 ชม./วัน	1	2	3	4	5	โดยเฉลี่ยน้อยกว่า 8 ชม./วัน
6	ความหงุดหงิดของจิตใจ สภาพความหงุดหงิดของจิตใจในเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว	มากที่สุด	1	2	3	4	5	น้อยที่สุด
7	ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ สภาพความพึงพอใจและทัศนะคติต่องานก่อสร้างที่ปฏิบัติงานอยู่	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
8	การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน สภาพการมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีและเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
9	ความตั้งใจในการทำงาน มีความตั้งใจในงานที่กำลังปฏิบัติงานงานโดยไม่มีการยอกล้อกับเพื่อนร่วมงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
10	ความไม่ประมาท การตระหนักและตื่นตัวตลอดเวลาในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
11	ความสามารถของผู้ควบคุมงาน ประสบการณ์และความชำนาญของผู้ควบคุมงานมีความเพียงพอ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด
12	ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน ความสามารถในการสื่อสารงานได้เข้าใจของผู้ควบคุมงานมีความเพียงพอ	น้อยที่สุด	1	2	3	4	5	มากที่สุด

เพิ่มเติม : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

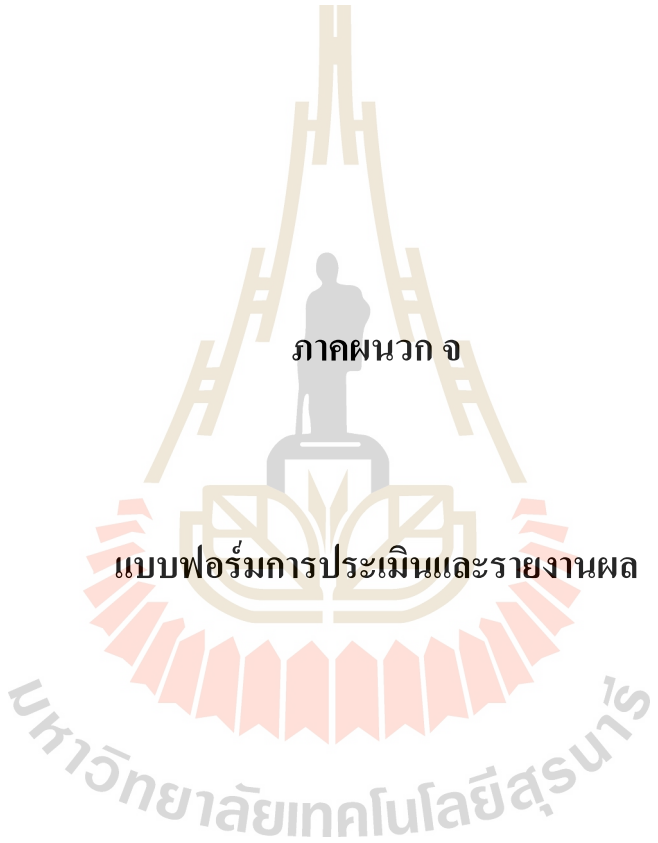
.....

.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

แบบฟอร์มการประเมินและรายงานผล



(ส่วนที่ 1)

แบบฟอร์มการประเมิน 23TDs และ 12Cs

วันที่..... เวลา ..... โครงการ .....

ผู้ถูกประเมิน ..... ผู้ประเมิน .....

งานที่ได้รับผิดชอบ ..... ตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน .....

รายละเอียดความต้องการของงานของงานที่รับผิดชอบ	ระดับการประเมิน						
		1	2	3	4	5	
1 **ความสลับซับซ้อนของงาน** ความสลับซับซ้อนของงานเมื่อเทียบกับที่เคยทำมา	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
2 **การขนส่งวัสดุ** การขนส่งวัสดุหรือเดินทางไปถึงจุดที่ปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
3 **การประสานงานกับงานอื่นๆ** ต้องมีการประสานงานกับฝ่ายอื่นๆ	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
4 **พื้นที่ในการทำงาน** ต้องใช้พื้นที่ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
5 **วัสดุหลักที่ใช้ในการปฏิบัติงาน** วัสดุหลักที่ใช้ (เช่น เทคอนกรีต=คอนกรีต,ตั้งนั่งร้าน=นั่งร้าน) มีผลต่อการปฏิบัติงานอย่างไร	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
6 **เครื่องจักร/อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน** ต้องใช้เครื่องจักร(ที่ใช้น้ำมันหรือไฟฟ้า) หรืออุปกรณ์เสริมในการปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
7 **เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน** ต้องใช้เครื่องมือ เช่น เครื่องมือประจำตัว ในการปฏิบัติงาน มากน้อยเพียงใด	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
8 **การออกแบบ** ลักษณะรูปแบบตัวอาคารที่ออกแบบมาแล้วปฏิบัติงานได้ยากง่ายเพียงใด	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
9 **วิธีการก่อสร้าง** วิธีการก่อสร้างที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
10 **ความเข้มงวดตามหลักวิศวกรรม** ความเข้มงวดด้านงานโครงสร้าง	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
11 **ความเข้มงวดด้านคุณภาพของงาน** ความเข้มงวดด้านงานสถาปัตยกรรม	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
12 **สภาพอากาศ** สภาพอากาศ ณ ขณะปฏิบัติงาน ครึม ร้อน ฝนตก	ง่ายที่สุด	○	○	○	○	○	ยากที่สุด
13 **สภาพแวดล้อมทางกายภาพของโครงการ** สภาพแวดล้อมด้าน แสง/เสียง/อากาศ/พื้นที่รอบโครงการนั้นเพียงพอในการปฏิบัติงาน	เกินความต้องการ	○	○	○	○	○	ไม่เพียงพอต่อความ
14 **ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัย** ความสะอาด/มีระเบียบเรียบร้อย และชีวะอนามัยนั้นเพียงพอในการปฏิบัติงาน	มากที่สุด	○	○	○	○	○	น้อยที่สุด
15 **มีงานอื่นที่ทำงานบริเวณพื้นที่เดียวกัน** ณ ขณะที่ปฏิบัติงานนั้น มีงานอื่นกำลังปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่การทำงานเดียวกันหรือไม่	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

รายละเอียดความต้องการของงานของงานที่รับผิดชอบ (TD)		ระดับการประเมิน						
			1	2	3	4	5	
16	**สวัสดิการในโครงการ** งานที่รับผิดชอบนั้น มีน้ำดื่ม ห้องน้ำ ร่มที่พักเพียงพอในการปฏิบัติงานหรือไม่	เกินความต้องการ	○	○	○	○	○	ไม่เพียงพอต่อความ
17	**ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม** งานที่ปฏิบัติงานนั้นทำให้เกิดฝุ่น/เสียงดังรบกวน/หรือมลพิษอื่นๆ หรือไม่	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
18	**การเร่งของงาน** ณ งานนี้เป็นงานเร่งด่วนหรือไม่	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
19	**ความเข้มงวดของกฎความปลอดภัยในโครงการ** กฎความปลอดภัยที่บังคับใช้ เข้มงวดมากน้อยเพียงใด	มากที่สุด	○	○	○	○	○	น้อยที่สุด
20	**การทำงานเป็นกลุ่มหรือทำเดี่ยว** เป็นงานที่มีจำนวนเพื่อนร่วมงานเพียงพอหรือไม่	เกินความต้องการ	○	○	○	○	○	ไม่เพียงพอต่อความ
21	**การจำกัดชั่วโมงการทำงานต่อวัน** เป็นงานที่โครงการอนุญาตให้ทำงานมากหรือน้อยกว่า 8 ชม./วัน	มากกว่า 8 ชม.	○	○	○	○	○	น้อยกว่า 8 ชม.
22	**การมอบหมายงาน** เป็นงานที่มีคนมอบหมายงานหรือไม่	ไม่มีคนมอบหมาย	○	○	○	○	○	มีคนมอบหมาย
23	**การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลัน** เป็นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยฉับพลันหรือไม่	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายละเอียดความสามารถของคนงาน (C)		ระดับการประเมิน						
			1	2	3	4	5	
1	**ประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ทำ** มีประสบการณ์และความชำนาญในงานที่ปฏิบัติงานเพียงใด	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
2	**การฝึกอบรมในงานที่ทำ** เคยได้รับการฝึกอบรมในงานที่ปฏิบัติงานเพียงใด	ไม่เคยเลย	○	○	○	○	○	หลายครั้ง
3	**สภาพร่างกายและความแข็งแรง** สภาพแร่งกายและความแข็งแรง ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
4	**การเร่งรีบทำงานของตัวบุคคล** จะมีการเร่งรีบทำงาน ณ ขณะที่ปฏิบัติงาน	มากที่สุด	○	○	○	○	○	น้อยที่สุด
5	**ความล้าของร่างกาย** จำนวนชั่วโมงการทำงานที่ผ่านมา	มากกว่า 8 ชม./วัน	○	○	○	○	○	น้อยกว่า 8 ชม./วัน
6	**ความหงุดหงิดของจิตใจ** สภาพความหงุดหงิดของจิตใจในเรื่องงานและเรื่องส่วนตัว	มากที่สุด	○	○	○	○	○	น้อยที่สุด
7	**ความพึงพอใจและทัศนะคติในงานที่ทำ** สภาพความพึงพอใจและทัศนะคติต่องานก่อสร้างที่ปฏิบัติงานอยู่	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
8	**การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงาน** สภาพการมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีและเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้ดี	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
9	**ความตั้งใจในการทำงาน** มีความตั้งใจในงานที่กำลังปฏิบัติงานงานโดยไม่มีการยอกล้อกับเพื่อนร่วมงาน	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
10	**ความไม่ประมาท** การตระหนักและตื่นตัวตลอดเวลาในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
11	**ความสามารถของผู้ควบคุมงาน** ประสบการณ์และความชำนาญของผู้ควบคุมงานมีความเพียงพอ	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด
12	**ความสามารถในการสื่อสารงานของผู้ควบคุมงาน** ความสามารถในการสื่อสารงานได้เข้าใจของผู้ควบคุมงานมีความเพียงพอ	น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

(ส่วนที่ 2)

ผลการวิเคราะห์โอกาสในการประสบอุบัติเหตุ

( ) เหมาะสมกับงานที่ได้รับผิดชอบ

( ) ไม่เหมาะสมกับงานที่ได้รับผิดชอบ

( ) สับเปลี่ยนกับแรงงานอื่น

( ) ปฏิบัติหน้าที่เดิมแต่มีมาตรการความปลอดภัยควบคุมคนงานดังกล่าวเพิ่มเติม

มาตรการความปลอดภัยที่ใช้เพิ่มเติม .....

ผู้วิเคราะห์ผล	ผู้นำเสนอมาตรการความปลอดภัย
ลงชื่อ.....	ลงชื่อ .....
(เจ้าหน้าที่ทรัพยากรบุคคล)	(เจ้าหน้าความปลอดภัย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

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): 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): 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): 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): 117-131.

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานเต็มรูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

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

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

ผลงานเต็มรูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติ

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

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ENGINEERING JOURNAL

Article

The Relative Factors Shaping Construction Workers' Behaviors and Leading to Accidents

Nart Sooksil and Vacharapoom Benjaoran*

School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand
*E mail: vacharapoom@sut.ac.th (Corresponding author)

Abstract. Most construction workers' behaviors are shaped by task objective constraints and their capability during the operation. This research describes the construction workers' behaviors are an interaction between the task demand and the worker capability. The relative factors that influence construction workers' behaviors have been determined through the Delphi process and Analytical Hierarchical Process (AHP). The panel participated in these processes was represented by 9 safety experts who were specialized in high-rise building construction. Results of the analysis showed that 23 task demand factors and 12 worker capability factors were determined by 2 rounds of the Delphi process under the expert's consensus. The weights of these factors were determined by utilizing the AHP. The most weighted factor of the task demand was the Societal and Environmental Impact Awareness Factor. The Foreman's Communication Ability Factor was the dominant weighted factor of the capability. The factors and their relative weights can guide practitioners to manage the project resources safely and efficiently.

Keywords: Capability, construction safety, task demand, workers' behaviors.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ENGINEERING JOURNAL Volume 21 Issue 5
Received 26 December 2016
Accepted 21 March 2017
Published 29 September 2017
Online at http://www.engj.org/
DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

1. Introduction

Construction work involves a lot of work processes which are subjected to change according to project-specific requirements and contexts. The work environment is also changed abruptly as a dynamic condition. These changes create many chances of accidents and the raised statistical number of construction trade occupational injuries [1,2] and their consequences are loss of many lives, property damages, and a large amount of compensations.

Results from Haslam et al. [3] research showed that the main causal factors in construction accidents were problems arising from workers and bring into consideration of workers' behaviors while performing their tasks. Health and Safety Executives [4] research report also concluded that worker behavior is the main contributing factor in approximately 80% of the accidents. Moreover, the results from Kaila [5] study found that 80-95% of all accidents are due to unsafe behaviors and actions. Workers tend to overestimate their ability to control or prevent an accident, and this leads to an under-estimation of the risk and behaving unsafely intentionally [6]. It is usual that workers have to adjust their behaviors because of the production pressure for a faster work pace. These circumstances can cause a conflict between safety and productivity which in the short term are usually resolved in favor of production [7].

Accordingly, Rasmussen [8] proposed a descriptive model of work behavior which explains how the workers' behaviors tend to migrate closer to the boundary of functionally acceptable performance. These behaviors are caused by two primary pressures: the management pressures for increased efficiency of production and the tendency for less effort which is a response to an increased workload. During the adaptive search the workers have ample opportunities to identify 'an effort gradient' and management will normally supply an effective 'cost gradient'. The result will be likely to be a systematic migration toward the boundary of functionally acceptable performance and, if crossing the boundary is irreversible, an error or an accident may occur [8].

Rasmussen's principle is grounded in Cognitive System Engineering (CSE) which is concerned with the characteristics of the work system that influence the decisions, behaviors, and the possibility of errors and failures. [9] Cognition emphasizes that work performance depends on interacting between the workers and the characteristic of work system [10]. Cognitive theories can explain not only individual's behaviors but also the other impact factors from outside environment [11]. Most applications of CSE to safety management are related to high-risk operations in complex systems, such as aviation, health care, nuclear and chemical plants. In the area of construction safety, Saurin et al. [12] have implemented and examined site safety practices from the cognitive perspective. They also suggested research opportunities for devising innovative construction safety management systems which were based on three core principles of CSE, namely flexibility, learning, and awareness.

Construction is a loosely coupled work system and leaves many degrees of freedom for the worker crew [13]. It is only a suggested workflow but is not required to follow all the steps which leave some spaces for the workforce to consider an appropriate choice of working decisions under dynamic situations [12]. These situations make the workers' behaviors migrate closer to the boundary of functionally acceptable performance and working in the boundary of error margin.

The implementation of safety rules and a safety campaign in the construction trade is mostly prescribed "safe behaviors" to keep workers' behaviors away from the boundary of functionally acceptable performance [14]. However, the applied pressures are still pushing workers toward that boundary. This normative approach of construction safety focuses on prescribing and enforcing the safety rules, and defends workers' exposure to hazards. Under this perspective, accidents still occur due to lack of safety knowledge and/or commitment. Moreover, the development of construction technology and construction safety has been improved, [15] thus human adaptation compensates for these safety improvements and tries to get closer to the boundary of functionally acceptable performance again. This phenomenon has been observed in traffic research and explains why technological safety improvements have not generated the expected improvement outcomes in safety [9].

The characteristics of traffic change all the time [16]. This dynamic circumstance is similar to the changes in construction. With regard to traffic accidents, the Task Demand-Capability Interface (TCI) model [9] provides a new conceptualization of the process by which collisions occur. At the heart of the TCI model is the relationship between the task demand and the capability applied to achieve a safe outcome while driving a vehicle. When the task demand is less than the capability, the driver has a control of the situation. When the task demand is greater than the applied capability, the result is loss of control. This situation may result in a crash or may not, if there is a compensatory action by others. Thus, to

maintain the control, it is necessary that the driver anticipate the task demand and match it with the suitable capability.

The TCI model is based on the cognitive perspective and linked with the Rasmussen principle of the workers' behaviors. The task demand can be interpreted as the management pressures that try to succeed with the goals under limited conditions. For capability, it is derived to worker's effort gradient which depends on physical and mental attributes.

The feasibility of applying the TCI principle in construction safety research has been demonstrated by Mitropuolos and Cupido [10] research. They synthesized a new safety model which displayed an interface between the demand of task and the capability applied during working. The model showed the relationship between task demands and applied capabilities that shaping the workers' behaviors and then the likelihood of accidents. From this view, it can be drawn that the unsafe behaviors of construction workers are initiated by the attributes of task demand and capability. Hence, a research gap is addressed on the actual combination of task demand and worker capability which contribute to unsafe actions and consequent accidents, and the relationships among these factors.

The previous research has revealed that workers' behaviors systemically migrate to the risk condition all the time by attributes of the task demand and capability. The forthcoming model should be considered for the attributes that crate the workers' behaviors in a dynamic environment. The existing construction safety models seem to be insufficient. They are mostly based on the normative approach which ignores how the characteristics of the task and the worker capability influence the possibility of errors and accidents. The task demand and the worker capability are being highlighted as the initial causes of unsafe actions. The objectives of this paper are to determine task demand and capability attributes that influence workers' behaviors and then to determine the relative weights of these attributes which contribute to the likelihood of an accident in construction trade.

2. Materials and Methods

2.1. Framework for Model Development

Worker's behaviors tend to getting close to the error margin all the time. The cognitive theory has ability to describe worker's behaviors in the proper way. All the unsafe actions are generalized by two main attributes. The first one is management pressure as we know as the Task Demand (TD). The second one is the tendency for least effort which namely as Capability (C). Whereas TD is defined as the difficulties in completing the task according to its target. C is defined as the worker's abilities to handle the task demands. It would be worthwhile to develop a practical model from task demand and capability attributes that can forecast an accident. The combination of model components must be investigated along with finding the relative weight of each component. This procedure is detailed in this paper as phase 1 of the research framework.

The Delphi process has been applied to determine the model components or factors. Safety is one of the subjective research topics whose data collection is mostly relied on opinion survey and group-brainstorming techniques. All substantial involving bias must be recognized and minimized [17]. The advantage of the Delphi process is to decrease the variability of the responses and achieve group consensus about the correct value. Consensus is built by using a series of questionnaires administered in various rounds [18]. Four key features of the Delphi process are anonymity, iteration, controlled feedback, and the statistical aggregation of group response [19]. The Delphi process is intended for use in judgment and forecasting situations in which pure model-based statistical methods are neither practical nor possible [20]. The Delphi process which is proposed in this study offers the opportunity to control dominant biases through anonymity, and elicit practical data that really reflected on the current construction safety situation. It requires a moderator and a panel of experts who are qualified and approved. The experts are anonymous and participated individually in two or more rounds of the structured questioning.

Also, this research implemented AHP which is initiated by Saaty's [21] to find the relative weights of these model factors. These weights express a degree of importance of each factor relative to the others [22]. The overall index of these factors can be computed accordingly that will objectively and realistically reflect the level of ongoing safety [23]. The major advantage of AHP is its capability to check and reduce the inconsistency of expert judgments. While reducing bias in the decision making process, this method provides group decision making through the consensus [24].

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

Phase 2 of the research is to analyze the relationships between these factors and the likelihood of an accident using Multiple Linear Regression (MLR) and Artificial Neural Network (ANN) methods. Finally, a construction workers' behaviors model for accident prediction will be developed as shown in Fig. 1.

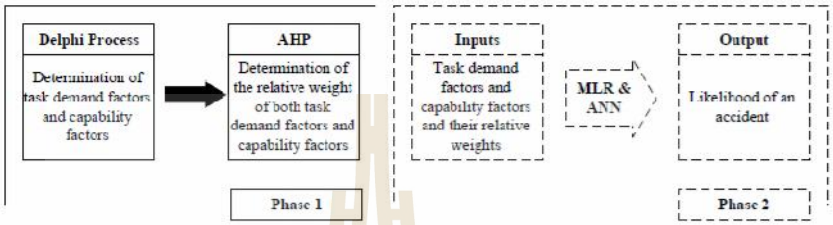


Fig. 1. The research framework of model development.

2.2. Components of Proposed Model

The proposed model consists of two main parts TD and C. TD includes physical demands and cognitive demands which push workers into the risk condition. TD can be divided into three groups, namely Task Factors, Environmental Factors, and Work Behavior Factors. All these groups are further broken down into a total of 23 factors. For the other part, C can be divided into four groups, namely Competence Factors, Human Factors, Attention Factors, and Foreman Factors which are further decomposed into a total of 12 factors. All these 35 factors are extracted and drawn on the existing literature in [3, 10, 25], and they are also resulted from the pilot survey by 9 safety experts in high-rise building construction projects. The 9 experts involved with this stage certified as either professional safety or administrational safety with a lowest of 6 to a highest of 23 years of construction safety experiences. The pilot survey was conducted consisting of open-ended questionnaire about what are the relative factors of TD and C. This questionnaire is provided the guideline of 17TDs and 9Cs factors which derived from the underlying prior literatures. Figure 2 shows the category of all factors of the proposed model which 6TDs and 3Cs factors are resulted from the pilot survey.

A group of Task Factors includes characteristics of the assigned task. They consist of the following factors.

- Task Complexity (TD1): It describes the complexity of the task and the level of workers' skills required.
- Transportation of Material (TD2): It describes the requirement of moving materials from the storage location to the working place and the involvement of machine or equipment for this transportation.
- Work Coordination (TD3): It describes the coordination among different trades required in the task. If more trades are involved, the task becomes more difficult.
- Required Working Space (TD4): It describes the adequacy of the available working space compared to the requirements.
- Type of Main Material (TD5): This factor accounts for the type of main materials which are used in the task. It can affect the workability of the task. For instance, low slump concrete is required for casting a shear wall. In this situation, the type of main materials creates a more difficult task when compared to typical specifications.
- Machines/Equipment (TD6): This factor accounts for the requirements of complicated or heavy machines and/or equipment for the task.
- Tools (TD7): Similarly to the former factor, this factor accounts for the requirements of specials personal tools for the task. A task which requires many special tools is implied to be more difficult than the ordinary.
- Building Design (TD8). The design of the building can account for the difficulty of the overall project and so the task.
- Construction Methods (TD9): Not only the design, the construction methods used can also impact the difficulty of the task. The worker works uneasily with the unfamiliar methods.

- Engineering Tolerances (TD10): This factor describes the allowable tolerances applied to the task. The acceptable deviations in measured values, dimensions, or properties of the work can affect the difficulty of the task.
- Finishing-Work Quality (TD11): It accounts for the acceptable qualities of architectural works and the finishing-work. Whether or not the task requires a higher or lower quality than a typical one.

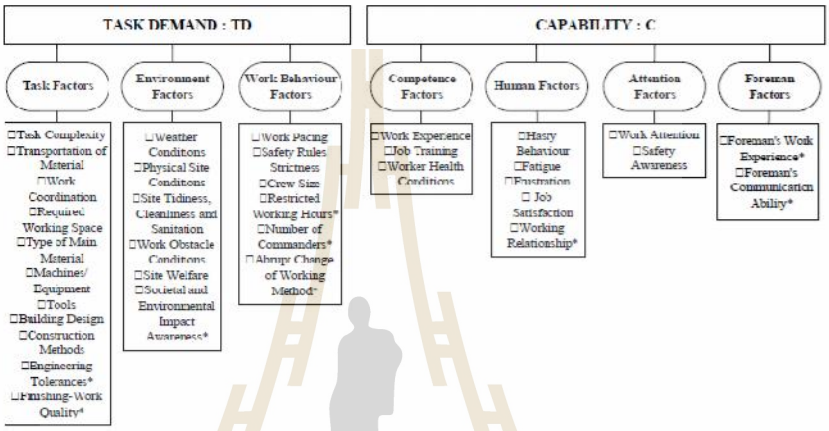


Fig. 2. Elements of task demand and capability. (*Factors added from the pilot survey.)

A group of Environmental Factors refers to the site conditions that workers are confronted with. These conditions are various and can impact the task demands.

- Weather Conditions (TD12): This factor describes the weather conditions during the task execution. Uncomfortable weather conditions such as windy, rainy, humid, and hot can increase the task difficulty.
- Physical Site Conditions (TD13): This factor describes the physical site conditions including noise, lighting and ventilation inherent during the task operation. Inappropriate levels of these physical conditions can discomfort workers.
- Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation (TD14): This factor describes the quality or condition of being neat in construction site, along with adequate sanitation. The poor conditions increase the difficulty of the task and the potential for errors.
- Work Obstacle Conditions (TD15): This factor accounts for the interference of some other works nearby which sometimes require workers' attention or response and can increase the difficulty of the task.
- Site Welfare (TD16): This factor accounts for the sufficiency of the welfare provided on site such as drinking water, toilets and rest area. This welfare can help comfort and refresh workers when needed.
- Societal and Environmental Impact Awareness (TD17): This factor describes the awareness of societal and environmental impact on the neighborhood. The workers' attentions are required to minimize this impact especially when the project site is situated at a sensitive area.

A group of Work Behavior Factors is related to pattern of actions and interactions of the members that affects its effectiveness. It consists of these factors.

- Work Pacing (TD18): This factor depends on the available time to complete the task. If the project is delayed, the catch-up plan has to be implemented and the task becomes more difficult.
- Safety Rules Strictness (TD19): This factor depends on how safety rules are applied in the site. All workers must comply with the safety rules and guidelines, and should not do anything to endanger themselves and other persons. If all the safety rules are not enforced strictly and rigorously, the task would be difficult.

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

- Crew Size (TD20): This factor refers to a proper number of workers that are required to perform the task. If insufficient workers are assigned, the task becomes difficult.
- Restricted Working Hours (TD21): This factor refers to the period of time that can be spent at the construction project. The limited number of working hours made the task more difficult because the workers try to finish their work within a limited time.
- Number of Commanders (TD22): This factor accounts for number of headman who assigns workers. More than one headman can cause workers confused and the task gets harder to perform.
- Abrupt Changes of Working Method (TD23): This factor refers to unexpectedly sudden changes in working method. These changes can also cause task difficulty.

A group of Competence Factors is related to the overall workers' competence which includes work experience, job training and health conditions.

- Work Experience (C1): This factor describes the level of work experience of a worker that is related to the current task. It directly affects on his/her capability.
- Job Training (C2): This factor describes the level of job training or educating of a worker through which his/her competence can be developed.
- Health Conditions (C3): This factor accounts for workers' health conditions such as chronic condition, sickness and substance abuse which can decrease capability.

A group of Human Factors which expresses five key states of mind of workers including haste, fatigue, frustration, job satisfaction and working relationship.

- Hasty Behavior (C4): This factor describes the hastiness of workers' behaviors. The hasty or sluggish behavior while operating the task can vary the capability.
- Fatigue (C5): This factor refers to the extremely tiredness, typically resulting from mental or physical exertion or illness. Fatigue can be caused by the exceeding working hours and it continues for several days.
- Frustration (C6): This factor is related to the feeling of being upset or annoyed. Workers could get frustrated from the job or personal matters. If workers get frustrated with both matters, their capability can decrease.
- Job Satisfaction (C7): This factor refers to the feeling and the pleasure derived from job. Job satisfaction and job attitude can increase or decrease capability.
- Working Relationship (C8): This factor describes the state of being connected with the co-worker. Since construction work involves several workers, the coordination between co-workers is essential for better performance.

A group of Attention Factors is related to workers' attention and awareness. Attention is an interest and carefulness that workers show in their work. It is a limited resource, and it can be reduced as workers perform multiple tasks;

- Work Attention (C9): Loss of attention to work brings worker to the risk condition due to capability being decreased. Working under unconscious conditions is not recommended.
- Safety Awareness (C10): If workers are aware of all safety practices and measures during their work execution, capability can be increased. Keep vigilant all the time is recommended.

A group of Foreman Factors is related to the foreman's work experience and communication ability. Foremen play a main role to support their crew capability. Subsequently, capabilities of a worker are influenced by these factors.

- Foreman's Work Experience (C11): This factor accounts for the work experience of the foreman. An experienced and competent foreman can effectively train and guide his/her crew. The more work experiences the foreman has, the more workers' capability can be increased.
- Foreman's Communication Ability (C12): This factor describes the ability of communication of the foreman which is necessary for making a successful interaction with his crew. The communication ability also ensures that all instructions are well understood. This factor is very important in case of the migrated workforces.

2.3. Expert Panel

The panelists participated in the Delphi and AHP consists of 9 construction safety experts who are highly experienced on high-rise building construction. One of the main advantages of the Delphi technique is that there is no requirement for a minimum number of panelists in the survey. However, it should be adequate

to draw an acceptable conclusion at the end of the process [26]. Rowe and Wright [20] indicated that the size of a Delphi panel has ranged from a low of 3 to a high of 80 members. The specific number of panelists should be dictated by the characteristics of the study such as the number of available experts, the desired geographic representation, and the capability of the facilitator [17]. Therefore, the decision-making group probably should not be too large, i.e. a minimum of 5 to a maximum of about 50 [27], the Delphi technique work group of 5 to 9 members are sufficient [28]. In addition, there is no minimum number of experts in the AHP. The AHP is meant to help an individual to organize his thinking and deal with many decisions. The process allows him to experiment with different criteria and different judgments [29]. Some research studies applied a combined Delphi and AHP and utilized the same panel of experts for both processes [30, 31]. The Delphi was employed at the preliminary stage in order to shortlist and identify the prominent variables. The AHP was then employed at the subsequent stage to determine the relative weights of the selected variables [32].

Therefore, this study invited 9 experts to participate for both processes. These experts are not the same group as recruited in the pilot survey. The validity of the proposed factors heavily depends on the qualifications of this expert panel. The expert qualifications are summarized in Table 1.

Table 1. Expert qualifications.

Work Position	• Two of them held project director position and committee of safety and health at work promotion association (Thailand). • Four experts occupied as a safety manager and another three experts held position as senior safety officer.
Safety Certification	• Eight of them certified as professional safety and six of them certified as administrational safety.
Education	• Education level of eight experts started from bachelor to master degree and one expert graduated from higher vocational certificate.
Experience	• These nine safety experts had a cumulative 140 years of construction safety work experience.
Training	• Totally more than 1,700 hours of safety training courses.
Instructor	• Eight of them are safety at work instructors for their company and two of them have been invited as instructor for external agencies.
Author	• Eight of them are author of safety management handbook for their companies and two of them are committee of department of labour protection and welfare who issued a construction safety manual.

2.4. Factors Determination by the Delphi Process

The Delphi process helps identify and validate the significance of all proposed TD and C factors. The insignificant factors will be removed from the final lists through the experts' consensus. The experts were asked to rate the significant level of the proposed factors in a 5-point scale. The values 1, 2, 3, 4 and 5 represented the linguistic terms as least, less, moderate, high and highest significances, respectively. At the beginning of the next round, the moderator provides an anonymous summary of the experts' responses from the previous round. Then, the experts are encouraged to revise their own previous responses according to the revealed group's result. The revision keeps continue on the next round and so on. The criterion for terminating the process is the group interquartile range (IQR). When the group interquartile ranges of all factors are less than or equal to 1.50, the group consensus is achieved and the Delphi process can be ended. Any factors which receive a group median less than 3.00 are considered as insignificant and must be removed. The other factors receiving a group median more than or equal to 3.00 are included in the final list because the experts consentaneously consider them at least as a moderate significant level factor.

The Delphi procedures are displayed as Fig. 3 and can be detailed as following lists;

1. A five-point scale was coded to define the significance of all proposed TD and C factors.
2. The obtained responses were analyzed using median and IQR refer to Eq. (1), (2), and (3). These results and some feedbacks (if necessary) were declared at the end of each round.

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

3. All IQR of each factor required must be ≤ 1.50 to achieve the group consensus. Otherwise, another round of the process is needed.
4. After the group consensus is reached, the median values are considered. The factors that occupied group median of more than or equal to 3.00 will be integrated in the final list, and the rest factors will be removed as the insignificant factors of proposed model.

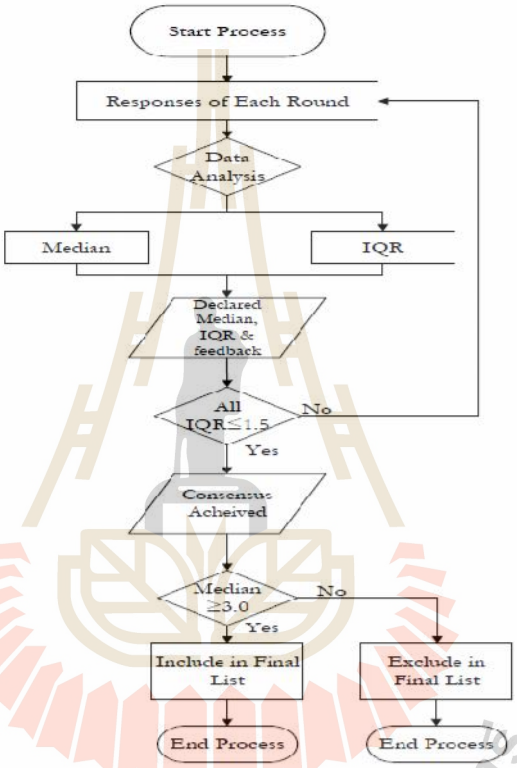


Fig. 3. The procedure of Delphi process for determining the significant factors.

The median and interquartile ranges are calculated by using the following equations [33]:

Median

$$\text{Median} = L + w(0.5n - cfb)/fm \quad (1)$$

where L = lower class limit of the interval that contains median
n = total frequency
cfb – the cumulative frequencies before the median class
fm – frequency of the class interval containing the median
w = interval width

Interquartile range (IQR)

$$\text{IQR} = Q_3 - Q_1 \quad (2)$$

Q_1, Q_3 calculates by,

$$Q_i = L_{Qi} + ((n * i)/4 - cfb)w/f_{Qi} \quad (3)$$

where i=the ith quartile
L_{Qi} =lower class limit of the interval that contains ith quartile median
n = total frequency
cfb =the cumulative frequencies before the ith quartile median class
f_{Qi} = frequency of the class interval containing the ith quartile median
w = interval width

2.5. Weighting Factor by AHP

The same panel was also participated in AHP including 9 construction safety experts. The extracted data from surveying have been analyzed by three processes: pair-wise comparison, relative weight computation and consistency ratio calculation. The details of each process are described as follows.

The first process is the pair wise comparison. All attributes are listed in both rows and columns to form a comparison matrix. These attributes are then pair-wise compared. During the comparing process, the participants must answer two questions 1) which of the two attributes in the set is more important or has a greater influence on the attribute located one level above in the hierarchy? And 2) what is the intensity of that difference in terms of importance or contribution? The verbal assessments are interpreted into quantitative scale referring to AHP 1-9 scale (e.g., 1 = equal importance, 3 = moderate importance, 5 = strong importance, 7 = very strong importance, and 9 = extreme importance). Integers in the comparison matrix that is greater than 1 means that the attribute in the row has a higher degree of importance than the attribute in the column

The second process is the relative weight computation. The Saaty's core theorem states that the eigenvector of the comparison matrix is a local priority vector of the attributes compared. There are several approximation methods used to compute the eigenvector ($\overline{w}$), of which the average of normalized columns (ANC) method is the most accurate [34]. w_i is the relative weight of the attribute in row i and it is an element of the eigenvector $\overline{w}$ for a reciprocal $n \times n$ matrix. The ANC computation of w_i is as follows:

$$w_i = (\sum_{j=1}^{n} a_{ij})/n \quad (4)$$

where a_{ij} = the element located in row i and column j of the normalized-column matrix.

The third process is the consistency ratio calculation. The consistency ratio: CR is a measure for controlling the consistency of the pair-wise comparisons [35]. Saaty [34] introduced a formula to compute CR. The CR value should not be more than 0.10; otherwise, the pair-wise comparison or the hierarchy of the structure has to be revised. The acceptable CR does not guarantee that the values of attribute weights are correct. Instead, it ensures that no intolerable conflicts exist in the comparison process or the relative weights are logically sound and not a result of random prioritization.

Table 2 is illustrated an example of above computation procedure and can be detailed as follows.

There are three factors to be compared with respect to "Task Demand". The three factors are TF = Task Factor, EF = Environmental Factor, and WF = Work Behavior Factor. The matrix 3 by 3 is crated as it has three sets of attributes to be compared. The diagonal elements of the matrix are always 1, and it only needs to fill up the upper triangular matrix. The upper triangular matrix needs to fill by the actual judgment values on the left side of 1. To fill the lower triangular matrix, just use the reciprocal values of the upper diagonal. For example, a comparison between Environment Factor: EF and Work Behavior Factor: WF (EF/WF) was given as 7. It meant that EF had more influence on Task Demand than WF with very strong importance intensity. Also, it was implied that WF/EF was equal to 1/7. Then sum each column of the comparison matrix.

Each element of the matrix is divided with the sum of its column, then we have normalized-column matrix. The sum of each column is 1. The relative weights of each factor are displayed as eigenvectors. The

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

eigenvectors are calculated by Eq. (5). Hereby, the relative weight of TF, EF, and WF with regard to the Task Demand are 0.283, 0.643, and 0.074 respectively.

Table 2. The example of comparison matrix and normalized-column matrix according to "Task Demand".

Com parison	TF	EF	WF	Normalized -Column	TF	EF	WF	Row sum	Eigen vector
TF	1.00	1/3	5.00	TF	0.24	0.23	0.38	0.85	**0.283**
EF	3.00	1.00	7.00	EF	0.71	0.68	0.54	1.93	**0.643**
WF	1/5	1/7	1.00	WF	0.05	0.10	0.08	0.22	**0.074**
Column sum	4.20	1.48	13.00	Column sum	1.00	1.00	1.00	3.00	1.000
Eigenvalue (λmax)								=	3.0655
Consistency Index (CI)								=	0.0328
Ramdom Index (RI)								=	0.5800
Consistency Ratio (CR)								=	0.0565

Aside from the relative weight, the consistency of the results is verified. The eigenvalue (λmax) is obtained from the summation of products between each element of eigenvector and the sum of columns of the comparison matrix. The consistency index (CI), random index (RI) and consistency ratio (CR) are calculated refer to Saaty [34]'s formula. The consistency ratio is 0.0565 which less than 0.10, and implied that no intolerance conflicts exist during the comparison process.

3. Results and Discussion

After comprehensive analysis, the results of this research are divided into 2 main parts as follows.

3.1. Results of the Delphi Process

The procedure of the Delphi process and the definition of all 35 proposed factors were thoroughly explained to the expert panel. The experts were asked to rate the relevance of each factor by using the five-point scale. The Delphi process was actually finished in two rounds. The detailed results of the Delphi process are shown in Table 3 and 4.

For TD Factors, in the first round of the Delphi process, all group medians were higher than 1.50. The 8 factors had IQRs more than 1.50 so that the group consensus did not achieve yet and the second round was required. In the second round, all group medians were still higher than 1.50 and all IQRs were under 1.50. The group consensus was reached and the process was ended. The final results were that none of the 23 factors (TD1-TD23) were removed. The highest group median was TD2-Transportation of Material Factor with 4.75. The lowest group medians were both TD16-Site Welfare Factor and TD21-Restricted Working Hours Factor with 3.00.

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

Table 3. Determination results of task demand factors by the Delphi process and weighted factors by AHP.

Delphi							AHP
Categorised Factor	Factor		Round 1		Round 2		Weighted
			Median	IQR	Median	IQR	
Task Factors 35%	TD1	Task Complexity	3.75	1.69	4.00	1.50	3%
	TD2	Transportation of Material	3.75	3.13	4.75	0.88	3%
	TD3	Work Coordination	3.60	1.13	3.86	0.64	2%
	TD4	Required Working Space	3.13	1.69	3.38	1.27	3%
	TD5	Type of Main Material	2.88	2.19	3.75	1.00	2%
	TD6	Machines/Equipment	4.40	0.99	4.06	0.56	2%
	TD7	Tools	4.33	1.35	4.40	0.99	2%
	TD8	Building Design	3.88	1.69	4.38	1.13	5%
	TD9	Construction Methods	3.88	1.31	4.20	1.00	8%
	TD10	Engineering Tolerances	3.38	1.94	3.60	0.99	3%
	TD11	Finishing-Work Quality	3.13	1.31	3.60	0.99	2%
Environment Factors 35%	TD12	Weather Conditions	3.60	1.43	3.75	0.88	5%
	TD13	Physical Site Conditions	3.80	1.50	4.08	0.75	6%
	TD14	Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation	4.60	1.13	4.60	0.99	8%
	TD15	Work Obstacle Conditions	4.60	2.13	4.25	0.88	4%
	TD16	Site Welfare	3.00	0.90	3.00	0.50	2%
	TD17	Societal and Environmental Impact Awareness	4.25	2.19	4.33	1.35	10%
Work Behaviour Factors 29%	TD18	Work Pacing	4.20	1.00	4.40	0.99	7%
	TD19	Safety Rules Strictness	4.00	0.90	4.40	0.99	6%
	TD20	Crew Size	3.25	1.00	3.25	0.88	3%
	TD21	Restricted Working Hours	2.80	1.50	3.00	1.50	4%
	TD22	Number of Commanders	3.08	0.75	3.25	0.88	1%
	TD23	Abrupt Changes of Working Method	3.40	1.43	3.94	0.56	6%

For C Factors, in the first round of the Delphi process, all group medians were higher than 1.50. The three factors had IQRs of more than 1.50, so that the group consensus did not achieve yet and the next round continued. In the second round, all group medians were still higher than 1.50 and all IQRs were under 1.50. The group consensus was reached and the process was ended. The final results were that none of the 12 factors (C1-C12) were removed. The highest group median was C2-Job Training Factor with

DOI:10.4186/ej.2017.21.5.257

group median 4.40. The lowest were C4-Hasty Behavior Factor, C8-Working Relationship Factor, and C9-Work Attention Factor with the same group medians 3.40.

For both TD and C grouped factor, the Delphi process was ended by two rounds and reached the consensus with IQR under 1.5 and without any feedbacks. This finding further reinforced the consensus within two rounds of survey among the group of expert. This finding is consistent with the previous studies that have shown that generally 2-3 iterations are enough to specify the results [18, 36, 35].

The results indicated that none of the 35 proposed TD and C factors were removed. The reason was that all these 35 factors were carefully pre-selected from the literature reviews and the authors' self-preliminary surveys of construction projects in Bangkok, Thailand. These pre-surveys resulted in a developed questionnaire with the proof of validation.

3.2. Results of AHP

AHP was implemented to find the relative weights of those 35 factors. It helped evaluate the degree to which each factor affecting the proposed model and identify the major contributing factors. The same expert panel was asked to do pair-wise comparisons using a 1-9 scale on those factors. The results have been analyzed and were tabulated in Tables 3 and 4.

Table 4. Determination results of capability factors by the Delphi process and weighted factors by AHP.

Delphi								AHP
Categorised Factor		Factor		Round 1		Round 2		Weighted
				Median	IQR	Median	IQR	
Competence Factors	21%	C1	Work Experience	3.80	1.00	3.94	0.56	7%
		C2	Job Training	4.40	0.99	4.40	0.99	7%
		C3	Health Conditions	3.67	1.35	3.80	1.00	7%
Human Factors	36%	C4	Hasty Behaviour	3.33	1.50	3.40	0.99	7%
		C5	Fatigue	3.75	1.38	3.94	0.56	7%
		C6	Frustration	4.00	1.63	4.20	1.00	6%
		C7	Job Satisfaction	3.38	1.27	3.60	0.99	9%
		C8	Working Relationship	3.33	1.50	3.40	0.99	7%
Attention Factors	22%	C9	Work Attention	3.13	1.19	3.40	0.99	11%
		C10	Safety Awareness	4.00	2.02	4.00	1.50	11%
Foreman Factors	21%	C11	Foreman's Work Experience	3.80	1.00	3.86	0.64	9%
		C12	Foreman's Communication Ability	3.88	1.69	4.10	0.80	12%

For the relative weights of TD factors, the top 3 highest relative weights were as follows:

TD17-Societal and Environmental Impact Awareness Factor received the relative weight with 10%. The experts pointed out that all high-rise building construction projects had to get Environmental Impact Assessment (EIA) approval before project is started. This requirement increased TD. Additionally, some activities might create environmental impacts during the construction process, such as dust or noise pollution to neighborhood. These environmental impacts increased the difficulty in completing the project. Based on Rajendran et al. [38] research, that has been studied of the impact of green building design and construction practices on construction worker safety and health. The results have shown little or no

difference between green and non-green projects in terms of safety performance and a question arises as whether Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) buildings should be labeled as sustainable buildings or not.

TD9-Construction Methods Factor was realized that it could increase TD. For instance, a method which involves working in the confined space might create more TD or more difficulty to perform the task. This factor came up with 8% of the relative weight. This finding corroborates the Everett [15] research that has emphasized the overexertion injuries in construction are caused by the prescribed tools and work methods.

TD14-Site Tidiness, Cleanliness and Sanitation Factor occupied 8% of the relative weight. An unclean or untidy work environment is a source of dangers and creates hazards to workers. This result is supported by Sawacha et al. [39] study that found a tidy site and well layout site were more likely to provide a high level of safety performance.

The least weighted factor nominated to TD11-Finishing-Work Quality Factor with 2% of the relative weight. The experts suggested that the high-rise building construction projects were highly competitive and they required quite similar standards of finishing work quality. This factor consequently did not influence TD much.

For the relative weights of C factors, the top 3 highest relative weights are C12-Foreman's Communication Ability Factor, C10-Safety Awareness Factor, and C9-Work Attention Factor with 12%, 11%, and 11% of the relative weights, respectively. The experts indicated that the C12-Foreman's Communication Ability Factor was the major factor affecting C and corresponding to the finding of Loushine et al. [40] study which observed communications as the second most frequently studied success factor in the previous literature. The communication contributes to successful quality and safety programs in construction. Most construction projects used a lot of foreign workers to operate the tasks. Communication abilities of foremen are really needed to supervise them. Moreover, the effectiveness of communication helped transfer foremen' instructions and knowledge to their workers precisely and completely.

The experts pointed out that the C10-Safety Awareness Factor was very important. Construction work is very dangerous. Workers must be aware of all safety practices and measures and remind themselves of any dangers all the time and do not taking any risks. Risk-taking behavior leads workers to be considerably more accident prone [41]. This safety awareness could strongly contribute to the increase in C.

C9-Work Attention Factor highly influenced worker's capability because the attention of a worker is a limited resource. Multiple tasks, teases, or other distractions grab workers' work attention and reduce C. Hinze's distraction theory [42] detailed how the concentrate on the production task can act as a distraction from the hazard.

The least effect factor on C is C6-Frustration Factor with 6% of the relative weight. The experts realized that frustration during the task has little influence on C.

4. Conclusions

Recent research argues that workers' behaviors are always getting close to the risk condition. Despite having the necessary improvement of safety condition or safety technology, workers frequently choose to violate safety rules, procedures or not use protective equipment for their own proposes [43]. Therefore, it is wise to discover the influencing factors of these workers' behaviors which consequentially result in unsafe actions and potentially lead to an accident. This study applied the Delphi process and AHP to discover the task demand (TD) and capability (C) factors and their relative weights that influencing workers' behaviors. The 9 safety experts of high-rise building construction in Thailand were recruited in both processes. After reaching the consensus among the expert's opinions of two rounds of the Delphi process, the results indicated that all 35 proposed factors received the group median over 3.0 and they were absolutely inevitable to model components. These factors could be generalized for high-rise building construction projects but the other scenarios could be applied with more or fewer factors. The results from AHP showed the relative weights of these factors which indicated their significance levels. Furthermore, they could be used to prioritize the management's concerns and plan an effective strategy. Project managers can concentrate on certain factors instead of handling all the factors to succeed the project safely and efficiently. The future research is necessary to better understand a link between these factors and the likelihood of an accident which can be proved through the empirical data. The construction workers' behaviors model for

the accident prediction will be further developed in phase 2 and the soundness of the model must be validated.

References

[1] Social Security Office. (2015). Record of occupational injuries classified by severity and type of firm on year 2015 [Online]. Available: http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/AnnualReportBook2558.pdf [Accessed: 20 December 2016].

[2] Bureau of Labor Statistics. (2015). Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI) – Current and Revised Data [Online]. Available: https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0014.pdf [Accessed: 20 December 2016].

[3] R. A. Haslam, S. A. Hide, A. G. F. Gibb, D. E. Gyi, T. Pavitt, S. Atkinson, and A. R. Duff, "Contributing factors in construction accidents," *Appl Ergon*, vol.36, no.4, pp. 401-415, 2005.

[4] Health and Safety Executive (HSE), "Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system," Contract Research Report 430/2002, Suffolk, UK, 2002.

[5] H. L. Kaila, "Behaviour based safety management," *Indian J Occup Environ Med*, vol. 10, no. 3, pp. 102-106, 2006.

[6] S. Lichtenstein, P. Slovic, B. Fischhoff, and B. Combs, "Judged frequency of lethal events," *J Exp Psychol Human Learning and Memory*, vol.4, pp. 551-578, 1978.

[7] J. T. Reason, *Human Error*. New York: Cambridge University Press, 1990.

[8] J. Rasmussen, "Risk management in a dynamic society: A modeling problem," *Safety Sci*, vol. 27, no. 2, pp. 183-213, 1997.

[9] R. Fuller, "Towards a general theory of driver behavior," *Accident Anal and Prev*, vol. 37, no. 3, pp. 461-472, 1997.

[10] P. T. Mitropoulos and G. Cupido, "The role of production and teamwork practices in construction safety: A cognitive model and an empirical case study," *J Safety Res*, vol. 40, no. 4, pp. 265-275, 2009.

[11] D. Fang, C. Zhao, and M. A. Zhang, "Cognitive model of construction workers' unsafe behaviors," *J Constr Eng M*, vol. 142, no. 9, pp. 04016039, 2016.

[12] T. A. Saurin, C. T. Formoso, and F. B. Cambraia, "An analysis of construction safety best practices from a cognitive systems engineering perspective," *Safety Sci*, vol. 46, no. 8, pp. 1169-1183, 2008.

[13] P. Mitropoulos, G. Cupido, and M. Namboodiri, "Cognitive approach to construction safety: Task demand-capability model," *J Constr Eng M*, vol. 135, no. 9, pp. 881-889, 2009.

[14] P. Mitropoulos, T. Abdelhamid, and G. Howell, "Systems model of construction accident causation," *J Constr Eng M*, vol. 131, no. 7, pp. 816-825, 2005.

[15] J. Everett, "Overexertion injuries in construction," *J Constr Eng M*, vol. 125, no. 2, pp. 109-114, 1999.

[16] O. Somchainuck, P. Taneerananon, and S. Jaritngam, "An in-depth investigation of roadside crashes on Thai National Highways," *Engineering Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 63-74, 2012.

[17] M. Hallowell and J. Gambatese, "Qualitative research: Application of the Delphi method to CEM research," *J Constr Eng M*, vol. 136, no. 1, pp. 99-107, 2010.

[18] A. A. Raheem and R. R. Issa, "Safety implementation framework for Pakistani construction industry," *Safety Sci*, vol. 82, pp. 301-314, 2016.

[19] G. Rowe and G. Wright, "The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis," *Int J Forecasting*, vol. 15, no. 4, pp. 353-375, 1999.

[20] G. Wright, M. J. Lawrence, and F. Collopy, "The role and validity of judgment in forecasting," *Int J Forecasting*, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, 1996.

[21] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *Int J Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.

[22] E. A. L. Teo and F. Y. Y. Ling, "Developing a model to measure the effectiveness of safety management systems of construction sites," *Build Environ*, vol. 41, no. 11, pp. 1584-1592, 2006.

[23] A. Shapira and M. Goldenberg, "AHP-based equipment selection model for construction projects," *J Constr Eng M*, vol. 131, no. 12, pp. 1263-1273, 2005.

[24] S. Aminbakhsh, M. Gunduz, and R. Sonmez, "Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects," *J Safety Res*, vol. 46, pp. 99-105, 2013.

[25] Loughborough University and UMIST, "Causal factors in construction accidents," HSE Research Report 156, Suffolk, UK, 2003.

[26] A. M. Arof, "The application of a combined Delphi-AHP method in maritime transport research—A review," *Asian Soc Sci,* vol. 11, no. 23, pp. 73, 2015.
[27] S. P. Robbins, *Management.* New Jersey: Prentice Hall, 1994.
[28] A. L. Delbecq, A. H. Van de Ven, and D. H. Gustafson, *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes.* Glenview, IL: Scott, Foresman, 1975.
[29] T. L. Saaty, "How to make and justify a decision: The analytic hierarchy process," *System Research and Information Technologies*, vol. 1, pp. 95-108, 2002.
[30] A. Moradi, A. Etebarian, A. Shirvani, I. Soltani, "Development of a fuzzy model for Iranian marine casualties management," *Fuzzy Set Val. Anal,* vol. 2014, pp. 1-17, 2014.
[31] P. F. Hsu and B. Y. Chen, "Developing and implementing a selection model for bedding chain retail store franchisee using Delphi and fuzzy AHP," *QUAL QUANT*, vol. 41, no. 2, pp. 275-290, 2007.
[32] M. R. P. Da Cruz, J. J. Ferreira, and S. G. Azevedo, "Key factors of seaport competitiveness based on the stakeholder perspective: An analytic hierarchy process (AHP) model," *MARIT ECON LOGIST,* vol. 15, no. 4, pp. 416-443, 2013.
[33] R. Ott, M. Longnecker, *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, 6th ed. California, USA: Brooks/Cole, 2008.
[34] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process.* London: McGraw-Hill, 1980.
[35] A. Shapira and M. Simcha, "AHP-based weighting of factors affecting safety on construction sites with tower cranes," *J Constr Eng M,* vol. 135, no. 4, pp. 307-318, 2009.
[36] B. Ludwig, "Predicting the future. Have you considered using the Delphi methodology," *Journal of extension,* vol. 35, no. 5, pp. 1-4, 1997.
[37] R. L. Custer, J. A. Scarcella, and B. R. Stewart, "The modified Delphi technique—A rotational modification," *J. Vocat. Tech. Edu,* vol. 15, no. 2, 1999.
[38] S. Rajendran, J. A. Gambatese, and M. G. Behm, "Impact of green building design and construction on worker safety and health," *J Constr Eng M,* vol. 135, no. 10, pp. 1058-1066, 2009.
[39] E. Sawacha, S. Naoum, and D. Fong, "Factors affecting safety performance on construction sites," *Int J Pro Man,* vol. 17, no. 5, pp. 309-315, 1999.
[40] W. T. Loushine, P. L. T. Hoonakker, P. Carayon, and M. J. Smith, "Development Quality safety management in construction," *Total Qual. Manage,* vol. 17, no. 9, pp. 1171–1212, 2006.
[41] J. Maiti, S. Chatterjee, and S. I. Bangdiwala, "Determinants of work injury—An application of structural equation modeling," *Inj. Control Saf. Promotion,* vol. 11, no. 1, pp. 29–37, 2004.
[42] J. Hinze, "The distraction theory of accident causation," in *Proceedings of the International Conference On Implementation of Safety and Health on Construction Sites, "CIB Working Commission W99: Safety and Health on Construction Sites,* Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 1996, pp. 357-384.
[43] A. Hale and D. Borys, "Working to rule, or working safely? Part 1: A state of the art review," *Safety Sci,* vol. 55, pp. 207-221, 2013.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายนาถ สุขศีล เกิดเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2521 ที่อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ปัจจุบันภูมิลำเนาอยู่ที่อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ก่อสร้าง) ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร เมื่อ พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) เมื่อ พ.ศ. 2546 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) ทางด้านการบริหารงานก่อสร้าง ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยสำเร็จการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2550 และในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าบรรจุเป็นพนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม

ในปี พ.ศ. 2556 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาเอก หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยทุนสนับสนุนการศึกษาจากมหาวิทยาลัยนครพนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี