บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ กิตติ อินทรานนท์ และ ศรีรักษ์ ศรีทองชัย (2536) พบว่าในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย (event) ในระบบที่สลับซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์อุบัติเหตุ หรือการวิเคราะห์เชิงธุรกิจ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีคุณสมบัติหลัก 3 ประการดังนี้ ความสามารถในการสังเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการวิเคราะห์ปัจจัยและความสัมพันธ์ของปัจจัย และความสามารถในการประเมินผลของปัจจัยที่มีต่อระบบและการประเมินผลของระบบ แนวทางในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือมาวิเคราะห์ระบบพิจารณาจากลักษณะของข้อมูลดิบที่นำมาวิเคราะห์ ลักษณะของข้อมูลที่เป็นผลการวิเคราะห์ และความสามารถและข้อจำกัดในการวิเคราะห์ปัญหาของระบบของเครื่องมือดังกล่าว

การวิเคราะห์ความผิดพลาดโดยแผนภูมิต้นไม้ Fault Tree Analysis (FTA) เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยในระบบที่สลับซับซ้อน เนื่องจาก FTA มีคุณสมบัติหลักทั้ง 3 ประการที่กล่าวมาข้างต้น โดยกระบวนการของ FTA เป็นสร้างแผนภูมิแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และประเมินผลของระบบด้วยการคำนวณจาก Fault Tree Diagram ดังกล่าว ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำกระบวนการวิเคราะห์ของวิธี FTA มาวิเคราะห์อุบัติเหตุโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละสาเหตุของอุบัติเหตุ และทำการประเมิน Safety Index จากความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุ (probability of accident) กับความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (severity from accident)

2.1 การวิเคราะห์ความผิดพลาดโดยใช้แผนภูมิต้นไม้ (Fault tree analysis : FTA)

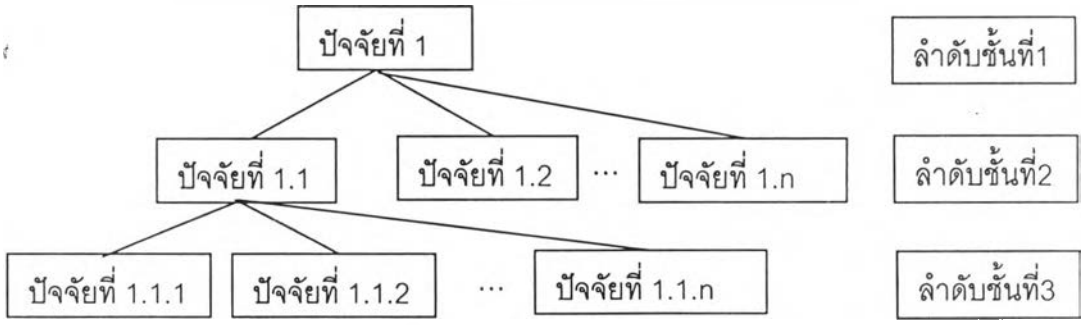
การวิเคราะห์ความผิดพลาดโดยแผนภูมิต้นไม้ Fault Tree Analysis (FTA) เป็นเครื่องมือสำหรับสังเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้ระบบผิดพลาด และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย ในกระบวนการของ FTA เป็นการสร้าง Fault Tree Diagram สำหรับแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย และทำการประเมินความผิดพลาดของระบบจาก Fault Tree Diagram ดังกล่าว ยกตัวอย่างการวิเคราะห์อุบัติเหตุด้วยวิธี FTA เป็นการสังเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุ และการสร้าง Fault Tree Diagram ของสาเหตุของอุบัติเหตุ โดยค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุและ Safety Index คำนวณจาก Fault Tree Diagram ของสาเหตุของอุบัติเหตุ เป็นต้น

กระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดของระบบด้วย FTA มีขั้นตอนดังนี้คือ การสังเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในระบบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของปัจจัย การวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงและการเลือกมาตรการป้องกันความผิดพลาดของระบบ ตามลำดับ โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

2.1.1 การสังเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ

ในการสังเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดได้แบ่งปัจจัยเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยทางตรงและปัจจัยทางอ้อม โดยปัจจัยทางตรงเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบ ส่วนปัจจัยทางอ้อมเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ปัจจัยทางตรงก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบ โดยกระบวนการสังเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมีดังนี้คือ การวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่ทำให้ระบบผิดพลาด การแจกแจงปัจจัยย่อยที่เกี่ยวข้องทั้งปัจจัยทางตรงและปัจจัยทางอ้อม โดยทำการควบคุมให้รายละเอียดของแต่ละปัจจัยใกล้เคียงกัน และการกำหนดลำดับความสัมพันธ์ของปัจจัยให้เชื่อมโยงกันอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาของ David (1978) พบว่าการวิเคราะห์ความผิดพลาดโดย FTA ได้นำพื้นฐานทางตรรกศาสตร์เกี่ยวกับ การสร้างการแยกออก (decomposition) ของปัจจัยในระบบมาสังเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบและสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ในกระบวนการสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของปัจจัยด้วยวิธี FTA เริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของระบบในลำดับชั้นที่ 1 จากนั้นจึงแจกแจงปัจจัยย่อยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักของระบบ และแจกแจงปัจจัยย่อยๆตามลำดับต่อไปจนสิ้นสุดขอบเขตของการพิจารณา โดยกำหนดให้ปัจจัยในลำดับชั้นเดียวกันเป็นอิสระต่อกัน และมีรายละเอียดภายในปัจจัยที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 2.1 แสดงการสังเคราะห์โครงสร้างลำดับชั้นความสัมพันธ์ของปัจจัยโดย FTA

ในกระบวนการสังเคราะห์ปัจจัยของระบบด้วยวิธี FTA มีสัญลักษณ์แทนประเภทของปัจจัยเพื่อแสดงสภาพของปัจจัยขณะทำการวิเคราะห์ ตัวอย่างสัญลักษณ์ของปัจจัย และวิธีการสังเคราะห์ปัจจัยในระบบด้วยวิธี FTA ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

2.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย

ภายหลังจากทำการสังเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปในกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดโดย FTA เป็นการวิเคราะห์เงื่อนไขสำหรับอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ของทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ โดยกระบวนการวิเคราะห์เงื่อนไขความสัมพันธ์ของปัจจัยเป็นการพิจารณาความผิดพลาดของระบบในสถานการณ์ต่างๆ และวิเคราะห์เงื่อนไขความสัมพันธ์ของปัจจัยจากสถานการณ์นั้นๆ ประเภทของเงื่อนไขมี 2 ประเภทคือ เงื่อนไขของปัจจัยที่เกิดขึ้นพร้อมกัน และเงื่อนไขของปัจจัยที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน ตัวอย่างเงื่อนไขในการวิเคราะห์ความผิดพลาดโดย FTA เช่น OR GATE และ AND GATE เป็นต้น (David, 1998 and Johnson,1999) โดยความหมายของเงื่อนไขทั้งสองจะกล่าวในลำดับต่อไป

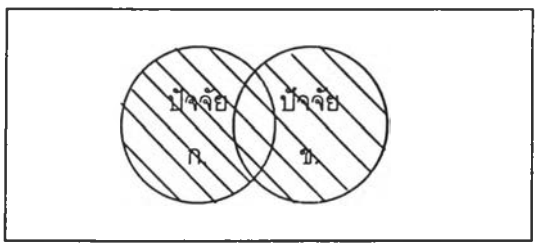
ในกระบวนการวิเคราะห์เงื่อนไขเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยในระบบมีขั้นตอนดังนี้ (Vargas,1996)

1) พิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของปัจจัยและวิเคราะห์เงื่อนไขของปัจจัยที่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดในแต่ละครั้ง
2) พิจารณาเงื่อนไขของปัจจัยจากทุกลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและวิเคราะห์เงื่อนไขที่ทำให้ระบบมีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูงสุด เงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขตัวแทนความสัมพันธ์ของปัจจัยจากทุกลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ
3) สร้าง Fault Tree Diagram ของปัจจัยทั้งหมดในระบบ โดยใช้เงื่อนไขตัวแทนอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ของทุกปัจจัยในระบบ โดยสัญลักษณ์ของเงื่อนไข ความหมายของเงื่อนไข และตัวอย่างกระบวนการวิเคราะห์เงื่อนไขด้วยวิธี FTA ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ผลการวิเคราะห์ Fault Tree Diagram ของปัจจัยทั้งหมดที่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดด้วยวิธี FTA สามารถใช้ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบได้

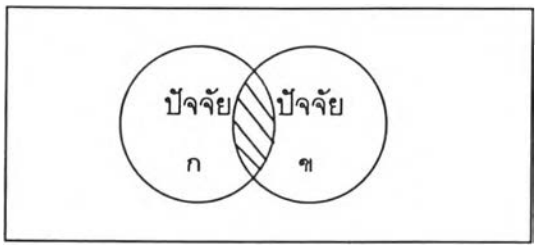
โดยค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขของปัจจัยที่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาด สำหรับการวิเคราะห์อุบัติเหตุด้วยวิธี FTA มีกระบวนการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุด้วยการคำนวณจาก Fault Tree Diagram ของสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

ตัวอย่างการวิเคราะห์เงื่อนไขของปัจจัย ในการพิจารณาความสูญเสียของระบบเนื่องจากปัจจัย ก. กับ ปัจจัย ข. พบว่าสถานการณ์ที่ 1 ระบบเกิดความสูญเสียเมื่อ ปัจจัย ก. หรือ ปัจจัย ข.เกิดขึ้นในระบบ เงื่อนไขระหว่างปัจจัยทั้งสองเรียกว่าเป็นแบบ OR Gate ความหมายของ OR Gate คือ หากปัจจัย ก. เกิดขึ้นในระบบจะมีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสียได้ หรือหากปัจจัย ข. เกิดขึ้นในระบบจะมีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสียได้ และหากทั้งปัจจัย ก. และปัจจัย ข. เกิดขึ้นในระบบพร้อมกันจะมีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสียได้เช่นกัน โดยพื้นที่แรเงาในรูปที่ 2.2 เป็นโอกาสที่ระบบจะเกิดความสูญเสียเนื่องจากเงื่อนไขแบบ OR Gate



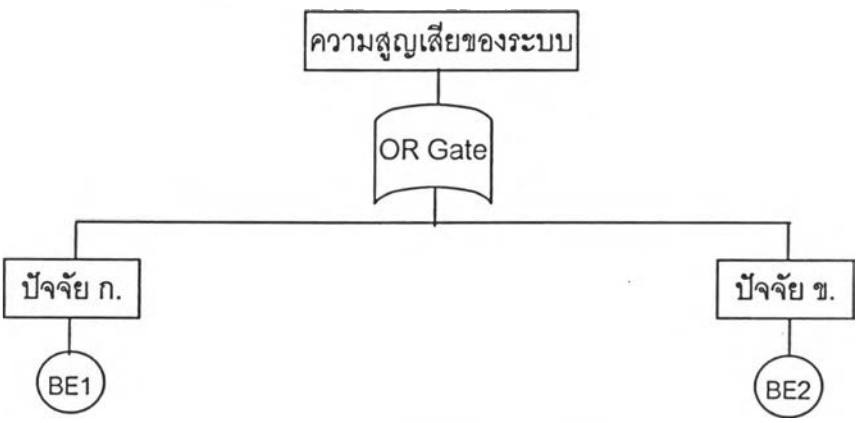
รูปที่ 2.2 แสดงโอกาสที่ระบบจะเกิดความสูญเสียเนื่องจากเงื่อนไขระหว่างปัจจัยแบบ OR Gate

ในขณะที่สถานการณ์ที่ 2 ระบบเกิดความสูญเสียเมื่อ ปัจจัย ก.และ ปัจจัย ข. เกิดขึ้นในระบบ เงื่อนไขระหว่างปัจจัยทั้งสองเรียกว่าเป็นแบบ AND Gate ความหมายของ AND Gate คือ หากมีปัจจัย ก. เพียงปัจจัยเดียวที่เกิดขึ้นในระบบจะไม่มีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสีย และหากมีปัจจัย ข. เพียงปัจจัยเดียวที่เกิดขึ้นในระบบก็จะไม่มีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสียเช่นเดียวกัน แต่หากทั้งปัจจัย ก. และปัจจัย ข. เกิดขึ้นในระบบพร้อมกันจะมีผลทำให้ระบบเกิดความสูญเสียได้ โดยพื้นที่แรเงาในรูปที่ 2.3 เป็นโอกาสที่ระบบจะเกิดความสูญเสียเนื่องจากเงื่อนไขแบบ AND Gate



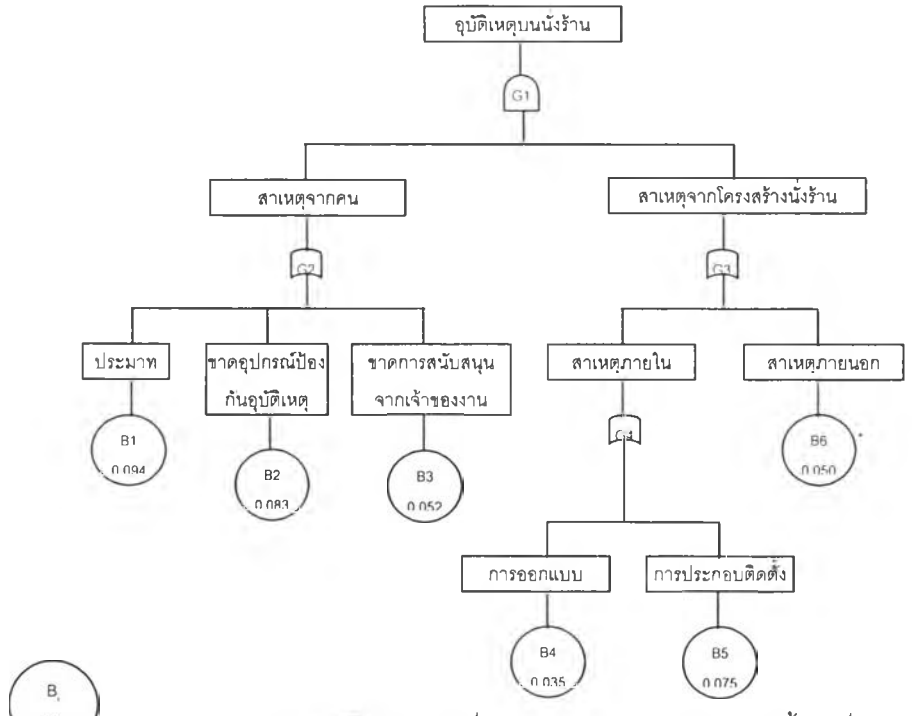
รูปที่2.3 แสดงโอกาสที่ระบบจะเกิดความสูญเสียเนื่องจากเงื่อนไขระหว่างปัจจัยแบบ AND Gate

เนื่องจากโอกาสที่ระบบจะเกิดความผิดพลาดจากเงื่อนไขแบบ OR Gate มากกว่า เงื่อนไขแบบ AND Gate ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3 ตามลำดับ จึงทำให้เงื่อนไขตัวแทนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ก. และ ปัจจัย ข. เรียกว่าเป็นแบบ OR Gate รูปที่ 2.4 เป็น Fault Tree Diagram ระหว่างปัจจัย ก. และ ปัจจัย ข.



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยก. และ ปัจจัย ข.

รูปที่ 2.5 แสดง Fault Tree Diagram ของสาเหตุของอุบัติเหตุขณะดำเนินงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้าน สาเหตุหลักของอุบัติเหตุคือ สาเหตุจากคน และสาเหตุจากโครงสร้างนั่งร้าน เงื่อนไขระหว่างสาเหตุทั้งสองเรียกว่าเป็นแบบ And Gate ส่วนสาเหตุย่อย คือ ความประมาท หรือการขาดอุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุ หรือการขาดการสนับสนุนจากเจ้าของงาน เงื่อนไขระหว่างสาเหตุทั้งสามเรียกว่าเป็นแบบ OR Gate



B_i P_i แทนสาเหตุของอุบัติเหตุลำดับที่ i มีความน่าจะเป็นเท่ากับ P_i ครั้งต่อชั่วโมงทำงานที่กำหนด

G_i แทนเงื่อนไขลำดับที่ i ที่แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุของอุบัติเหตุแบบ And Gate

G_i แทนเงื่อนไขลำดับที่ i ที่แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุของอุบัติเหตุแบบ OR Gate

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่าง Fault Tree Diagram ของสาเหตุของอุบัติเหตุ

2.1.3 การวิเคราะห์มูลค่าหรือความสูญเสียในเชิงปริมาณของระบบ

ความสูญเสียเนื่องจากความผิดพลาดของระบบแบ่งเป็นความสูญเสียของบุคคล เช่น การบาดเจ็บ การทุพพลภาพ การเสียชีวิต และความสูญเสียของทรัพย์สิน เช่น เครื่องจักรเสียหาย วัสดุเสียหาย เป็นต้น มูลค่าของความสูญเสียคำนวณจากผลรวมของค่ารักษาพยาบาล ค่าประกันชีวิต ค่าซ่อมแซมเครื่องมือและเครื่องจักร เป็นต้น ในกระบวนการวิเคราะห์ความสูญเสียของระบบด้วย FTA เป็นการวิเคราะห์ดัชนีความผิดพลาดของระบบจากผลคูณของความน่าจะเป็นของความผิดพลาดของระบบกับความสูญเสียของระบบเนื่องจากความผิดพลาดนั้น ในการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ด้วย FTA ในการวิเคราะห์อุบัติเหตุเป็นการวิเคราะห์ Safety Index จากผลคูณของความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุกับความสูญเสียเนื่องจากผลของอุบัติเหตุ (David, 1976 and Xie, 2000)

$$C = PE \qquad \ldots(2.1)$$

โดยกำหนดให้ C แทนค่า Safety Index

P แทนค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุ (probability of accident)

E แทนความรุนแรงจากผลของอุบัติเหตุ (severity from accident)

ค่าความรุนแรงคำนวณจากจำนวนวันเฉลี่ยที่คนงานหยุดงานเนื่องจากผลของอุบัติเหตุต่อครั้งของอุบัติเหตุ (David, 1976)

$$E = \sum_{\text{all } h} u_h / m \qquad \ldots(2.2)$$

กำหนดให้ u_h แทนจำนวนวันที่คนงานหยุดงานเนื่องจากผลของอุบัติเหตุที่ h

m แทนจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด

ค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุคำนวณจาก Fault Tree Diagram ของสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุจะเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขระหว่างสาเหตุของอุบัติเหตุ ในกรณีที่เงื่อนไขระหว่างสาเหตุของอุบัติเหตุเป็นแบบ OR Gate ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุคือ (David, 1976)

$$P(T) = 1 - \prod_{\text{all } i} (1 - P(A_i)) \qquad \ldots(2.3)$$

ในกรณีที่เงื่อนไขระหว่างสาเหตุของอุบัติเหตุเป็นแบบ And Gate ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุคือ

$$P(T) = \prod_{\text{all } i} P(A_i) \qquad \ldots(2.4)$$

โดยกำหนดให้ P(T) เป็นความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุ

$P(A_i)$ เป็นความน่าจะเป็นของสาเหตุ iใดๆ ที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

$\prod_{\text{all } i} (1 - P(A_i))$ เป็นผลคูณของค่า $(1 - P(A_i))$ ที่ทุกๆค่าของ i

$\prod_{\text{all } i} P(A_i)$ เป็นผลคูณของค่า $P(A_i)$ ที่ทุกๆค่าของ i

ในกระบวนการของวิธีประเมินความเสี่ยง (risk assessment) ของอุบัติเหตุโดยอาศัยวิธีจิตวิสัย (subjective method) ได้แบ่งระดับความเสี่ยงเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (Griffith, 2000) โดยความเสี่ยงระดับสูงสุดมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของ Safety Index

ตารางที่ 2.1 แสดงเกณฑ์การกำหนดระดับความเสี่ยง

เปอร์เซ็นต์ เทียบกับความเสี่ยงระดับสูงสุด	3-9%	10-44%	45-100%
ระดับความเสี่ยง	ต่ำ	กลาง	สูง

การประเมินความเสี่ยงของอุบัติเหตุขณะดำเนินงานก่อสร้าง เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการบริหารความปลอดภัย Safety Index ใช้วิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของอุบัติเหตุจากผลการดำเนินงานก่อสร้างในช่วงระยะเวลาที่กำหนด ถ้า Safety Index มีค่าสูง แสดงว่าการดำเนินงานก่อสร้างในช่วงเวลาดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง ผู้รับผิดชอบควรเลือกมาตรการความปลอดภัยมาป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นโดยด่วน หาก Safety Index มีค่าต่ำ แสดงว่าการดำเนินงานก่อสร้างมีความปลอดภัยสูง ผู้รับผิดชอบสามารถเลือกมาตรการความปลอดภัยมาป้องกันและแก้ไขอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในภายหลัง

2.1.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของปัจจัย

ความน่าจะเป็นของปัจจัย A_i ใดๆ คือ จำนวนครั้งของความผิดพลาดของระบบที่เกิดจากปัจจัย A_i นั้นๆ ในช่วงเวลา t ใดๆหารด้วยจำนวนครั้งที่ทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลา t เดียวกัน ในกระบวนการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของสาเหตุของอุบัติเหตุ A_i ใดๆด้วยวิธี FTA เป็นการคำนวณค่าความน่าจะเป็นจากจำนวนครั้งของอุบัติเหตุที่เกิดจากสาเหตุของอุบัติเหตุ A_i นั้นๆ ในช่วงเวลา t ใดๆหารด้วยจำนวนครั้งที่ทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลา t เดียวกัน (David, 1976) จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นของสาเหตุของอุบัติเหตุ A_i เปลี่ยนแปลงตามจำนวนครั้งที่ทำการวิเคราะห์ในช่วงเวลา t ใดๆ

$$P(A_i) = \sum_{\text{all } j} B_{ij} / N \qquad \ldots(2.5)$$

กำหนดให้ B_{ij} แทนจำนวนครั้งของอุบัติเหตุที่ j ที่เกิดจากสาเหตุของอุบัติเหตุ A_i ในช่วงเวลา t ใดๆ

N แทนจำนวนครั้งที่วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของสาเหตุของอุบัติเหตุ ในช่วงเวลา t เดียวกัน

ยกตัวอย่างเช่น การดำเนินงานก่อสร้างทั้งหมด 1,000,000 ชั่วโมงทำงาน มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 5 ครั้ง โดยอุบัติเหตุอาจเกิดขึ้นในชั่วโมงใดๆของช่วงเวลา 1,000,000 ชั่วโมงทำงานที่กำหนด

หากทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุทุกๆช่วงเวลา 10,000 ชั่วโมงทำงาน จำนวนครั้งในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นเท่ากับ 100 ครั้ง โดยสมมติให้ค่าเฉลี่ยของการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลา (ทุกๆ10,000 ชั่วโมงทำงาน) ที่พิจารณามีค่าเท่ากัน จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุเท่ากับ 0.05 ครั้งต่อ 10,000 ชั่วโมงทำงาน หากทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุทุกๆช่วงเวลา 100,000 ชั่วโมงทำงาน จำนวนครั้งที่ทำการวิเคราะห์เท่ากับ 10 ครั้ง ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุเท่ากับ 0.5 ครั้งต่อ 100,000 ชั่วโมงทำงาน เป็นต้น

ความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุถูกกำหนดค่าอยู่ระหว่าง 0-0.1 ครั้งต่อช่วงชั่วโมงทำงานที่กำหนด เพื่อป้องกันการวิเคราะห์อุบัติเหตุมากกว่าหนึ่งครั้งในช่วงเวลาเดียวกัน เพราะผลการวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุอาจจะเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุอื่นได้ ช่วงชั่วโมงทำงานที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างคือ 1,000,000 ชั่วโมงทำงาน (David, 1976) ส่วนช่วงชั่วโมงทำงานที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างของประเทศไทยคือ 200,000 ชั่วโมงทำงาน (วิฑูรย์ สิมะโชคดี, 2544)

2.1.5 การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย

ค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบในช่วงเวลาใดๆในอนาคตจะเปลี่ยนแปลงตามผลการดำเนินงานของระบบในช่วงเวลานั้นๆ ในกระบวนการวิเคราะห์ความผิดพลาดด้วย FTA สามารถวิเคราะห์ค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบในอนาคตได้ โดยใช้วิธีประมาณค่าความน่าจะเป็นของปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปจากผลกระทบของปัจจัยภายนอก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญของระบบวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของปัจจัยดังกล่าวจากผลกระทบของปัจจัยภายนอก และประมาณค่าความน่าจะเป็นของปัจจัย ตามลำดับ

ในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดของระบบในอนาคต ด้วย FTA เป็นการแทนค่าความน่าจะเป็นของปัจจัย (จากการประมาณ) ใน Fault Tree Diagram ของปัจจัยทั้งหมดที่ทำให้ระบบผิดพลาด และคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดของระบบด้วยสมการ (2.3)หรือ (2.4) (David,1976)

ในกระบวนการวิเคราะห์ดัชนีความผิดพลาดของระบบในอนาคตด้วยวิธี FTA เป็นการแทนค่าความน่าจะเป็นของระบบในอนาคตในสมการ (2.1) โดยกำหนดให้ค่าความสูญเสียของระบบจากความผิดพลาดในอนาคตมีค่าเท่ากับค่าความสูญเสียของระบบในปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบใช้แสดงระดับความรุนแรงของความผิดพลาดของระบบในอนาคตได้

การพิจารณาค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบในอนาคตเป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณาเลือกมาตรการป้องกันความผิดพลาดของระบบ โดยกระบวนการวิเคราะห์ค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบในอนาคตเป็นการประมาณค่าความน่าจะเป็นของปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยที่กำหนด ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความผิดพลาดของระบบสามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพในการป้องกันและแก้ไขความผิดพลาดของระบบด้วยมาตรการความปลอดภัยดังกล่าวได้

2.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP)

ในกระบวนการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของปัจจัยเป็นการพิจารณาจำนวนครั้งของความผิดพลาดของระบบที่เกิดจากปัจจัยดังกล่าวในช่วงเวลาใดๆ เนื่องจากการวัดจำนวนครั้งของความผิดพลาดของระบบที่เกิดจากแต่ละปัจจัยไม่สามารถวัดได้โดยตรง เพราะความผิดพลาดของระบบเกิดจากหลายปัจจัยประกอบกัน และแต่ละปัจจัยมีผลต่อความผิดพลาดของระบบในระดับที่แตกต่างกัน จึงทำให้การวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของปัจจัยไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง

ในการวิเคราะห์จำนวนครั้งของความผิดพลาดของระบบที่เกิดจากปัจจัยใดๆเป็นการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ ต่อการเกิดความผิดพลาดของระบบ เนื่องจากกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ หรือ Analytical Hierarchy Process (AHP) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของทางเลือก จึงทำให้ AHP สามารถใช้วิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่อการเกิดความผิดพลาดของระบบได้

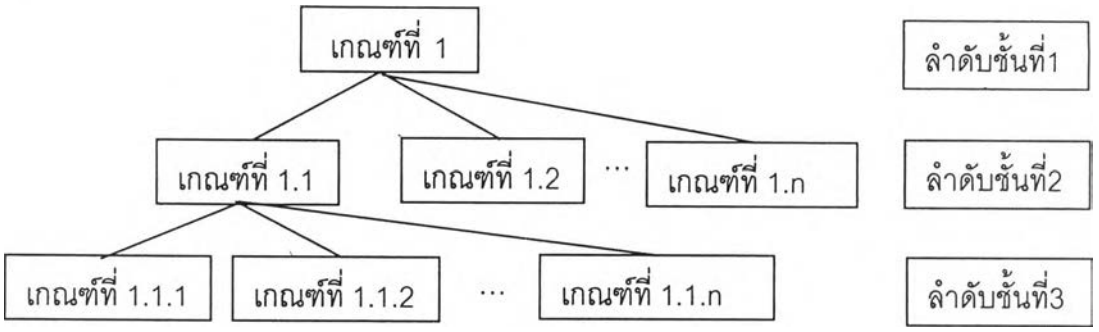
AHP เป็นกระบวนการที่ช่วยการตัดสินใจในปัญหาที่สลับซับซ้อนให้มีความง่ายขึ้น โดยการจัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นแผนภูมิลำดับชั้นความสัมพันธ์ แล้วสร้างเมตริกซ์ผลรับ (Payoff Matrix) โดยนำวิธีการเปรียบเทียบกันเป็นคู่ (pairwise comparison) มาเปรียบเทียบ

สัดส่วนความสำคัญของปัจจัยต่อการเกิดความผิดพลาดของระบบ โดยอาศัยวิธีจิตวิสัย (subjective method) เทียบเคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (Partovi,1990 and Labib,2000) ในกระบวนการของ AHP สามารถควบคุมความถูกต้องของการตัดสินใจของผู้วิเคราะห์ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : CI) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR)

ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่นำมาเปรียบเทียบกันเป็นค่าในเวกต์เตอร์เจาะจง (eigenvector) ที่สอดคล้องกับค่าเจาะจงสูงสุด (maximum eigenvalue) ของ Payoff Matrix (Saaty ,1977) (Eddie, 2001) โดยค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกแสดงลำดับความสำคัญและอิทธิพลของทางเลือกดังกล่าวต่อผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา

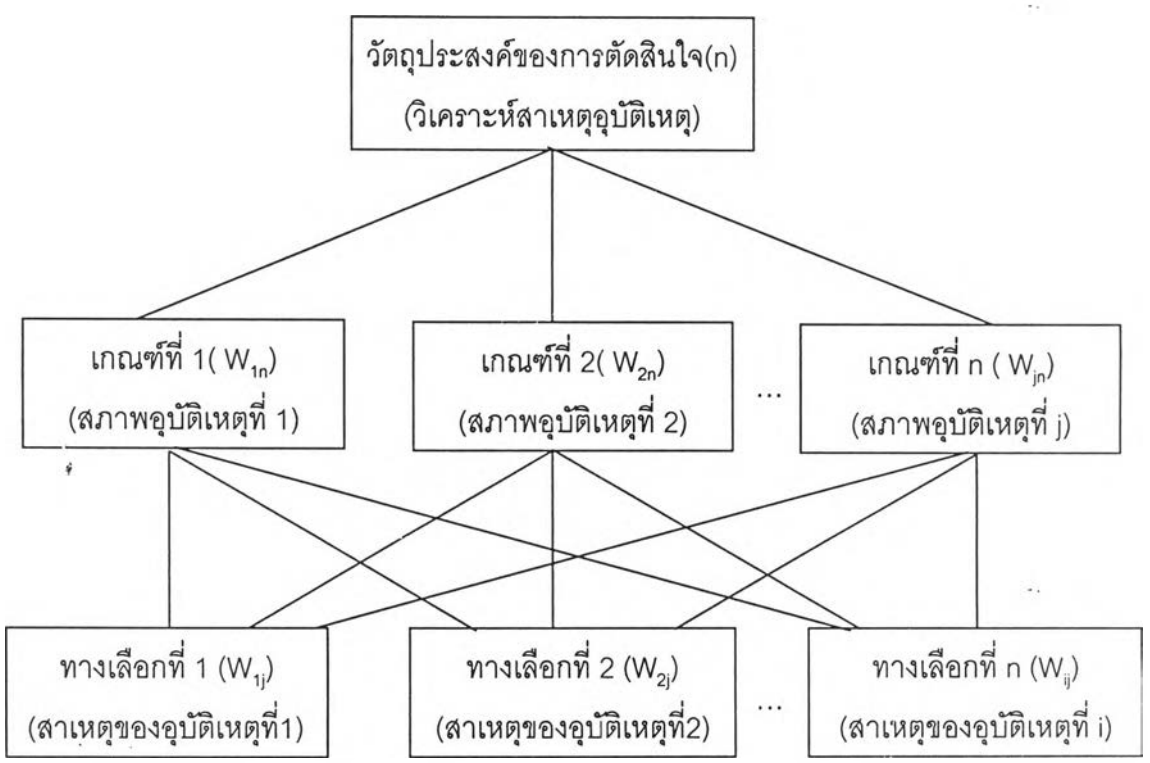
ในกระบวนการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกหรือปัจจัย โดยอาศัยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้ (Andrea, 1996)

1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจ ยกตัวอย่างเช่น จุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุ จุดประสงค์เพื่อเลือกซื้อคอมพิวเตอร์ หรือ จุดประสงค์เพื่อเลือกวิศวกรเข้าทำงาน เป็นต้น
2) กำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจ ยกตัวอย่างเช่น เกณฑ์การวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุคือ สภาพของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงานตลอดช่วงเวลาที่กำหนด เกณฑ์การเลือกซื้อคอมพิวเตอร์คือ ราคา ความรวดเร็วในการประมวลผล ขนาดของหน่วยความจำ ส่วนเกณฑ์การเลือกวิศวกรคือ อายุ เพศ ประสบการณ์ทำงาน เป็นต้น
3) สร้างโครงสร้างลำดับชั้นของเกณฑ์การตัดสินใจ โดยเริ่มต้นจากลำดับชั้นของเกณฑ์หลักในระดับบนสุดลงไปยังลำดับชั้นของเกณฑ์ย่อยในระดับล่างสุด ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.6
4) กำหนดทางเลือก ยกตัวอย่างเช่น ทางเลือกของการวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุคือ สาเหตุของอุบัติเหตุ ทางเลือกของการซื้อคอมพิวเตอร์คือ คอมพิวเตอร์รุ่นต่างๆ ส่วนทางเลือกของการรับวิศวกรคือ รายนามของผู้ส่งใบสมัครงาน



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นของเกณฑ์การตัดสินใจ

รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นในการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของสาเหตุของอุบัติเหตุ โดยเกณฑ์การตัดสินใจคือ สภาพอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงานในช่วงเวลา t ใดๆ และทางเลือกในการตัดสินใจคือ สาเหตุของอุบัติเหตุ



กำหนดให้ W_{ij} เป็นน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่ i ภายใต้เกณฑ์ที่ j

W_{jn}เป็นน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ที่ j ภายใต้วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจที่ n

รูปที่2.7 โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ เกณฑ์ และทางเลือกในการตัดสินใจด้วย AHP

5) เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยอาศัยวิธี pairwise comparison เทียบเคียงกับเกณฑ์ในตารางที่ 2.2 (Triantaphyllou,1997) ยกตัวอย่างเช่น ผลการวิเคราะห์สัดส่วนความสำคัญคือ "มีความสำคัญเท่ากัน" ทำให้ค่า

สัดส่วนความสำคัญเท่ากับ 1 ตารางที่ 2.3 แสดง Payoff Matrix หรือ เมตริกซ์สัดส่วนความสำคัญระหว่างปัจจัย

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ในการกำหนดระดับความสำคัญ

ระดับความสำคัญ	คำจำกัดความและความหมาย
1	มีระดับความสำคัญเท่ากัน
3	มีระดับความสำคัญมากกว่ากันเล็กน้อย
5	มีระดับความสำคัญมากกว่ากันมาก
7	มีระดับความสำคัญมากกว่ากันมากมาก
9	มีระดับความสำคัญมากกว่ากันอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง
2,4,6,8	ค่าระดับความสำคัญอยู่ระหว่างกลางของค่าตัวเลขประเมิน

หมายเหตุ หากผู้วิเคราะห์ต้องการความละเอียดของการเปรียบเทียบสัดส่วนความสำคัญของปัจจัยมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่แสดงในตารางข้างต้น ผู้วิเคราะห์สามารถใช้ค่า 1.1,1.2,....เพิ่มได้ (Saaty,1980)

ตาร างที่ 2.3 เมตริกซ์แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนความสำคัญของทางเลือกภายใต้ขอบเขตของเกณฑ์การตัดสินใจ

ทางเลือก	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	...	ทางเลือกที่ n	น้ำหนักความสำคัญ
ทางเลือกที่ 1	1	a_{12}		a_{1n}	$W_{i=1}$
ทางเลือกที่ 2	a_{21}	1		a_{2n}	$W_{i=2}$
ทางเลือกที่ n	a_{n1}	a_{n2}		1	$W_{i=n}$

หมายเหตุ

- $a_{ij} = 1/a_{ji}$

ถ้าทางเลือก i มีความสำคัญมากกว่าทางเลือก j ให้เทียบเคียงกับค่าตัวเลขในตารางที่ 2.2 และนำมาวางลงในตำแหน่งของ a_{ij} (a_{ji} คือ $1/a_{ij}$)

- ถ้าทางเลือก j มีความสำคัญมากกว่าทางเลือก i ให้เทียบเคียงกับค่าตัวเลขในตารางที่ 2.2 และนำมาวางลงในตำแหน่งของ a_{ji} (a_{ij} คือ $1/a_{ji}$)

กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญของระบบเป็นผู้ตัดสินใจเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำคัญของทางเลือกโดยพิจารณาระดับความสำคัญเทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 2.2

6) เปรียบเทียบค่าสัดส่วนความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจภายใต้เกณฑ์ในการตัดสินใจในระดับชั้นก่อนหน้า โดยอาศัยวิธี pairwise comparison เทียบเคียงกับเกณฑ์ในตารางที่ 2.2
7) ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกเป็นค่าใน eigenvector ที่สอดคล้องกับ maximum eigenvalue ของ Payoff Matrix

กระบวนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญคือ การหาค่าสัดส่วนความสำคัญในแต่ละสดมภ์ของ Payoff Matrix ด้วยผลรวมของค่าสัดส่วนความสำคัญทั้งหมดในสดมภ์เดียวกัน ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกเป็นค่าเฉลี่ยจากทุกๆค่าในแถวเดียวกัน ตามลำดับ (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

8) ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB[1] (มนัส สังวรศิลป์, 2542) เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วและลดความผิดพลาดในการคำนวณ ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของสาเหตุของอุบัติเหตุด้วยกระบวนการของ AHP และทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ด้วย AHP แสดงไว้ในภาคผนวก ค. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของสาเหตุของอุบัติเหตุ แสดงไว้ใน ภาคผนวก ช.
9) ในกระบวนการของ AHP สามารถควบคุมความถูกต้องของการตัดสินใจของผู้วิเคราะห์ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : CI) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : CR) (Eddie, 2001)

$$CI = (\lambda max - n)/(1-n) \quad \ldots(2.5)$$

$$CR = CI / RIC \quad \ldots(2.6)$$

กำหนดให้ n คือ จำนวนปัจจัยที่พิจารณา

λmax คือ Maximum Eigenvalue

โดย CI เป็นค่าความไม่สอดคล้องสูงสุดที่ยอมรับได้ และค่า CR เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่ได้จากการคำนวณ และ ค่า CI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างหรือ ดัชนีเชิงสุ่ม

---

[1] โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการศึกษาเพื่อใช้งานเพราะเป็นโปรแกรม Interactive การเขียนภาษาไม่สลับซับซ้อน และมีฟังก์ชันในการคำนวณในสาขาต่างๆ อย่างมากมาย

(Random Index Consistency :RIC) ค่า RIC เป็นการเก็บข้อมูลทางสถิติของค่า CI ตารางที่ 2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า RIC ที่ได้จากการเก็บข้อมูลทางสถิติของค่า CI โดย Saaty (1965) ในกระบวนการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าสัดส่วนความสำคัญของทางเลือกใน Payoff Matrix เป็นการคำนวณค่า CR จากสมการที่ (2.6) หากค่า CR มีค่ามากกว่า 0.10 แสดงว่าค่าสัดส่วนความสำคัญระหว่างทางเลือก n ทางเลือกไม่สอดคล้องกัน ผู้วิเคราะห์ต้องวิเคราะห์ค่าสัดส่วนระหว่างทางเลือกใหม่

ตารางที่2.4 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง (RIC) (Saaty ,1965)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RIC	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

10) คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกด้วยกระบวนการของ AHP ด้วยวิธีที่แสดงในตารางที่ 2.5 ค่าน้ำหนักความสำคัญรวมของทางเลือกใดๆ เท่ากับผลรวมของผลคูณระหว่างค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกนั้นๆภายใต้เกณฑ์ใดๆ กับน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์นั้นๆ (Andrea,1996 and Triantaphyllou, 1997)

ตารางที่ 2.5 การหาระดับความสำคัญรวมของทางเลือกในระบบ

การตัดสินใจ	สถานการณ์ที่1	สถานการณ์ที่2	สถานการณ์ที่3	น้ำหนักรวม
ทางเลือก	$W_{j=1}$	$W_{j=2}$	$W_{j=3}$	
$A_{i=1}$	$W_{i=1}{}^{f}1$	$W_{i=1}{}^{f}2$	$W_{i=1}{}^{f}3$	$W_i=\sum_{j=1}^{3} W_{i=1}{}^{f}j\ W_j$
$A_{i=2}$	$W_{i=2}{}^{f}1$	$W_{i=2}{}^{f}2$	$W_{i=2}{}^{f}3$	$W_i=\sum_{j=1}^{3} W_{i=2}{}^{f}j\ W_j$
$A_{i=3}$	$W_{i=3}{}^{f}1$	$W_{i=3}{}^{f}2$	$W_{i=3}{}^{f}3$	$W_i=\sum_{j=1}^{3} W_{i=3}{}^{f}j\ W_j$

กำหนดให้ W'_j เป็นน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกที่ i ภายใต้ขอบเขตของสถานการณ์ที่ j

W_j เป็นน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ที่ j ภายใต้วัตถุประสงค์ของการตัดสินใจที่ n

2.3 อุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

อุบัติเหตุ คือ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ หรือสภาวะที่เกิดขึ้นโดยไม่มีการวางแผนหรือเตรียมการใดไว้ก่อน เป็นเหตุให้มีบุคคลได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต หรือ ทำให้ทรัพย์สินได้รับความเสียหาย เป็นต้น

ลักษณะของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการเป็นหลัก ลักษณะของการประสบอุบัติเหตุแบ่งเป็นหลายประเภท ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างมี 11 ประเภท ได้แก่ (สำนักงานกองทุนเงินทดแทน, 2542)

1) ตกจากที่สูง
2) หกล้ม ลื่นล้ม
3) อาคารหรือสิ่งก่อสร้างพังทับ
4) วัตถุหรือสิ่งของหล่นทับหรือตกใส่
5) วัตถุหรือสิ่งของกระแทกหรือชน ฯลฯ
6) อุบัติเหตุจากยานพาหนะ
7) ผลจากความร้อน
8) ไฟฟ้าช็อตหรือไฟไม้
9) วัตถุหรือสิ่งของกระเด็นเข้าตา
10) สัมผัสสิ่งมีพิษหรือสารเคมี
11) วัตถุหรือสิ่งของระเบิด

ในกระบวนการวิเคราะห์อุบัติเหตุในงานก่อสร้างประกอบด้วย FTA เป็นการวิเคราะห์อุบัติเหตุจากข้อมูลดังต่อไปนี้ สาเหตุของอุบัติเหตุ ลักษณะของอุบัติเหตุ และความรุนแรงของอุบัติเหตุ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละส่วนมีดังนี้

2.3.1 สาเหตุของอุบัติเหตุ

ในกระบวนการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้แบ่งประเภทของสาเหตุเป็น 2 ประเภทคือ คือ สาเหตุพื้นฐาน หรือสาเหตุที่ส่งเสริมให้เกิดอุบัติเหตุ และสาเหตุโดยตรง หรือสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ โดยสภาพที่เป็นอันตรายเกิดจากสาเหตุพื้นฐาน เมื่อมีสาเหตุโดยตรงเกิดขึ้นจะทำให้เกิดอุบัติเหตุทันที

a) สาเหตุพื้นฐาน แบ่งประเภทตามปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดอุบัติเหตุได้ 2 ประเภทดังนี้ (กิตติ ินทรานนท์, 2536)

1) ปัจจัยจากบุคคล

1.1) ปัญหาด้านสภาพร่างกาย เช่น รูปร่างไม่เหมาะสมกับประเภทของงาน โรคเกี่ยวกับระบบการมองเห็น โรคเกี่ยวกับระบบการฟัง โรคเกี่ยวกับระบบการได้กลิ่น ความเมื่อยล้า ความอ่อนเพลีย การมีโรคประจำตัวประเภท โรคหัวใจ โรคลมบ้าหมู โรคความดันโลหิต เป็นลมหมดสติ หรือการใช้ยาต่างๆที่มีผลต่อการทำงาน เป็นต้น

1.2) ปัญหาด้านจิตใจหรือทัศนคติ เช่น ความประมาท ความสะเพร่า ความดื้อ ความละโมบ ความใจร้อน ความเป็นผู้ตกใจง่าย ความไม่รู้จักเกรงใจคน การไม่สนใจต่อความปลอดภัย การเมา การติดยาเสพติด ความละเลยหรือไม่ชอบใส่อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคล ความไม่มั่นใจในมาตรการความปลอดภัยในการทำงาน ปัญหาความกดดันในการทำงาน ปัญหาครอบครัว ปัญหาด้านการเงิน เป็นต้น

1.3) ปัญหาด้านความรู้ความสามารถและความชำนาญในการทำงาน เช่น ความถนัดความไม่ถนัด ขาดการอบรมเรื่องวิธีการก่อสร้าง ขาดการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการดำเนินงานก่อสร้าง ขาดประสบการณ์ในการทำงาน ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ไม่เข้าใจลำดับขั้นตอนในการทำงานก่อสร้าง ไม่เข้าใจแบบการก่อสร้าง ไม่เข้าร่วมประชุมด้านความปลอดภัย ไม่เข้าร่วมประชุมทำความเข้าใจก่อนเริ่มทำงาน ใช้เครื่องมือเครื่องจักรผิดวัตถุประสงค์ การกระทำที่ไม่ปลอดภัยของคนงานในลักษณะของการยืนในรัศมีการทำงานของเครื่องจักร การวิ่งไล่จับหรือหยอกล้อกันในสถานที่ทำงาน เป็นต้น

2) ปัจจัยจากงาน

2.1) สภาวะแวดล้อมภายในและภายนอกโดยรอบหน่วยงานไม่เหมาะสม

2.2) สภาพสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติขณะดำเนินงานก่อสร้าง เช่น ลมพัดแรง ฝนตกหนัก อากาศร้อนอบอ้าว หมอกหนา เป็นต้น

2.3) มาตรฐานในการทำงานไม่ดีพอ

2.4) โครงสร้างที่รองรับคนงานไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการก่อสร้างได้

2.5) การควบคุมงานไม่มีประสิทธิภาพ

2.6) การวางแผนงานและลำดับขั้นตอนการทำงานไม่เหมาะสม

2.7) วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรไม่เหมาะสม ไม่เพียงพอ ไม่มีประสิทธิภาพ และชำรุดเสียหาย

2.8) มาตรการความปลอดภัยในการทำงานไม่เพียงพอหรือไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งมาตรการความปลอดภัยในการทำงานส่วนบุคคล และมาตรการความปลอดภัยในการทำงานส่วนรวม

b) สาเหตุโดยตรง แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) จากการศึกษาของ Preziosi (1989) พบว่าการกระทำที่ไม่ปลอดภัยเป็นสาเหตุโดยตรงของอุบัติเหตุ ยกตัวอย่างเช่น การไม่สนใจต่อความปลอดภัยในขณะทำงาน ความไม่ใส่อุปกรณ์ป้องกันอุบัติเหตุส่วนบุคคล การไม่ปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยที่หน่วยงานกำหนด การใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และวัสดุก่อสร้างผิดประเภทหรือผิดวิธี การทำงานลัดหรือการทำงานผิดลำดับขั้นตอน การทำงานโดยความประมาท ความสะเพร่า ความเป็นผู้ตกใจง่าย ความดื้อ ความละโมบ ความใจร้อน ความไม่รู้จักเกรงใจคน เป็นต้น พบว่าสาเหตุของอุบัติเหตุที่มาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัยมีถึง 85% ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด

2) สภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย เป็นสาเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน และลักษณะของโครงการ ตัวอย่างเช่น การไม่มีมาตรการความปลอดภัยส่วนรวม ความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยของวัสดุ เครื่องมือ เครื่องจักรและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน การชำรุดเสียหายของเครื่องมือ และเครื่องจักร ข้อจำกัดของสถานที่ทำงาน เช่นการทำงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าในบริเวณที่เปียกชื้นหรือบริเวณใกล้ตัวนำไฟฟ้า เป็นต้น

2.3.2 ลักษณะของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

จากการศึกษาของ King (1985) พบว่าลักษณะของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมก่อสร้างเป็นหลัก จากสถิติการประสบอุบัติเหตุแบ่งตามประเภทของกิจกรรมก่อสร้างในโครงการก่อสร้างอาคารสูงพบว่า การดำเนินงานบนหลังคา การดำเนินงานรื้อถอน และการดำเนินงานบนนั่งร้าน ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด โดยลักษณะของอุบัติเหตุเป็นการตกจากที่สูง และวัสดุสิ่งของตกใส่ ตามลำดับ

ลักษณะของการประสบอุบัติเหตุในงานก่อสร้างแบ่งเป็น 11 ประเภท โดยรายละเอียดของลักษณะการประสบอุบัติเหตุแต่ละประเภท มีดังนี้

1) การตกจากที่สูง จากการศึกษาของ RW.King Rhudson (1989) พบว่า อุบัติเหตุจากการตกจากที่สูง เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด พบว่าเป็น 54 % ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2.6 โดยการตกจากที่สูงมีความรุนแรงสูงถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิต ตัวอย่างเช่น ตกจากนั่งร้าน ตกจากปั้นจั่นหอสูง ตกจากปล่องลิฟท์ หรือช่องเปิดต่าง ๆ เป็นต้น

ตารางที่ 2.6 แสดงเปอร์เซ็นการตายในงานก่อสร้างจากลักษณะการประสบอุบัติเหตุแบบต่าง ๆ (ค.ศ.1974-76และค.ศ.1977-79) และทั้งหมดสำหรับค.ศ. 1980-82

ลักษณะการ	1974-1976		1977-1979		1980-1982	
ประสบอุบัติเหตุ	จำนวน	%	จำนวน	%	จำนวน	%
คนตก	217	43.8	200	54.0		
เครื่องจักรสำหรับยก	59	11.9	35	9.5		
การจราจรภายในหน่วยงาน	65	13.1	34	9.2		
การตกของวัตถุ	54	10.9	32	8.6		
เครื่องจักรกล	9	1.8	10	2.7		
งานขุด	27	5.5	21	5.7		
ไฟฟ้า	30	6.0	16	4.3		
งานวางท่อ	2	0.4	7	1.9		
อัคคีภัยและการระเบิด	9	1.8	3	0.8		
วัสดุกระแทกหรือชน	1	0.4	1	0.3		
ก๊าซพิษ	14	2.8	3	0.8		
การขนส่งวัสดุ	1	0.2	-	-		
อื่นๆ	8	1.6	8	2.2		
รวม	496	100.0	370	100.0	443	

2) การหกล้มหรือลื่นล้ม เกิดจากความประมาทและความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น มีสิ่งกีดขวางทางเดินของคนงาน มีน้ำขัง มีเม็ดทรายกระจายอยู่ที่พื้นทางเดินหรือสถานที่ทำงาน เป็นต้น นอกจากนี้มักมีการหกล้มหรือลื่นล้มในบริเวณที่มีน้ำมันหล่อลื่นหก เช่น บริเวณเครื่องจักร เป็นต้น

3) อาคารหรือสิ่งก่อสร้างพังทับ เกิดจากโครงสร้างชั่วคราวที่ก่อสร้างผิดมาตรฐาน หรือบรรทุกน้ำหนักเกิน ตัวอย่างเช่น การพังทลายของค้ำยันในงานดิน การพังทลายของปั่นจั่นและโครงสร้างนั่งร้าน เป็นต้น

4) วัสดุหรือสิ่งของหล่นทับหรือตกใส่ เกิดจากระบบการจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์ไม่ดี หรือเกิดจากการขนย้ายอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น วัสดุหล่นจากปั่นจั่นหรือนั่งร้าน เป็นต้น

5) วัตถุเหวี่ยงมากระแทก หรือโดนหนีบ ตัด บาด โดยอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เกิดจากความผิดพลาดในการใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม การใช้เครื่องมือผิดวัตถุประสงค์ หรือการใช้เครื่องมือที่ชำรุด เป็นต้น

6) อุบัติเหตุจากยานพาหนะ เกิดจากความผิดพลาดของการสื่อสารระหว่างคนงานกับผู้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร ในขณะที่มีการขนส่งและการจราจรของเครื่องจักรกลภายในหน่วยงานก่อสร้าง ทั้งนี้ลักษณะอุบัติเหตุขึ้นอยู่กับลักษณะ ขนาด และกำลังม้าของเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น

7) ผลจากความร้อน หรือสัมผัสของร้อน ตัวอย่างเช่น การสัมผัสเหล็กหลังจากเชื่อมเหล็กเสร็จโดยทันที หรือโดนประกายไฟจากการเชื่อม เป็นต้น

8) ไฟฟ้าช๊อตหรือไฟไหม้ ตัวอย่างเช่น การใช้ไฟเกินอัตรา การขาดความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชำรุดไม่ได้มาตรฐาน การทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้าโดยไม่ตัดกระแสไฟ หรือการทำงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

9) วัตถุหรือสิ่งของกระเด็นเข้าตา เนื่องจากไม่สวมแว่นนิรภัยในการทำงานที่เกี่ยวกับงานเจียร์ และงานเชื่อม จึงทำให้ เศษเหล็ก หรือประกายไฟกระทบดวงตาได้ โดยผลจากอุบัติเหตุทำให้ตาบอดในทันทีหรือปวดตา

10) สัมผัสสารพิษ หรือสารเคมี เกิดจากไม่สวมรองเท้าบูทขณะเทคอนกรีต ทำให้ปูนกัดเท้า หรือการไม่สวมถุงมือขณะผูกเหล็ก ทำให้เหล็กบาดมือหรือเป็นบาดทะยักได้ เป็นต้น

11) วัตถุระเบิด เช่น การใช้วัตถุระเบิดในงานขุดดิน งานวางท่อ หรือ งานบดอัดดิน โดยแรงระเบิดอาจทำให้คนในพื้นที่ใกล้เคียงประสบอันตรายได้

2.3.3 ความรุนแรงของอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง

จากการจำแนกประเภทของความรุนแรงของอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่มีต่อบุคคล โดยสถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา พบว่าสามารถแบ่งประเภทของความรุนแรงของอุบัติเหตุเป็น 3 ประเภทดังนี้

a) ไม่สามารถทำงานได้ชั่วคราว ความรุนแรงของอุบัติเหตุทำให้คนงานบาดเจ็บในระดับที่รักษาพยาบาลได้ โดยมีผลทำให้คนงานหยุดงานชั่วคราวเท่านั้น คนงานสามารถกลับมาทำงานใหม่ได้ภายหลังจากได้รับการรักษาพยาบาล

b) สูญเสียอวัยวะบางส่วนของร่างกาย ความรุนแรงของอุบัติเหตุทำให้คนงานพิการหรือทุพพลภาพ เช่น สูญเสียตา 2 ข้าง สูญเสียตา 1 ข้าง และมือ 1 ข้าง หรือสูญเสียแขน ขา เท้า สูญเสียอวัยวะสองอย่างที่มิได้อยู่ข้างเดียวกัน เป็นต้น

c) เสียชีวิต

ในกระบวนการประเมินค่าความรุนแรงด้วยวิธี FTA เป็นการคำนวณจากจำนวนวันเฉลี่ยที่คนงานหยุดงานเนื่องจากผลของอุบัติเหตุต่อครั้งของอุบัติเหตุ ในกรณีที่คนงานพิการ ทุพพลภาพ หรือเสียชีวิต ให้คำนวณค่าความรุนแรงจากวันสูญเสียเทียบเท่ากับการหยุดงานของคนงานเนื่องจากอุบัติเหตุ (สมาคมมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา,1988)