



การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ว่าที่ร้อยตรีฉัตรชัย ไช่แก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ว่าที่ร้อยตรีฉัตรชัย ไช้แก้ว

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมก่อสร้าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

โดย ว่าที่ร้อยตรีฉัตรชัย ไช้แก้ว

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชาลี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวัฒน์ ตรีวงศ์)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิรัตน์ แยมโอษฐ์)

ชื่อ : ว่าที่ร้อยตรีฉัตรชัย ไช้แก้ว
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายใน
โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า
สาขาวิชา : เทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวัฒน์ ตรีวงศ์
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมุ่งวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงผ่านการประยุกต์ใช้สองเทคนิคหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ข้อมูลที่ใช้ได้จากการทบทวนวรรณกรรม สัมภาษณ์เชิงลึก และแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตรงในโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู สีเหลือง และสีม่วง

ผลการวิเคราะห์ด้วย FTA พบว่า ชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างมากที่สุด ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ความไม่ชำนาญของคนงาน ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่ และข้อจำกัดด้านช่วงเวลาการทำงาน ส่วนชุดเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายมากที่สุด ได้แก่ การจ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน การแก้ไขงานที่ไม่ได้คุณภาพ และการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างภายหลังเริ่มงาน ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ด้วย AHP แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีน้ำหนักสูงสุดในด้านระยะเวลา ได้แก่ บริษัทขาดสภาพคล่อง ผู้ว่าจ้างเบี่ยงงบประมาณล่าช้า และความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่ ส่วนปัจจัยที่มีน้ำหนักสูงสุดด้านค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมจากการขยายระยะเวลา ค่าปรับจากความล่าช้า และค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่าง FTA และ AHP พบว่าหลายปัจจัยมีความสอดคล้องกันทั้งด้านโอกาสในการเกิดและระดับความสำคัญ อย่างไรก็ตาม ยังมีบางปัจจัยที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงแต่ไม่ได้รับน้ำหนักความสำคัญจากผู้บริหาร และในทางกลับกันบางปัจจัยที่ได้รับความสำคัญสูงจากผู้บริหารกลับไม่ปรากฏในชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงมุมมองที่แตกต่างระหว่างการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างและเชิงนโยบาย

(มีจำนวนทั้งสิ้น 191 หน้า)

คำสำคัญ : โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Acting Sublt. Chatchai Khaikaew
Independent Study Title : Analysis of risk factors affecting the time and cost of
Mass Rapid Transit construction projects
Major Field : Construction Engineering Technology
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Titiwat Triwong
Academic Year : 2024

ABSTRACT

This research aims to study the factors affecting time and cost in the construction of electric railway projects in Bangkok. The objective is to analyze and prioritize risk factors by applying two main techniques: Fault Tree Analysis (FTA) and Analytic Hierarchy Process (AHP). The data were collected through literature review, in-depth interviews, and questionnaires from experts with direct experience in the Pink Line, Yellow Line, and Purple Line railway projects.

The FTA analysis revealed that the most critical minimal cut sets affecting construction time include labor shortages, lack of worker skills, delays in site handover, and restrictions on working hours. The most significant cost-related minimal cut sets include overtime payments to accelerate work, rework due to poor quality, and design changes issued after construction had begun. Meanwhile, the AHP analysis showed that the top-weighted factors affecting construction time were company cash flow shortages, delays in budget disbursement by the client, and delayed site handover. The highest-weighted cost factors were indirect costs from extended project duration, penalties from delays, and costs incurred from work acceleration. The comparison between FTA and AHP results indicates that several factors align in both likelihood of occurrence and perceived importance. However, there are certain factors with high probability in FTA that were not prioritized by project executives in AHP. Conversely, some factors highly prioritized by executives in AHP did not appear in the minimal cut sets from FTA. This reflects a difference in perspective between structural analysis and policy-level prioritization

(Total 191 Pages)

Keywords: Skytrain Construction Project, Fault Tree Analysis, Analytic Hierarchy Process

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวัฒน์ ตรีวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำความรู้ และให้คำปรึกษาตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชาลี และรองศาสตราจารย์ ดร.นิรัตน์ แยมโอษฐ์ ที่ได้ให้คำแนะนำความรู้ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จเรียบร้อยด้วยสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บริษัทเนวรัตน์พัฒนาการ จำกัด (มหาชน) บริษัท ชิโน-ไทย เอ็นจีเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน) และบุคลากรผู้ร่วมให้ข้อมูลสำหรับทำแบบสอบถาม สารสนเทศ ตอบแบบสอบถาม และให้ข้อมูลการสัมภาษณ์ในการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้จนบรรลุเป้าหมายและสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ฉัตรชัย ไชแก้ว

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช-ญ
สารบัญตาราง	ฎ-ฏ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความเป็นมาของโครงการรถไฟฟ้าในประเทศไทย	4
2.2 ความสำคัญของโครงการรถไฟฟ้าในประเทศไทย	4
2.3 ความล่าช้าในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	5
2.3.1 ปัจจัยจากการบริหารโครงการของผู้รับเหมา	5
2.3.2 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดภายนอก	6
2.4 ปัญหาทางค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า	7
2.5 การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)	8
2.5.1 ขั้นตอนการการสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด	9
2.5.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Evaluation)	9
2.5.3 การหาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Minimal Cut Sets)	10
2.5.4 ความสำคัญเชิงคุณภาพ (Qualitative Importance)	11
2.5.5 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation)	11

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.6 การวิเคราะห์ความสำคัญของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์	12
2.6 กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น Analytic Hierarchy Process: AHP	12
2.6.1 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	13
2.6.2 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	23
3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	23
3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3.1.2 สร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram)	23
3.1.3 ออกแบบแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล	23
3.1.4 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล	24
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	26
3.2.1 การรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3.2.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)	26
3.2.3 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ Analysis Hierarchy Process (AHP)	26
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	26
3.3.1 สร้างแบบสอบถามเพื่อไปวิเคราะห์ระดับความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence: IOC)	27
3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	32
3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	32

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	34
4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า	34
4.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น	34
4.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น	35
4.2 การสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram)	36
4.3 การวิเคราะห์วิเคราะห์เชิงคุณภาพ	70
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการวิจัย	91
5.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า	91
5.1.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและวิเคราะห์เชิงปริมาณเทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)	92
5.1.3 การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	92
5.1.4 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จาก Fault Tree Analysis กับ Analytic Hierarchy Process	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก ก สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด	97
ภาคผนวก ข. แบบสอบถามประเมินคุณภาพเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	100
ภาคผนวก ค แบบสอบถามการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)	111
ภาคผนวก ง แบบสอบถามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	119

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	148
ภาคผนวก ฉ ผลการคำนวณความน่าจะเป็นชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด	158
ภาคผนวก ช รายละเอียดการคำนวณกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	164
ประวัติผู้เขียน	191



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่	16
2.2	แสดงความหมายของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	17
2.3	ค่าของดัชนีความสอดคล้องตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index: R.I.)	18
4.1	ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	36–43
4.2	ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	59–62
4.3	ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่นำไปสู่ความล่าช้าในการก่อสร้าง	73
4.4	ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุดที่นำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น	74–75
4.5	จำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)	75
4.6	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	76–78
4.7	ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	78–79
4.8	แสดงการจัดลำดับของชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด 5 อันดับ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	80
4.9	แสดงการจัดลำดับของปัจจัยย่อยพื้นฐาน 5 อันดับ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	80
4.10	แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.11	แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้าง รถไฟฟ้า ที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	82-84
4.12	แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง รถไฟฟ้าที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)	86-87



สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แผนภูมิกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น	14
3.1	แสดงแผนภูมิวิธีการวิจัย	25
4.1	แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผล กระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ก)-(ข)	44-58
4.2	แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผล กระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ก)-(ฉ)	63-69
4.3	แสดงน้ำหนักของปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	84
4.4	แสดงน้ำหนักของปัจจัยภายในที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	85
4.5	ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้าง รถไฟฟ้า	86
4.6	แสดงน้ำหนักของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า	88
4.7	แสดงน้ำหนักของปัจจัยการบริหารจัดการที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง รถไฟฟ้า	89
4.8	ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง รถไฟฟ้า	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบัน รัฐบาลได้ให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่ง โดยเฉพาะระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งถือเป็นยุทธศาสตร์หลักภายใต้แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2553–2572) ที่มุ่งเน้นการเชื่อมต่อพื้นที่เมืองกับชานเมือง ลดปัญหาการจราจร และเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางของประชาชน ส่งผลให้เกิดโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายพื้นที่ แม้ประเทศไทยจะมีประสบการณ์และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการดำเนินโครงการรถไฟฟ้ามาอย่างต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติ โครงการจำนวนมากยังคงประสบปัญหาความล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่สูงกว่ากำหนด โดยสาเหตุหลักเกิดจากความเสี่ยงหลากหลายด้าน เช่น ความซับซ้อนของโครงการ การจำกัดของพื้นที่ก่อสร้าง ปัญหาในการจัดซื้อจัดจ้าง ความล่าช้าในการตัดสินใจ ข้อพิพาททางกฎหมาย ตลอดจนข้อจำกัดด้านแรงงานและวัสดุ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ได้แก่ โครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน (สัญญาที่ 1) ที่มีการขยายเวลาก่อสร้างถึง 750 วัน โครงการสายสีเหลืองล่าช้า 677 วัน สายสีชมพู 290 วัน และโครงการรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดง ช่วงบางซื่อ–รังสิต และบางซื่อ–ตลิ่งชัน ขยายเวลาก่อสร้างรวม 223 วัน ซึ่งการล่าช้าเหล่านี้นำไปสู่ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และประชาชนในวงกว้าง

ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างเหล่านี้ จึงควรได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบและลึกซึ้ง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารโครงการและหน่วยงานภาครัฐในการพัฒนาแนวทางป้องกันหรือบรรเทาผลกระทบจากความเสี่ยง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างสองแนวทาง ได้แก่ Fault Tree Analysis (FTA) ซึ่งเน้นการวิเคราะห์โครงสร้างของความล้มเหลว (Failure Structure) เพื่อแสดงลำดับเหตุการณ์หรือปัจจัยที่นำไปสู่ปัญหา และ Analytic Hierarchy Process (AHP) ซึ่งเป็นวิธีเชิงเปรียบเทียบแบบมีลำดับชั้นที่ใช้ตัดสินความสำคัญสัมพัทธ์ของปัจจัยต่าง ๆ จากมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ การเปรียบเทียบทั้งสองวิธีวิเคราะห์จะช่วยให้สามารถเข้าใจทั้งเชิงโครงสร้างของสาเหตุและน้ำหนักของผลกระทบได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสนอแนะแนวทางบรรเทาความเสี่ยงที่เหมาะสมกับบริบทของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในประเทศไทย

ผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการบริหารจัดการโครงการให้สามารถควบคุมระยะเวลาและงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนโครงการในอนาคตของภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า
- 1.2.2 เพื่อสร้างโครงสร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงโดยใช้เทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและวิเคราะห์เชิงปริมาณ
- 1.2.3 เพื่อประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)
- 1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) กับการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยจากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)
- 1.2.5 เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงที่มีต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าช่วงโครงสร้างยกระดับ โดยเลือกกรณีศึกษาเฉพาะโครงการที่มีลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกัน ได้แก่ โครงการรถไฟฟ้าสายสีเหลือง (ช่วงลาดพร้าว-สำโรง) และสายสีชมพู (ช่วงแคราย-มีนบุรี) ซึ่งดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดให้บริการแล้ว รวมถึงโครงการที่ยังอยู่ระหว่างการก่อสร้าง ได้แก่ สายสีม่วงส่วนต่อขยาย (ช่วงเตาปูน-ราษฎร์บูรณะ) ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยได้มาจากการรวบรวมวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต ตลอดจนการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตรงในการบริหารจัดการและควบคุมโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าเพื่อนำข้อมูลมาจัดโครงสร้างในรูปแบบแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) เพื่อระบุและแสดงลำดับความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยง

สำหรับการวิเคราะห์และประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ในการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยคำนวณความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่อาจนำไปสู่ความล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในโครงการ จากนั้นจึงนำปัจจัยเสี่ยงที่ได้มาดำเนินการจัดลำดับความสำคัญโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและรวบรวมปัจจัยความเสี่ยงจากเอกสารทางวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายงานโครงการ และการสอบถามผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร

1.4.2 นำปัจจัยเสี่ยงที่ได้จากการรวบรวมมาจัดทำแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) เพื่อแสดงลำดับเหตุและความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัจจัยย่อยที่อาจก่อให้เกิดปัญหาในโครงการ

1.4.3 นำปัจจัยย่อยที่ได้จากการจัดทำแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) มาประเมินค่าความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ โดยจัดทำแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการบริหารและควบคุมโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

1.4.4 นำปัจจัยย่อยที่ได้จากการจัดทำแผนภาพต้นไม้ (Fault Tree Diagram) มาจัดลำดับความสำคัญโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1.4.5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อประเมินความสอดคล้องหรือความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงปัจจัยหรือสาเหตุเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

1.5.2 เข้าใจลำดับโครงสร้างของเหตุปัจจัยเสี่ยงอย่างเป็นระบบจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) พร้อมทั้งได้ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

1.5.3 ได้ผลการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงจากการวิเคราะห์กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

1.5.4 ได้เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ในเชิงปริมาณและความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

1.5.5 ได้ข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในอนาคต

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาของโครงการรถไฟฟ้าในประเทศไทย

ประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้ประสบปัญหาการจราจรติดขัดมาเป็นเวลานาน จากการเติบโตของจำนวนประชากรและการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ทำให้โครงข่ายถนนไม่สามารถรองรับปริมาณการเดินทางที่เพิ่มขึ้นได้อย่างเพียงพอ ส่งผลกระทบต่อทั้งเศรษฐกิจ คุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง

ด้วยเหตุนี้ ภาครัฐจึงได้กำหนดให้การพัฒนา ระบบขนส่งมวลชนทางราง เป็นนโยบายสำคัญ โดยเริ่มต้นจากโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส (BTS) สายสุขุมวิท ซึ่งเปิดให้บริการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2542 และรถไฟฟ้ามหานคร (MRT) สายเฉลิมรัชมงคล ในปี พ.ศ. 2547 นับเป็นจุดเริ่มต้นของการขยายโครงข่ายระบบรางในเขตเมืองอย่างเป็นระบบ ต่อมาได้มีการจัดทำ แผนแม่บทการพัฒนาระบบรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล หรือที่เรียกว่า M-Map (Mass Rapid Transit Master Plan) ซึ่งกำหนดให้มีการพัฒนาเส้นทางรถไฟฟ้าทั้งหมด 10 สาย ระยะทางรวมกว่า 500 กิโลเมตร เพื่อเชื่อมโยงพื้นที่สำคัญในกรุงเทพฯ และจังหวัดรอบข้าง เช่น ปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ และนครปฐม ปัจจุบัน มีโครงการที่เปิดให้บริการแล้ว ได้แก่

- รถไฟฟ้าสายสีเขียว (หมอชิต-สมุทรปราการ และหมอชิต-สะพานใหม่-คูคต)
- รถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน (หัวลำโพง-บางแค และบางซื่อ-ท่าพระ)
- รถไฟฟ้าสายสีม่วง (บางใหญ่-เตาปูน)
- สายสีทอง สายสีเหลือง และสายสีชมพู ซึ่งเป็นระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Monorail)

นอกจากนี้ยังมีโครงการในระยะก่อสร้างและวางแผนเพิ่มเติม เช่น สายสีแดงเข้ม สีแดงอ่อน สายสีส้ม และโครงการรถไฟฟ้าความเร็วสูงเชื่อม 3 สนามบิน

2.2 ความสำคัญของโครงการรถไฟฟ้าในประเทศไทย

ระบบรถไฟฟ้าเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเมืองในระยะยาว โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีความหนาแน่นของประชากรสูง และประสบปัญหาการจราจรติดขัดมาเป็นเวลานาน โครงการรถไฟฟ้าจึงถูกกำหนดให้เป็นยุทธศาสตร์หลักในการพัฒนาเมือง เพื่อสร้างระบบขนส่งมวลชนที่มีประสิทธิภาพ ยั่งยืน และเชื่อมโยงพื้นที่ต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างทั่วถึงความสำคัญของโครงการรถไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเด็นหลัก ดังนี้1.

1. ลดปัญหาการจราจรติดขัดในเขตเมือง รถไฟฟ้ามีศักยภาพในการขนส่งผู้โดยสารจำนวนมากได้ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งช่วยลดความแออัดของถนน และลดการพึ่งพารถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

2. ลดการใช้พลังงานและลดมลพิษ ระบบรถไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ทำให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ของรถยนต์ ช่วยส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมของเมือง

3. ส่งเสริมการเดินทางที่มีประสิทธิภาพและตรงต่อเวลา ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติและโครงสร้างพื้นฐานเฉพาะทาง รถไฟฟ้าสามารถให้บริการได้อย่างแม่นยำ มีความถี่ในการเดินรถสูง และไม่ถูกรบกวนจากสภาพจราจรภายนอก

4. กระตุ้นเศรษฐกิจและการพัฒนาเมืองรอบแนวเส้นทาง (Transit-Oriented Development: TOD) โครงการรถไฟฟ้ามักกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเชิงพาณิชย์ ที่อยู่อาศัย และสาธารณูปโภคในพื้นที่ใกล้เคียงสถานี ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าที่ดิน และสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจให้กับภาครัฐและเอกชน

5. สร้างความเชื่อมโยงในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ โครงการรถไฟฟ้าในเมืองมีบทบาทในการเชื่อมโยงกับระบบขนส่งอื่น เช่น รถไฟทางไกล รถไฟความเร็วสูง และสนามบิน ทำให้ระบบโลจิสติกส์โดยรวมของประเทศมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ดังนั้น โครงการรถไฟฟ้าจึงไม่ได้เป็นเพียงการแก้ไขปัญหาการเดินทางในระยะสั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองและประเทศอย่างยั่งยืนในระยะยาว

2.3 ความล่าช้าในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

โครงการรถไฟฟ้าเป็นโครงการโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนสูง ครอบคลุมหลายมิติ ทั้งด้านวิศวกรรม บริหารจัดการ และข้อกฎหมาย ปัญหาความล่าช้าในการก่อสร้างจึงเป็นเรื่องที่พบได้บ่อย ซึ่งไม่เพียงส่งผลกระทบต่อระยะเวลาดำเนินงานเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายโดยรวมของโครงการ ความเชื่อมั่นของประชาชน และผลกระทบทางเศรษฐกิจในวงกว้าง จากการศึกษาหลายโครงการ พบว่าสาเหตุของความล่าช้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านการบริหารโครงการของผู้รับเหมา และปัจจัยจากสภาพแวดล้อมหรือข้อจำกัดภายนอก ดังนี้

2.3.1 ปัจจัยจากการบริหารโครงการของผู้รับเหมา

ปัจจัยกลุ่มนี้สะท้อนถึงปัญหาภายในของผู้รับจ้างหลักที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เช่น

1. การวางแผนงานที่ไม่เหมาะสมหรือไม่มีความยืดหยุ่น การจัดทำแผนก่อสร้างไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดของพื้นที่จริง เช่น เวลาการจราจรหนาแน่นหรือพื้นที่แคบในเมือง ส่งผลให้เมื่อดำเนินงานจริงต้องหยุดหรือปรับแผนหลายครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าสะสม

2. ขาดประสิทธิภาพในการควบคุมและประสานงานระหว่างผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาช่วง โครงการรถไฟฟ้ามักมีหลายสัญญา เช่น สัญญางานโยธา สัญญางานระบบราง และสัญญางานติดตั้งระบบควบคุม หากขาดการประสานอย่างเป็นระบบ อาจเกิดความขัดแย้งในพื้นที่หรือการส่งมอบงานซึ่งกันและกัน

3. ปัญหาด้านการจัดสรรทรัพยากรไม่เพียงพอ ได้แก่ แรงงาน เครื่องจักร หรือวัสดุ ก่อสร้างไม่สามารถระดมได้ตามแผน เช่น ช่วงวิกฤตโควิด-19 ทำให้แรงงานข้ามชาติลดลงอย่างมาก หรือปัญหาขาดแคลนชิ้นส่วนระบบรางที่นำเข้า

4. การเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขแบบระหว่างดำเนินการ (Rework & Design Change) ในบางกรณี ผู้รับเหมาตรวจพบว่าแบบก่อสร้างไม่สามารถดำเนินงานได้จริงในพื้นที่ หรือพบอุปสรรคจากโครงสร้างพื้นฐานเดิม จึงต้องยื่นขอเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ต้องรออนุมัติแบบใหม่และจัดหาวัสดุใหม่

5. ขาดการควบคุมแผนงานด้วยเทคนิคการบริหารโครงการที่เหมาะสม โครงการขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือบริหารเช่น CPM (Critical Path Method) Earned Value Management หรือการวิเคราะห์ความเสี่ยง หากไม่ถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ย่อมนำไปสู่การขาดการควบคุมเวลาที่แม่นยำ

2.3.2 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดภายนอก

ปัจจัยกลุ่มนี้เป็นสิ่งที่อยู่เหนือการควบคุมของผู้รับเหมา แต่อาจเป็นหน้าที่ของภาครัฐหรือเจ้าของโครงการในการวางแผนหรือประสานให้พร้อมก่อนเริ่มงาน

1. การส่งมอบพื้นที่ล่าช้า เป็นปัญหาที่พบในโครงการส่วนต่อขยายในพื้นที่เมือง เช่น สายสีน้ำเงิน สีส้ม หรือสีม่วงใต้ ซึ่งเกิดจากความล่าช้าในการเวนคืน การรื้อถอนอาคาร หรือประชาชนไม่ยินยอมอพยพ

2. การรื้อย้ายสาธารณูปโภคใต้ดินล่าช้า ถนนในเขตเมืองมีระบบสาธารณูปโภคที่ซับซ้อน เช่น ท่อน้ำ ท่อระบายน้ำ สายไฟแรงสูง และสายสื่อสาร หากหน่วยงานเจ้าของระบบไม่สามารถดำเนินการรื้อย้ายได้ตามแผน จะทำให้ไม่สามารถเริ่มงานก่อสร้างได้

3. ข้อจำกัดด้านพื้นที่ก่อสร้างและชุมชนโดยรอบ พื้นที่ก่อสร้างมักอยู่ใกล้สถานที่สำคัญ เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน หรือศาสนสถาน ซึ่งมีข้อจำกัดด้านเวลาและเสียงรบกวน ส่งผลให้สามารถทำงานได้เพียงบางช่วงเวลา

4. ปัจจัยด้านภัยพิบัติและเหตุการณ์ไม่คาดฝัน เช่น อุทกภัย การระบาดของโรค หรือเหตุการณ์ทางการเมือง ซึ่งมีผลต่อแรงงาน การขนส่งวัสดุ หรือแม้กระทั่งการออกใบอนุญาตราชการ

2.4 ปัญหาทางค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า

การก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าในประเทศไทยถือเป็นโครงการโครงสร้างพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่ ใช้งบประมาณจำนวนมาก และมีความเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้รับเหมา และประชาชนในพื้นที่ การควบคุมต้นทุนจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคู่กับการควบคุมคุณภาพและเวลา อย่างไรก็ตาม ในหลายโครงการพบว่าเกิด ปัญหาทางค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าประมาณการ (Cost Overrun) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความคุ้มค่าของโครงการ การอนุมัติงบประมาณเพิ่มเติม และความมั่นใจของภาคประชาชนต่อระบบขนส่งมวลชน จากการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัญหาทางค่าใช้จ่ายในโครงการรถไฟฟ้าสามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่มหลัก ดังนี้:

1. การเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) และงานเพิ่มเติม (Variation Orders) การเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างก่อสร้างเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้ต้นทุนของโครงการเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น: การออกแบบเบื้องต้นไม่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง เจ้าของงานต้องการเปลี่ยนลักษณะงานเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทในชุมชน หรือมีข้อกำหนดใหม่จากหน่วยงานภาครัฐ การเพิ่มโครงสร้างพิเศษ เช่น Skywalk, ที่จอดรถ หรือทางเชื่อมสถานี การแก้ไขรายละเอียดงานสถาปัตยกรรมและระบบประกอบอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบควบคุมอัคคีภัย หรือระบบไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมักมีผลกระทบต่อแผนการเงินของโครงการ เนื่องจากต้องสั่งซื้อวัสดุใหม่ ขออนุมัติแบบใหม่ และอาจมีการหยุดงานบางส่วนเพื่อรอข้อมูลเพิ่มเติม

2. ราคาวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานที่ผันผวน ในโครงการที่มีระยะเวลาก่อสร้างยาวนานหลายปี จะพบว่า “ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง” เช่น เหล็กเส้น เหล็กรูปพรรณ ปูนซีเมนต์ สายไฟฟ้า และท่อประปา มีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นตามสภาพเศรษฐกิจโลกหรือวิกฤตการณ์เฉพาะหน้า เช่น สงครามรัสเซีย-ยูเครน ส่งผลให้ต้นทุนเหล็กทั่วโลกสูงขึ้น การระบาดของโรคโควิด-19 ส่งผลให้ห่วงโซ่อุปทานของวัสดุบางประเภทล่าช้า การปรับค่าแรงขั้นต่ำ เช่น ในปี พ.ศ. 2555 ที่ปรับค่าแรงขึ้นเป็น 300 บาท ส่งผลให้ต้นทุนค่าแรงทั้งโครงการเพิ่มขึ้นทันที เป็นต้น นอกจากนี้ หากวัสดุที่ใช้เป็นสินค้านำเข้า เช่น อุปกรณ์ระบบราง ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบประตู PSD (Platform Screen Door) การผันผวนของค่าเงินบาทก็จะส่งผลกระทบต่อราคานำเข้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

3. ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากความล่าช้า เมื่อโครงการล่าช้า ต้นทุนจะไม่ได้เกิดจากตัวงานโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่จะเกิด ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Costs) ที่สะสมตลอดระยะเวลาที่โครงการต้องขยาย เช่นค่าเช่าเครื่องจักรรายเดือน ค่าดำเนินการของสำนักงานสนาม ค่า

เบี้ยเลี้ยง ค่าประกันภัยงานก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการจัดประชุม หรือค่าธรรมเนียมในการต่ออายุ ใบอนุญาตก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายเหล่านี้มักไม่ปรากฏในงบประมาณขั้นต้น (BOQ) แต่เมื่อสะสมหลาย เดือนจะมีมูลค่าสูงและทำให้ต้องขออนุมัติงบประมาณเพิ่มเติม

4. ปัญหาการเวนคืนที่ดินและค่าชดเชย การเวนคืนที่ดินมักเป็นต้นทุนที่สูงและมีความไม่แน่นอนสูง โดยเฉพาะในพื้นที่เศรษฐกิจ เช่น สถานีในเขตเมือง ศูนย์ราชการ หรือพื้นที่แนวราบของระบบทางวิ่ง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มค่าเวนคืนจากราคาประเมินที่ล้าสมัย รวมถึงยังมีกรณีอื่น เช่น ต้องเวนคืนเพิ่มจากแบบเดิม

การฟ้องร้องของเจ้าของที่ดินที่ไม่เห็นด้วยกับราคาชดเชย ค่าชดเชยธุรกิจหรือกิจการที่ถูกย้ายออก เช่น ตลาด อาคารพาณิชย์ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้มักต้องแยกออกจากงบก่อสร้าง แต่มีผลกระทบต่อระยะเวลาและงบประมาณรวมของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ

5. ปัญหาความคลาดเคลื่อนของประมาณการต้นทุนในชั้นวางแผน โครงการบางโครงการมีปัญหาตั้งแต่ขั้นการเสนอแผน เช่น การประเมินค่าใช้จ่ายต่ำเกินไปเพื่อนำเสนอโครงการให้ผ่านการอนุมัติไม่รวมค่าใช้จ่ายแฝง เช่น ค่าบำรุงรักษาหลังเปิดให้บริการ ขาดความรู้เฉพาะทางของผู้วางแผนต้นทุน เช่น ไม่คำนึงถึงต้นทุนระบบไฟฟ้าแรงสูง หรือระบบควบคุมสัญญาณที่ซับซ้อน ปัญหานี้ทำให้เมื่อดำเนินโครงการจริงต้องใช้งบประมาณเกินกว่าวงเงินที่ได้รับอนุมัติ ทำให้เกิดการ “ปรับกรอบงบประมาณกลางทาง” หรือมีการทบทวนและขออนุมัติวงเงินใหม่

6. ความขัดแย้งและข้อพิพาทด้านสัญญา กรณีที่เกิดความขัดแย้งระหว่างเจ้าของงานกับผู้รับเหมา เช่น การตีความข้อกำหนดในสัญญาที่ต่างกัน การปฏิเสธการจ่ายค่า Variation Orders ความล่าช้าในการอนุมัติ Payment Certificate กรณีเหล่านี้อาจนำไปสู่การฟ้องร้องหรืออนุญาโตตุลาการ ส่งผลให้ต้องสำรองงบประมาณไว้ชำระดอกเบี้ย ค่าปรับ หรือค่าธรรมเนียมกฎหมายเพิ่มเติม

2.5 การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)

วิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาดถูกพัฒนาขึ้นในปี 1961 โดย H.A. Watson of Bell Telephone Laboratories ร่วมมือกับ U.S. Air Force เพื่อใช้ศึกษา The Minuteman Missile Launch Control System ในปี 1965 มีการจัดสัมมนาด้านความปลอดภัย ซึ่งถือว่า เป็นจุดเริ่มต้นในการใช้ การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาดเป็นเครื่องมือ ในการวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยและใช้ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบที่มีความซับซ้อน (Recht, อ้างถึงใน Brown, 1976) การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาดเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) อย่างหนึ่ง ที่ใช้ หลักการการอนุมาน (Deductive Principle) โดยเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (Undesired Event) ของระบบถูกกำหนดขึ้น จากนั้น ระบบจะถูกวิเคราะห์ในรายละเอียด

ลักษณะการทำงานและ สิ่งแวดล้อม เพื่อหาหนทางหรือหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึง ประสงค์ (Vesely and others, 1981) นอกจากนี้ การวิเคราะห์แผนภาพต้นไม้ ความผิดพลาด ยังถูกนำมาใช้ในการหาสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงในการทำให้ระบบเกิดความล้มเหลว

2.5.1 ขั้นตอนการการสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด

1. กำหนดเหตุการณ์หลัก (Top Event หรือ Head Event) เป็นขั้นตอนแรกที่ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่า "สิ่งที่ไม่พึงประสงค์" ที่จะศึกษาในระบบคืออะไร เช่น ระบุลักษณะรายละเอียด ที่จะใช้เป็นเป้าหมายของการวิเคราะห์ เช่น ในงานก่อสร้างอาจจะระบุว่า “โครงการล่าช้า” หรือ “ค่าใช้จ่ายเกินงบประมาณ” เป็นต้น

2. ระบุเหตุการณ์ระดับรอง (Intermediate Events) ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์หลัก แยกเหตุการณ์ต่างๆ ที่ได้ ออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะเหตุการณ์ที่มีความสัมพันธ์ ร่วมกัน เช่น มีสาเหตุเดียวกัน หรือมีลักษณะอื่นๆ ร่วมกัน

3. หาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่างๆ ในรูปแบบตรรกศาสตร์ ใช้ AND Gate และ OR Gate เพื่อเชื่อมโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ

โดย AND Gate: เหตุการณ์จะเกิดก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ย่อยทั้งหมดเกิดร่วมกัน

OR Gate: เหตุการณ์จะเกิดหากเหตุการณ์ย่อยใด ๆ อย่างน้อยหนึ่ง เหตุการณ์เกิดขึ้น

4. ให้ทำซ้ำ ขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกว่าจะได้เหตุการณ์ที่อยู่ในรูปเบื้องต้น ไม่ต้องแจกแจง

5. สร้างแผนภาพต้นไม้โดยเริ่มจากเหตุการณ์หลัก ไปจนถึงเหตุการณ์สุดท้าย โดยใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ก.

2.5.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Evaluation)

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เป็นการประเมินแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด โดยใช้ข้อมูลในเชิงคุณภาพ ที่ได้จากแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาดมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปในเชิงคุณภาพ สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ 2 แบบ คือ การหาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Minimal Cut Sets, MCS) และการหาความสำคัญเชิงคุณภาพ (Qualitative Importance)

2.5.3 การหาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Minimal Cut Sets)

เป็นการหาเหตุการณ์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นร่วมกันจำนวนน้อยที่สุด จึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ในชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Minimal Cut: MCS) จะประกอบด้วย จำนวนต่างๆ ในแต่ละชุดเหตุการณ์ ในชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่มีเหตุการณ์พื้นฐานหนึ่งเหตุการณ์ เรียกว่า Single component minimal cut sets ซึ่งแสดงถึงเหตุการณ์พื้นฐานเพียงเหตุการณ์เดียว สามารถทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นได้ แต่ถ้ามีเหตุการณ์พื้นฐานสองเหตุการณ์ก็จะเรียกว่า Double component minimal cut sets หรือถ้ามีจำนวน n เหตุการณ์พื้นฐานก็จะเรียกว่า n component minimal cut sets

จำนวนขององค์ประกอบในชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดจะใช้ในการวิเคราะห์ความสำคัญเชิงคุณภาพต่อไป ในการหาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดสามารถทำได้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แปลงแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาดไปเป็นสมการทางตรรกศาสตร์ (Boolean Equation)
2. แทนที่เหตุการณ์คั่นกลาง (Intermediate Causes) ต่างๆ ที่อยู่ในสมการ ในการแทนที่สามารถทำได้ทั้งแบบบนลงล่าง (Top Down) หรือ แบบล่างขึ้นบน (Bottom Up) ก็ได้
3. ทำการลดรูปสมการทางตรรกศาสตร์ โดยใช้กฎทางพีชคณิต เช่น กฎการแจกแจง กฎการจัดรูป เป็นต้น

ในการเขียนเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ในรูปของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$T = M_1 + M_2 + \dots + M_k$$

$$M = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$$

โดยที่ T คือ เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์

M_i , $i = 1$ ถึง k คือ ชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

X_i , $i = 1$ ถึง n คือ เหตุการณ์พื้นฐาน

สัญลักษณ์ $+$ เป็น แทนประตูตรรกศาสตร์ “ AND Gate ”

สัญลักษณ์ $\cdot$ เป็น แทนประตูตรรกศาสตร์ “ OR Gate ”

2.5.4 ความสำคัญเชิงคุณภาพ (Qualitative Importance)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการประเมินความสำคัญของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ในระบบ โดยพิจารณาจากโครงสร้างของแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด

เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ จึงไม่มีการนำค่าความน่าจะเป็นเชิงตัวเลขมาใช้ในการคำนวณโดยตรง แต่จะประเมินโดยอาศัย จำนวนของเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Events) ภายในชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดแทนหลักการสำคัญคือ ชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่มีจำนวนองค์ประกอบน้อยย่อมมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่าชุดเหตุการณ์ที่มีองค์ประกอบมาก นั่นเพราะเหตุการณ์ที่มีองค์ประกอบน้อยต้องการให้เหตุการณ์พื้นฐานจำนวนน้อยเกิดขึ้นพร้อมกัน จึงมีแนวโน้มเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพคือ ไม่สามารถเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของชุดเหตุการณ์ที่มีจำนวนองค์ประกอบเท่ากันได้ ไม่สามารถระบุความน่าจะเป็นที่แน่นอนได้ จึงอาจไม่เพียงพอในกรณีที่ระบบมีความซับซ้อนสูง

ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจึงเหมาะสำหรับการใช้ จัดลำดับเบื้องต้น เพื่อระบุชุดเหตุการณ์ที่ควรให้ความสนใจ ก่อนจะดำเนินการวิเคราะห์เชิงปริมาณในขั้นตอนต่อไป

2.5.5 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation)

การวิเคราะห์ฟอลท์ทรีปกติเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative model) แต่มักจะ ถูกนำไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย (Quantitative model) เพื่อหาข้อสรุปต่างๆ ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น (Vesely and others, 1981) ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะใช้ค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ต่างๆ มาเกี่ยวข้อง โดยหาค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์จากข้อมูลทางสถิติ หรือจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์เชิงปริมาณมีหลักการคำนวณค่าความน่าจะเป็นดังต่อไปนี้

กรณีที่ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน คือ “ หรือ “ (Or Gate)

กำหนดให้ $S = q_1 \text{ หรือ } q_2 \text{ หรือ } q_3 \text{ หรือ...หรือ } q_n$

จะได้ว่า $P(S) = 1 - \prod(1 - q_i)$ ----- สมการที่ 2.1

เมื่อ q_i เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน

กรณี ที่ความสัมพันธ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน คือ “ และ “ (And Gate)

กำหนดให้ $S = q_1$ หรือ q_2 หรือ q_3 หรือ....หรือ q_n

จะได้ว่า $P(S) = \prod q_i$ ----- สมการที่ 2.2

เมื่อ q_i เป็นเหตุการณ์ที่อิสระต่อกัน

หลักการคำนวณค่าความน่าจะเป็นนี้ จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่อไป

2.5.6 การวิเคราะห์ความสำคัญของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์

การวิเคราะห์เชิงปริมาณเป็นการประเมินว่า ชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets: MCS) ใดมี ความสำคัญหรืออิทธิพลมากที่สุด ต่อการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Top Event) โดยอิงจาก ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้น ของแต่ละชุด

ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดจะได้มาจากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Events) ที่รวมกันอยู่ในชุดนั้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์ความสำคัญของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ทำให้ทราบความสำคัญของแต่ละชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ส่งผลต่อเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ และสัดส่วนของแต่ละชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่มีผลต่อเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ประโยชน์อีกด้านหนึ่งในการใช้งาน สามารถนำค่าความน่าจะเป็นในการเกิดของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดมาเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นที่ยอมรับได้ในการเกิดความล้มเหลว เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขหรือลดโอกาสในการเกิดเหตุการณ์นั้นๆ ต่อไป

2.6 กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น Analytic Hierarchy Process: AHP

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น หรือ Analytic Hierarchy Process (AHP) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่พัฒนาโดย ศาสตราจารย์ Dr. Thomas L. Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการตัดสินใจที่มีความซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยหลายปัจจัยหรือเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาร่วมกัน

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการที่เลียนแบบโครงสร้างการคิดของมนุษย์ โดยการแยกองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นลำดับชั้น ได้แก่ เป้าหมายหลัก (Goal) เกณฑ์หลัก (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub-criteria) และทางเลือก (Alternatives) ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบ แผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy Diagram) กระบวนการดังกล่าวเหมาะสมกับการใช้งานทั้งในระดับรายบุคคลและกลุ่ม เนื่องจากมีความยืดหยุ่น และสามารถรองรับทั้งปัจจัยที่เป็นนามธรรม

และรูปธรรมได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในบริบทของการบริหารโครงการหรือการประเมินความเสี่ยงที่มีความหลากหลายด้านข้อมูลและมุมมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

วิฑูรย์ ตันศิริคงคล (2542) ได้สรุปข้อดีของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น ไว้ดังนี้

1. ง่ายในการสร้าง และสามารถนำเอาปัจจัยที่เป็นทั้งนามธรรมและรูปธรรม มาวินิจฉัยได้อย่างมีความ สอดคล้องกันของเหตุผล
2. เหมาะสมสำหรับการตัดสินใจทั้งแบบรายบุคคลและแบบกลุ่ม
3. เลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์ที่อิงเหตุผล
4. สนับสนุนการสร้างประชาคมติและการประนีประนอม เนื่องจากในโลกของความเป็นจริงต้องมีการได้มา เสียไป เพื่อที่จะรักษาประโยชน์ร่วมกัน
5. ไม่จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญควบคุมการวิเคราะห์ทุกขั้นตอน

ในขณะเดียวกัน สุธรรม อรุณ (2545) ได้เพิ่มเติมข้อดีของ กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบจับคู่ (Pairwise Comparison)
2. ได้ผลลัพธ์ในเชิงตัวเลขซึ่งสามารถนำไปจัดลำดับความสำคัญได้ง่าย
3. ช่วยลดอคติในการตัดสินใจ และสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์กับหน่วยงานอื่น (Benchmarking) ได้
4. สามารถตรวจสอบความสอดคล้องของเหตุผลในการให้คะแนนได้ (ผ่านค่า Consistency Ratio: CR)

2.6.1 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นการนำเอาความคิด ความรู้สึกที่เป็นนามธรรมนำมาให้ค่าน้ำหนัก โดยใช้ตัวเลขแทนค่า เพื่อให้เห็นเป็นรูปธรรม ซึ่งมีกระบวนการอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

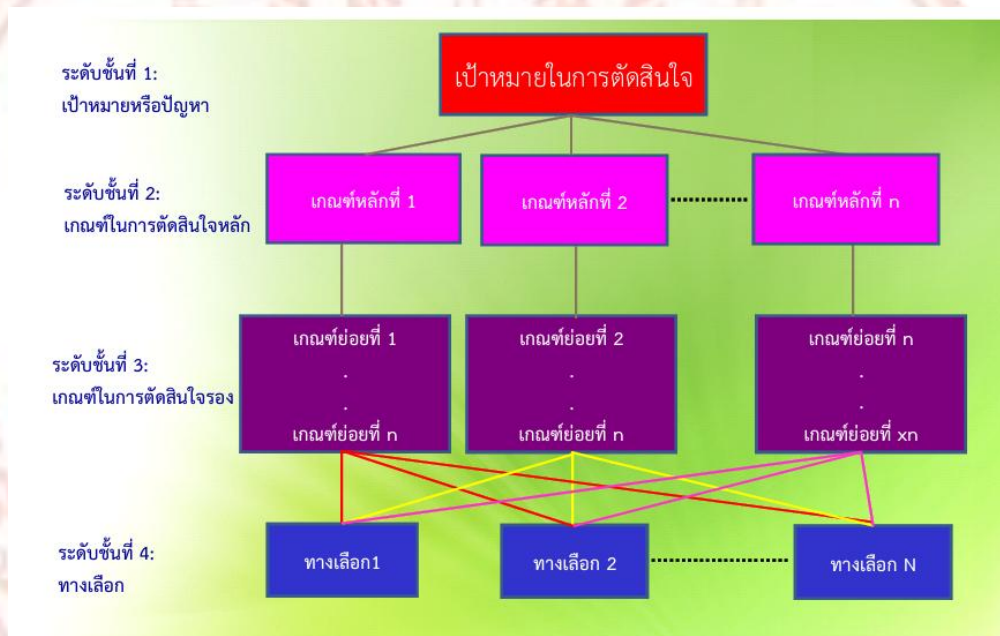
1. การจัดโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นมีโครงสร้าง กระบวนการเลียนแบบความคิดของมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการสร้างแผนภูมิเป็นลำดับชั้นเลียนแบบกระบวนการคิดเพื่อตัดสินใจของมนุษย์ โดยแผนภูมิแบ่งออกเป็นหลายระดับชั้นขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา โดยแต่ละระดับชั้นจะประกอบด้วยกลุ่มของเกณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่

ระดับชั้นที่ 1 เป็นชั้นบนสุดที่เป็นปัญหาหรือเป้าหมายโดยรวม จะเรียกว่า จุดโฟกัส ซึ่งจะมีเพียงแค่ ปัญหาหรือเป้าหมายเดียวเท่านั้น

ระดับชั้นที่ 2 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์หลัก อาจมีหลายเกณฑ์ขึ้นอยู่กับว่าแผนภูมินั้นมีทั้งหมดกี่ระดับชั้น ถ้ามีมากกว่า 3 ระดับชั้นขึ้นไป จำนวนเกณฑ์ในระดับชั้นนี้ควรมีไม่เกิน 3 เกณฑ์ แต่ถ้ามีมากกว่า 3 ระดับชั้น จำนวนเกณฑ์อาจมีได้ถึง 9 เกณฑ์

ระดับชั้นที่ 3 เป็นระดับชั้นของเกณฑ์รอง สำหรับระดับชั้นชนิดนี้ จะมีจำนวนเกณฑ์เท่าไรก็ได้ขึ้นอยู่กับ ว่าผู้ศึกษามีข้อมูลหรือประสบการณ์และความรู้ความชำนาญมากเท่าไร เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเกณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นมา

ระดับชั้นที่ 4 เป็นชั้นของทางเลือก หรือหนทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ปัญหาหรือเป้าหมายที่ กำหนดไว้ในระดับชั้นที่ 1



รูปที่ 2.1 แผนภูมิกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

2. การวินิจฉัยเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจ การเปรียบเทียบเกณฑ์ต่าง ๆ เป็นการ เปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair wise comparison) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญ ระหว่างเกณฑ์เป็นคู่ ๆ โดยใช้ตัวเลขแทนค่าเพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าคะแนนความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก เครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pair wise comparison) ได้แก่ การใช้ตารางเมตริกซ์ นอกจากตารางเมตริกซ์จะสามารถใช้ประโยชน์ในการอธิบายการเปรียบเทียบแล้วยังสามารถใช้การทดสอบความสอดคล้องของการเหตุผล

และความอ่อนไหวของลำดับความสำคัญของทางเลือก ด้วย ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

กำหนดให้ C_i = เกณฑ์หลักในการตัดสินใจ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$
 A_j = เกณฑ์รองในลำดับขั้นที่จะทำการวินิจฉัย โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$
 a_{ij} = ผลการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการตัดสินใจแบบคู่

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, n$ การวินิจฉัยจะทำทีละคู่เกณฑ์ C_i กับ A_j
 ดังนั้น การวินิจฉัยจะทำในรูปของตารางเมตริกซ์ขนาด $n \times n$ และจะได้นิยามเมตริกซ์

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

โดยมีกฎเกณฑ์การนำค่า a_{ij} จากการเปรียบเทียบทีละคู่เกณฑ์ใส่ลงในตารางเมตริกซ์
 มีกฎ 2 ข้อ ได้แก่

1. ถ้า $a_{ij} = \alpha$ จะทำให้ $a_{ji} = 1/\alpha$ โดยที่ $\alpha \neq 0$
 2. ถ้าเกณฑ์ในการตัดสินใจ C_i มีความสำคัญเท่ากับเกณฑ์ในการตัดสินใจ C_j จะทำให้ $a_{ij} = a_{ji} = 1$ เสมอ
- ดังนั้นตารางเมตริกซ์ A สามารถเขียน ได้ดังนี้

เกณฑ์	C_1	C_2	C_3	C_n	เกณฑ์
A_1	1	a_{12}	a_{13}	$\dots a_{1n}$	A_1
A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	$\dots a_{2n}$	A_2
A_3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	$\dots a_{3n}$	A_3
:	:	:	:	$\dots$	:
A_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	$\dots 1$	A_n

ซึ่งสามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบรายคู่

เกณฑ์ (C)		เกณฑ์				
$C_1, C_2, C_3, \dots, C$		A_1	A_2	A_3	...	A_4
เกณฑ์	A_1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
	A_2	$1/a_{12}$	1	a_{23}	...	a_{2n}
	A_3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	...	a_{3n}
	:	:	:	:	...	:
	A_4	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	$1/a_{3n}$	...	1

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ มีดังนี้

$$N = \frac{n^2 - n}{2} \quad \text{----- สมการที่ 2.3}$$

เมื่อ N = จำนวนครั้งในการวินิจฉัยเปรียบเทียบ
 n = จำนวนปัจจัยที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ

การวินิจฉัยเปรียบเทียบแต่ละคู่เกณฑ์ระหว่างเกณฑ์ C_i กับ A_j นั้น ผู้ทำการตัดสินใจให้ค่าน้ำหนัก จะต้องทราบว่าแต่ละเกณฑ์ที่ทำการพิจารณานั้นมีความสำคัญ มีการส่งผล มีอิทธิพล หรือมีประโยชน์มากกว่า ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นผู้ทำการพิจารณาต้องแสดงออกในรูปของ ความหมายที่เป็นคำพูด เช่น น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด แล้วจึงทำการใช้ตัวเลขแทนค่าเพื่อให้การพิจารณานั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

สำหรับเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process: AHP) นั้น Dr. Thomas Saaty ได้มีการคิดค้นและคำนวณค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้แทนค่าน้ำหนักในการเปรียบเทียบแต่ละคู่ พบว่า ตัวเลข 1 – 9 นั้นเหมาะสมกับเหตุผลและสะท้อนถึงระดับที่สามารถแยกแยะความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์ ได้ดี โดยได้มีการอธิบายตัวเลขไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่

ระดับความเข้มข้น ของความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 เกณฑ์ส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่า ๆ กัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ผู้วินิจฉัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับสูงสุด
2, 4, 6, 8	อยู่ระหว่างระดับที่ได้ อธิบายมาแล้วข้างต้น	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาข้างต้น

3. การหาค่าน้ำหนักเกณฑ์ เมื่อได้ค่าน้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญได้วินิจฉัยแล้ว โดยออกมาในรูปแบบของ ตัวเลข จะนำตัวเลขที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ ในแต่ละชั้น แล้วทำการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นแต่ละ ระดับชั้นจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างจนครบทุกชั้น วิธีการคำนวณมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์แต่ละคู่ในรูปของตารางเมตริกซ์ ทำได้โดยทำการเปรียบเทียบทุก ๆ เกณฑ์ ทั้งในแถวแนวนอนและแนวตั้ง

3.2 คำนวณหาค่า Eigenvector ของเมตริกซ์ในแต่ละแถว (Normalized Matrix) โดยการหา Normalized นี้ ทำได้จากการหาค่าเฉลี่ยความสำคัญในแต่ละแถว

3.3 การคำนวณหาลำดับความสำคัญของระดับชั้นถัดลงมา ทำโดยการหาคำนวณตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 2 แล้วนำค่าที่คำนวณได้ จากลำดับชั้นที่อยู่สูงกว่า 1 ระดับชั้น มาเป็นตัวคูณค่า Normalized ของลำดับชั้นที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณ จะได้ค่าลำดับความสำคัญในลำดับชั้นรองลงมาตามเกณฑ์ในระดับชั้นนั้น ๆ ทำเช่นนี้จนครบทุกเกณฑ์

โดยสมการที่ใช้คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ในแต่ละชั้น ดังนี้

$$Aw = \frac{\lambda_{\max} W}{n-1} \quad \text{----- สมการที่ 2.4}$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกซ์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงด้วยค่าตัวเลข ซึ่งปรับค่า ให้เป็น 1 แล้ว (Normalized)

W คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของของซึ่งอยู่ในลำดับชั้นเดียวกันหรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ของในลำดับชั้นที่สูงกว่า

$\lambda_{\max}$ คือ Maximum Eigenvalue

4. การตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) เป็นการตรวจสอบผล การเปรียบเทียบที่ได้กระทำมาในข้อที่ 2 นั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การหาค่า ดัชนีความสอดคล้องกันของเหตุผล ดังนี้

4.1 คำนวณหาค่า $\lambda_{\max}$ เป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำเอาผลรวมของค่าวิจฉัยของแต่ละเกณฑ์ในแต่ละแถว มาคูณด้วยผลรวมค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะ เท่ากับจำนวนเกณฑ์ทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าการวิจฉัยในเกณฑ์นั้นมีความสอดคล้องกันอย่าง สมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{\max} = n$

4.2 คำนวณค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) หาได้ดังสมการที่ 2.5

$$C.I. = \frac{(\lambda_{\max} - 2)}{(n - 1)} \quad \text{----- สมการที่ 2.5}$$

4.3 เปิดตารางค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) โดยที่ค่า R.I. เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1×1 จนถึง 15×15 ผลของ R.I แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าของดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่มตามขนาดของเมตริกซ์ (Random Consistency Index: R.I.)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

4.4 คำนวณค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R) คำนวณได้จากอัตราส่วน เปรียบเทียบระหว่างค่า ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) ที่คำนวณได้จากตารางเมตริกซ์ กับค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index: R.I.) ที่ดูจากตารางที่ 2.3 ซึ่งสามารถเขียน เป็นสมการได้ดังนี้

$$C.R. = \frac{C.I./R.I.}{\text{สมการที่ 2.6}}$$

สำหรับค่าของ C.R. ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 ถือว่ายอมรับได้ ถ้ามากกว่า 0.10 ถือว่า
ยอมรับไม่ได้ จะต้องทำการทบทวนการให้ค่าน้ำหนักคะแนนเปรียบเทียบในเกณฑ์นั้นกันใหม่ จนได้ค่า
C.R. ที่สามารถยอมรับได้

2.6.2 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เป็นวิธีการ
ตัดสินใจเชิงพหุเกณฑ์ที่พัฒนาโดย Saaty (1980) ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบแบบคู่ (Pairwise
Comparison) เพื่อประเมินความสำคัญสัมพัทธ์ของทางเลือกหรือปัจจัยต่าง ๆ โดยอิงจากมุมมองของ
ผู้เชี่ยวชาญ

ในกรณีที่มีผู้เชี่ยวชาญหลายคน การรวมค่าความสำคัญที่แต่ละคนให้ในแต่ละคู่ของปัจจัย
จะต้องใช้วิธีที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจร่วม วิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายใน AHP คือ
วิธีการเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางการรวมความคิดเห็น
รายบุคคล (Aggregation of Individual Judgments: AIJ)

สูตรในการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตมีดังนี้

$$GM = \left(\prod x_i \right)^{1/n} \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ x_i คือ ค่าที่ผู้เชี่ยวชาญลำดับที่ i

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตช่วยให้สามารถรวมความคิดเห็นที่อยู่ในรูปแบบสัดส่วนอย่างเป็น
ธรรมชาติ และลดผลกระทบของค่าที่เบี่ยงเบนสูง (extreme values) ได้ดีกว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต
(Forman & Peniwati, 1998)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของการเปรียบเทียบแบบคู่แต่ละรายการมาสร้างเป็น Pairwise
Comparison Matrix รวม แล้ว จึงสามารถใช้ขั้นตอนมาตรฐานของ AHP ในการคำนวณค่าน้ำหนัก
สัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัย และตรวจสอบอัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) เพื่อประเมิน
ความน่าเชื่อถือของข้อมูลต่อไป

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายณัฐพล โลราช ได้ศึกษาความล่าช้าของโครงการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน ส่วนต่อขยาย (สัญญาที่ 1) จากการศึกษาเอกสารรายงานประจำเดือนทั้งหมด 102 ฉบับของโครงการก่อสร้าง พบว่าผู้รับจ้างมีการขยายสัญญาโครงการก่อสร้าง รวมทั้งหมด 3 ครั้ง โดยระยะเวลารวม 750 วัน จากระยะเวลาก่อสร้างสัญญาเดิม 1,890 วัน คิดเป็นการขยายระยะเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.69 % สาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินงานก่อสร้างได้แก่ การส่งมอบพื้นที่ทำงานล่าช้า ภาวะอุทกภัยในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล การปรับอัตราค่าจ้างขั้นต่ำเป็น 300 บาท เหตุการณ์การเมือง การเปลี่ยนแปลงแบบและแบบที่ไม่ชัดเจน การจัดจ้างระบบเดินรถไฟฟ้าล่าช้าของเจ้าของโครงการ นางสาวนันท์ธิดา กระต่างตา (2561) ได้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลให้การดำเนินการโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าล่าช้า พร้อมทั้งหาแนวทางควบคุมปัจจัยดังกล่าว โดยเลือกศึกษาจากกรณีโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีม่วง (บางใหญ่ - บางซื่อ) ด้วยแบบสอบถามจากผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการก่อสร้างโครงการฯ จำนวน 140 คน และนำผลมาวิเคราะห์โดยวิธีความถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีม่วง (บางใหญ่ - บางซื่อ) มี 6 ปัจจัย เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ ดังนี้ 1. ปัจจัยด้านวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องจักร 2. ปัจจัยด้านการวางแผนและการบริหารจัดการ 3. ปัจจัยด้านบุคลากร 4. ปัจจัยด้านการควบคุมงาน 5. ปัจจัยด้านแรงงาน 6. ปัจจัยด้านเหตุสุดวิสัย

นายอภิภัทร ชาญพิพัฒน์วิทยา (2557) ได้ทำการศึกษาการบริหารความเสี่ยง จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ขอบเขตงานที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่าย ของโครงการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าบางหว้าของโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ส่วนต่อขยาย สายสีลม (ตากสิน-เพชรเกษม) เพื่อให้ทราบถึงเหตุการณ์ความเสี่ยงของขอบเขตงานในด้าน ต่างๆซึ่งแบ่งออกเป็น ขอบเขตงานโยธา และสถาปัตยกรรม,งานไฟฟ้าและเครื่องกล,งานระบบ โครงสร้างพื้นฐานราง (Track Work)และงานระบบการเดินรถ มีระดับความเสี่ยง เกิดผลกระทบต่อ เวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างตามเกณฑ์การพิจารณาจากแบบจำลองความเสี่ยง (Risk Model) โดยมีเนื้อหาโดยสรุปในแต่ละขอบเขตงาน ดังนี้

1. ขอบเขตงานด้านโยธาและสถาปัตยกรรม เหตุการณ์ความเสี่ยงที่มีระดับ ความเสี่ยงเกิดผลกระทบในระดับสูงต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ได้แก่ 1) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากพื้นที่ในการก่อสร้างอยู่บริเวณที่การจราจรที่หนาแน่น บริเวณสามแยก 2) เหตุการณ์ความเสี่ยงสภาพพื้นที่การทำงานในช่วงระยะเวลาปกติ ไม่สะดวกในการทำงานที่ 3) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากแบบ Detail Design ที่ใช้ในการก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงหลายครั้ง สรุป แบบจากผู้ออกแบบล่าช้า 4) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยไม่สามารถปฏิบัติงานตามแผนงานได้ตามกำหนดเวลา 5)เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยปฏิบัติงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ต้องกลับมา แก้ไขงาน

2. ขอบเขตงานไฟฟ้าและเครื่องกล (Building Service) จะได้ว่าการบริหารความเสี่ยงขอบเขตงานด้านไฟฟ้าและเครื่องกล เหตุการณ์ความเสี่ยงที่มีระดับ ความเสี่ยง เกิดผลกระทบในระดับสูงต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ได้แก่ รายการ 1) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยปฏิบัติงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ต้องกลับมา แก้ไขงานภายหลัง

3. ขอบเขตงานระบบโครงสร้างพื้นฐานราง (Track Work) จะได้ว่าการบริหารความเสี่ยงขอบเขตงานด้านระบบโครงสร้างพื้นฐานราง เหตุการณ์ความเสี่ยงที่มีระดับ ความเสี่ยงเกิดผลกระทบระดับสูงในด้านค่าใช้จ่าย และผลกระทบระดับปานกลางในด้านระยะเวลา ได้แก่ รายการ 1) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากพื้นที่ในก่อสร้างเป็นที่สูง เป็นอุปสรรคในการขนวัสดุส่งขึ้นมาก่อสร้าง 2) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากข้อจำกัดด้านเวลาและขั้นตอนการทำงาน จึงเกิดความล่าช้าในการจัดหาวัสดุ-อุปกรณ์ ส่งไปยังพื้นที่ก่อสร้าง ใช้วิธีการจัดการความเสี่ยงแบบหลีกเลี่ยง ควบคุม/ลด

4. ขอบเขตงานระบบการเดินรถจะได้ว่าการบริหารความเสี่ยงขอบเขตงานด้านระบบการเดินรถ เหตุการณ์ความเสี่ยงที่มีระดับความ เสี่ยงเกิดผลกระทบในระดับปานกลาง ต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ได้แก่ รายการ 1) เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยปฏิบัติงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ต้องกลับมา แก้ไขงาน

ในการบริหารความเสี่ยงของขอบเขตงานในการก่อสร้างสถานีรถไฟ มีเหตุการณ์ความเสี่ยงที่เป็นปัจจัยตรงกันของทุกขอบเขตงาน นำมาศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองความเสี่ยงได้แก่ เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยไม่สามารถปฏิบัติงานตามแผนงานได้ตามกำหนดเวลา, เหตุการณ์ความเสี่ยงจากผู้รับเหมารายย่อยปฏิบัติงานไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ต้องกลับมาแก้ไขงานภายหลัง, เหตุการณ์ความเสี่ยงจากการเกิดอุทกภัยธรรมชาติ ช่วง ก.ย. - ธ.ค. 54 ต้องหยุดการดำเนินการก่อสร้าง ชั่วคราว และเหตุการณ์ความเสี่ยงเกี่ยวกับสภาพพื้นที่การทำงาน ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในแต่ละ ขอบเขตงานที่มีความสำคัญ มีผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในระดับความเสี่ยงปานกลาง-สูง ใช้วิธีการรับมือความเสี่ยงเช่นเดียวกัน

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าของงานก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู (แคราย-มีนบุรี) จากการศึกษาพบว่า 5 ปัจจัย มีผลกระทบต่อความล่าช้าได้แก่ 1. การอนุมัติแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง (Shop Drawing) ล่าช้า 2. ความล่าช้าจากเจ้าของงานในการตอบคำถามจากผู้รับเหมา 3. การออกคำสั่งเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของแบบที่ใช้ในการก่อสร้างและรายละเอียดกำหนดการต่างๆ 4. การใช้บุคลากรไม่เหมาะสมกับงานและมีบุคลากรไม่เพียงพอ 5. การที่มีแรงงานก่อสร้างไม่เพียงพอ โดยความคิดเห็นต่อปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ที่จำแนก ออกเป็น 3 ด้านคือ 1. สาเหตุความล่าช้าประเภทต้องขดเชย 2. สาเหตุ ความล่าช้าประเภทยอมรับได้ 3. สาเหตุความล่าช้าประเภทยอมรับ

ไม่ได้ ในด้านผลกระทบที่มีต่อโครงการ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง และในด้านความถี่ที่มีต่อโครงการอยู่ในระดับน้อย

ไพฑูรย์ ตันอุต (2547) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนตำบล โดยใช้การวิเคราะห์แบบฟอลต์ทรี (Fault Tree Analysis)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนในระดับท้องถิ่น และประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยเหล่านั้นโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบต้นไม้ข้อบกพร่อง (FTA) งานวิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์หัวหน้าส่วนโยธาขององค์การบริหารส่วนตำบลจำนวน 40 แห่งทั่วประเทศ และนำข้อมูลมาจัดทำแผนภาพฟอลต์ทรีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำไปสู่เหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ คือ ถนนเสียหายก่อนกำหนด จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ผลการวิเคราะห์พบว่า มีเหตุการณ์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องจำนวน 43 เหตุการณ์ และมีชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อถนนรวม 185 ชุด โดย 15 ชุดเป็นแบบ 2 เหตุการณ์ และอีก 170 ชุดเป็นแบบ 3 เหตุการณ์ ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบสูงสุด ได้แก่ การขาดผู้รับผิดชอบควบคุมการใช้งานถนนและพฤติกรรมการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ขาดเครื่องมือที่ได้มาตรฐาน งบประมาณและบุคลากรที่เพียงพอในการสำรวจ และระยะเวลาในการสำรวจที่จำกัด งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ FTA สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงตรรกะของปัจจัยเสี่ยงได้อย่างเป็นระบบ และสามารถประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโครงการได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานประเภทอื่นได้

เบญจรัตน์ ศรีใส (2557) ได้ศึกษา ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าของงานก่อสร้างโครงการเขื่อนและงานชลประทาน โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งแบ่งปัจจัยออกเป็น 4 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านบุคลากร ด้านการบริหาร ด้านการเงิน และด้านเครื่องจักรและวัสดุ รวมทั้งหมด 18 ปัจจัยย่อย จากการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุด คือ การแก้ไขงานซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการก่อสร้างเพิ่มขึ้น รองลงมา ได้แก่ การจัดผังองค์กรที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน การวางแผนงานโดยไม่คำนึงถึงภูมิประเทศและภูมิอากาศ การให้ความสำคัญต่อการสำรวจธรณีวิทยาไม่เพียงพอ และปัญหาการจ่ายเงินในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับงาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนและการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการควบคุมค่าใช้จ่าย เพื่อป้องกันความล่าช้าในโครงการประเภทเขื่อนและงานชลประทาน ทั้งนี้ผลการวิจัยยังได้นำเสนอแนวทางการควบคุมและลดความเสี่ยงจากปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานบริหารโครงการขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษา เครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงโครงสร้าง ได้แก่ เทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ซึ่งเป็นเทคนิควิเคราะห์เชิงตรรกะที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่นำไปสู่เหตุการณ์ไม่พึงประสงค์และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ใช้สำหรับจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

- สืบค้นและทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ งานวิจัย วิทยานิพนธ์ บทความวิชาการ และบทความวิจัย ที่ตีพิมพ์ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2566 โดยเลือกใช้เฉพาะแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น ฐานข้อมูลวิชาการ (เช่น TCI, ScienceDirect, Scopus, IEEE Xplore) วารสารวิชาการที่ได้รับการรับรอง เอกสารรายงานจากหน่วยงานภาครัฐและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการคมนาคมและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

- ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุของความล่าช้าและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตรงในการบริหารจัดการโครงการรถไฟฟ้าบนดินไม่น้อยกว่า 7 ปี จำนวน 5 คน จากทั้งฝั่งฝ่ายที่ปรึกษา และฝ่ายผู้รับเหมา ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง

3.1.2 สร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram)

นำข้อมูลปัจจัยเสี่ยงจากการทบทวนวรรณกรรมและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญมาสังเคราะห์และออกแบบแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงตรรกะของปัจจัยโดยการเชื่อมโยงเหตุการณ์ด้วยตรรกศาสตร์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ หาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

3.1.3 ออกแบบแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูล

ดำเนินการออกแบบแบบสอบถามโดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ได้แก่ การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดตามแนวทางเทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) และการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงโดยใช้ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) โดยดำเนินการดังนี้

1. นำปัจจัยย่อยที่ไม่สามารถแจกแจงได้ ที่ได้จากแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด มาพัฒนาเป็นแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด โดยสอบถามผู้มีประสบการณ์ตรงในงานควบคุมการก่อสร้างรถไฟฟ้าช่วงบนดิน ประกอบด้วย โครงการรถไฟฟ้า สายสีชมพู สายสีเหลือง และสายสีม่วง โดยเน้นให้ผู้ตอบประเมินความถี่ที่เคยประสบกับแต่ละปัจจัยเสี่ยงในระดับ 5 (ตั้งแต่ “ไม่เคยเกิดเลย” จนถึง “เกิดขึ้นบ่อยมาก”) จำนวน 45 คน

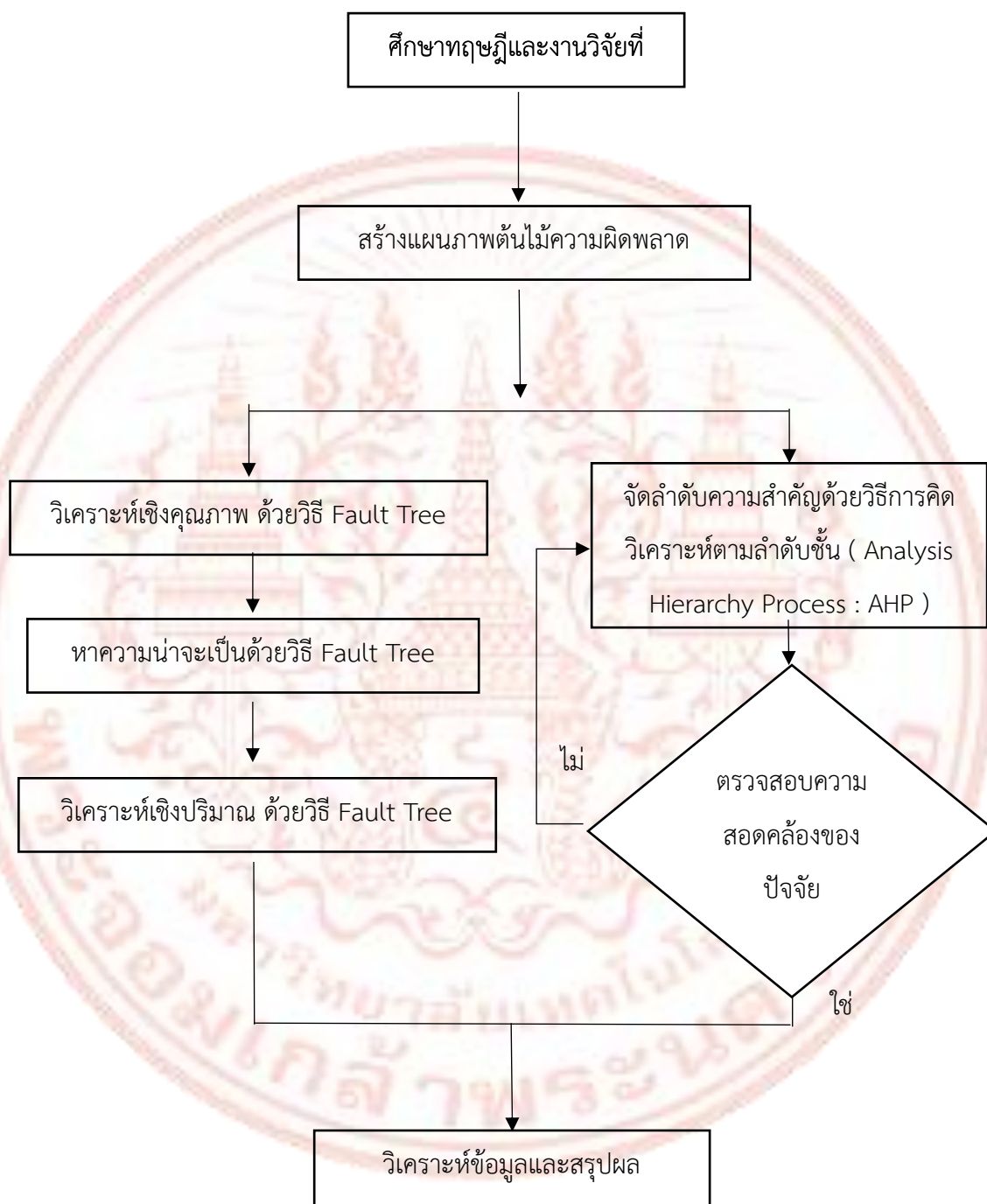
2. นำปัจจัยเสี่ยงที่ได้จากแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด มาจัดลำดับความสำคัญโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ผ่านการออกแบบแบบสอบถามในรูปแบบ การเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) เพื่อวัดความสำคัญสัมพัทธ์ของปัจจัยแต่ละคู่ โดยกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้บริหารโครงการ เช่น ผู้จัดการโครงการ วิศวกรผู้โครงการ และผู้ประเมินผลโครงการ ที่มีประสบการณ์ในระดับการตัดสินใจและกำกับดูแลโครงการไฟฟ้าช่วงบนดิน สายสีชมพู สายสีเหลือง และสายสีม่วง จำนวน 10 คน

3.1.4 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) โดย นำข้อมูลค่าความถี่ในการเกิดของปัจจัยจากแบบสอบถามมาคำนวณค่าความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่มีผลต่อการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

2. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Analytic Hierarchy Process (AHP) โดยนำผลจากแบบสอบถามเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) มาสร้างตารางเมทริกซ์ และดำเนินการคำนวณหาค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของปัจจัยเสี่ยงแต่ละรายการ พร้อมทั้งตรวจสอบค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และใช้ผลลัพธ์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงจากมากไปหาน้อย

3. นำผลการวิเคราะห์จากทั้งสองวิธีมาทำการ เปรียบเทียบเชิงสัมพันธ์ เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยใดที่ควรให้ความสำคัญทั้งในเชิงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นบ่อย และเชิงความสำคัญที่มีผลกระทบต่อโครงการ



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภูมิวิธีการวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 การรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

สืบค้นและทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ งานวิจัย วิทยานิพนธ์ บทความวิชาการ และบทความวิจัย ที่ตีพิมพ์ระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2566 โดยเลือกใช้เฉพาะแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ตรงในการบริหารจัดการโครงการรถไฟฟ้าช่วงบนดินไม่น้อยกว่า 7 ปี จำนวน 5 คน จากทั้งฝั่งฝ่ายที่ปรึกษา และฝ่ายผู้รับเหมา

3.2.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)

ผู้มีประสบการณ์ตรงในงานควบคุมและบริหารโครงการรถไฟฟ้าจำนวน 45 คน ได้แก่ ตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรภาคสนาม วิศวกรสำนักงาน มีประสบการณ์ในโครงการก่อสร้างสายสีชมพู 15 คน สายสีเหลือง 15 คน และสายสีม่วง 15 คน ซึ่งเป็นโครงการที่มีลักษณะโครงสร้างบนดิน

3.2.3 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ Analysis Hierarchy Process (AHP)

ผู้บริหารระดับสูงที่มีประสบการณ์ในการวางแผนและกำกับการดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าโครงการก่อสร้างสายสีชมพู สายสีเหลือง หรือสายสีม่วงซึ่งเป็นโครงการที่มีลักษณะโครงสร้างบนดิน มีประสบการณ์ในงานบริหารโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 5 ปี ตำแหน่งเป็น ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรต้นทุน จำนวน 10 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีประสบการณ์ตรงจากการทำงานในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในระดับวิศวกร โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับการให้น้ำหนักของปัจจัยความเสี่ยง ซึ่งผลลัพธ์จากส่วนนี้จะนำไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อระบุว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อโครงการมากที่สุด

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการประเมินความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นไม้ข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) เพื่อหาค่าความถี่หรือโอกาสในการเกิดของปัจจัยย่อยซึ่งจะนำไปคำนวณความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าและค่าใช้จ่ายในโครงการ

3.3.1 สร้างแบบสอบถามเพื่อไปวิเคราะห์ระดับความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence: IOC)

จากการศึกษาสาเหตุของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า สามารถสรุปได้ดังนี้

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้

1.ปัจจัยด้านบุคลากร

- 1.1 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ
- 1.2 วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ
- 1.3 ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ
- 1.4 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ
- 1.5 วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง
- 1.6 ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์
- 1.7 การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ
- 1.8 การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร
- 1.9 การใช้แรงงานต่างชาติ มีปัญหาด้านวัฒนธรรมและภาษาในแรงงานต่างชาติ
- 1.10 การใช้แรงงานจากคนงานต่างด้าวทำให้เกิดปัญหาทางกฎหมาย
- 1.11 แรงงานย้ายไปทำงานที่ให้ค่าจ้างสูงกว่า
- 1.12 แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน
- 1.13 วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง
- 1.14 บุคลากรขาดขวัญกำลังใจ เนื่องจากค่าจ้างต่ำหรือไม่มีสวัสดิการที่ดี
- 1.15 ผู้ควบคุมงานไม่มีแรงจูงใจในการทำงาน
- 1.16 ขาดการอบรมเรื่องความปลอดภัยและอุปกรณ์ป้องกัน
- 1.17 ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก
- 1.18 บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก

2.ปัจจัยด้านเครื่องจักร

- 2.1 เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน
- 2.2 ขาดการบำรุงเครื่องจักร
- 2.3 เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง
- 2.4 เครื่องจักรเฉพาะทาง อะไหล่เครื่องจักรหายาก
- 2.5 การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท
- 2.6 ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร

- 2.7 คนขับหรือผู้ใช้งานไม่มีความชำนาญ
- 2.8 คนงานไม่ได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร
- 2.9 มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย
- 2.10 พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร
- 2.11 ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้
- 2.12 มีการหมุนเวียนเครื่องจักรของบริษัทบ่อย

3.ปัจจัยด้านวัสดุ

- 3.1 ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก
- 3.2 มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน
- 3.3 การคัดเลือกวัสดุที่ใช้งานจริงมีคุณภาพคุณสมบัติไม่ดี หรือไม่ตรงกับข้อกำหนดตามสัญญา
- 3.4 การทดสอบวัสดุที่ไม่เหมาะสมไม่ถูกต้องทำให้คุณสมบัติวัสดุไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
- 3.5 การจัดซื้อวัสดุหลายยี่ห้อที่เป็นสินค้าชนิดเดียวกัน ยากต่อการควบคุมคุณภาพ
- 3.6 วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม
- 3.7 ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้
- 3.8 ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ
- 3.9 วัสดุก่อสร้างเป็นวัสดุแบบใหม่ที่ไม่เคยใช้มาก่อน
- 3.10 การเปลี่ยนวัสดุระหว่างโครงการทำให้เกิดปัญหาการติดตั้ง

4.ปัจจัยด้านการจัดการ

- 4.1 วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน
- 4.2 วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน
- 4.3 แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน
- 4.4 แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา
- 4.5 ใช้วิธีการแบบดั้งเดิมที่ล้าสมัย ส่งผลให้โครงการล่าช้า
- 4.6 ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง
- 4.7 วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน
- 4.8 ใช้วิธีการก่อสร้างที่ไม่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐานสากล
- 4.9 ขาดคู่มือหรือแนวทางที่เป็นระบบ ทำให้แรงงานทำงานผิดพลาด
- 4.10 ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที
- 4.11 ไม่มีการติดตามความคืบหน้า

- 4.12 การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง
- 4.13 ความซับซ้อนของแบบทำให้ยากต่อการเข้าใจแบบก่อสร้าง
- 4.14 ขนาดเนื้อที่ของงานก่อสร้างมีขนาดใหญ่เกินไปยากต่อการควบคุมคุณภาพของงาน
- 4.15 ขาดการนำเทคโนโลยี BIM (Building Information Modeling) มาช่วยวางแผน
- 4.16 ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน
- 4.17 กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป
- 4.18 หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา
- 4.19 การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ
- 4.20 ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น
- 4.21 มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง
- 4.22 ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย
- 4.23 ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน
- 4.24 การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา
- 5.ปัจจัยด้านการเงิน
 - 5.1 ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า
 - 5.2 บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า
 - 5.3 ไม่มีงบสำรองเผื่อเหตุฉุกเฉิน ทำให้หากมีปัญหาจะไม่มีเงินแก้ไข
 - 5.4 วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน
 - 5.5 การบริหารเงินสดไม่ดี ทำให้ใช้เงินเกินตัว
 - 5.6 ไม่มีเครดิตดีพอ ทำให้กู้เงินเพิ่มไม่ได้
- 6.ปัจจัยด้านอื่นๆ
 - 6.1 การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน
 - 6.2 ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่
 - 6.3 ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค
 - 6.4 สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย
 - 6.5 มาตรการป้องกัน COVID-19
 - 6.6 เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม
 - 6.7 ปัญหาร้องเรียนจากชุมชนบริเวณการก่อสร้าง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้าฯ แยกออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้

1.ปัจจัยด้านบุคลากร

- 1.1 จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน

- 1.2 การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม
- 1.3 การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ
- 1.4 ค่าชดเชยแรงงานกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือหยุดงานชั่วคราว
- 1.5 ใช้แรงงานในการแก้ไขคุณภาพงาน
- 1.6 ค่าอบรมและพัฒนาทักษะแรงงานเฉพาะทาง

2.ปัจจัยด้านเครื่องจักร

- 2.1 การเช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น
- 2.2 ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร
- 2.3 ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร
- 2.4 การใช้เครื่องจักรในการแก้ไขคุณภาพงาน

3.ปัจจัยด้านวัสดุ

- 3.1 วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน
- 3.2 การใช้วัสดุมากเกินความจำเป็น
- 3.3 วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ
- 3.4 ค่าบริหารคลังวัสดุในช่วงวัสดุค้างสต็อกนานเกินไป
- 3.5 การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่
- 3.6 ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน
- 3.7 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขคุณภาพงาน

4.ปัจจัยด้านการจัดการ

- 4.1 การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ
- 4.2 ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ
- 4.3 การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ
- 4.4 ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ
- 4.5 การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน
- 4.6 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน
- 4.7 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ/ทดสอบซ้ำ
- 4.8 มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเพิ่มเติม
- 4.9 ค่าใช้จ่ายในการจ้างที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
- 4.10 ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง
- 4.11 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา

5.ปัจจัยด้านการเงิน

5.1 ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร

5.2 การเบิกเงินเกินผลงานและผู้รับเหมาช่วงทำงาน

6.ปัจจัยด้านอื่นๆ

6.1 การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน

6.2 การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา

6.3 ราคาวัสดุผันผวน

6.4 การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ

6.5 มาตรการป้องกัน Covid

6.6 มาตรการป้องกัน ฝุ่น

6.7 ค่าชดเชยประชาชนหรือผู้ประกอบการบริเวณไซต์งาน

สร้างแบบสอบถามที่ได้จากการรวบรวมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าและนำปัจจัยดังกล่าวไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบความเหมาะสม ใช้กระบวนการให้คะแนนเชิงตรรกะเชิงเนื้อหาโดยหาค่าความสอดคล้องกันระหว่างข้อความแต่ละข้อกับ วัตถุประสงค์ (Index of item Objective Congruence หรือ IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \text{ ----- สมการที่ 3.1}$$

เมื่อ $\sum R$ แทนผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับเกณฑ์การตัดสินดังนี้

+1 หมายถึง คำถามนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

-1 หมายถึง คำถามนี้ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

เกณฑ์การแปลความหมายของค่านี้

ค่า $IOC < 0.50$ หมายความว่า คำถามนั้นอาจจะไม่ได้ตรงกับวัตถุประสงค์การวิจัย

ค่า $IOC \geq 0.50$ หมายความว่า คำถามนั้นสามารถใช้ได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

สำหรับการคัดเลือกคำถามในขั้นถัดไป ค่า IOC ต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 จึงสามารถนำ “ปัจจัย” ไปใช้สร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree) และแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อไป ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องจะแสดงในภาคผนวก จ

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การสืบค้นและทบทวนวรรณกรรม และ สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้วยตัวเอง เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า ผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนภาพ Fault Tree เบื้องต้นไว้ล่วงหน้าโดยใช้เป็นเครื่องมือประกอบการสนทนาเพื่อช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถวิเคราะห์และสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ การสัมภาษณ์เปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับประเด็นที่พบเจอจริงในแต่ละโครงการ โดยเน้นให้ครอบคลุมทั้งปัจจัยด้านการบริหารจัดการ แรงงาน วัสดุ อุปกรณ์ การออกแบบ การควบคุมงาน และปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เพื่อให้ได้ภาพรวมของความเสี่ยงในงานก่อสร้างที่ชัดเจนและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

3.4.2 การคัดเลือกกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ตรงในการทำงานในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยเฉพาะในตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและควบคุมงาน ได้แก่ วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม และวิศวกรสำนักงาน

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งกระบวนการวิเคราะห์ออกเป็น 2 แนวทางหลัก ตามลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมดังนี้

3.5.1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยวิธีวิเคราะห์ต้นไม้ข้อบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละปัจจัยย่อยและนำมาคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets)

3.5.2. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ข้อมูลจากแบบสอบถามส่วนที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยความเสี่ยง จะถูกนำมาจัดทำเป็น Pairwise Comparison Matrix เพื่อหาค่าน้ำหนักสัมพัทธ์ของแต่ละปัจจัย จากนั้นจะดำเนินการตรวจสอบค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) ของแบบสอบถามแต่ละชุดเพื่อให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือของข้อมูล ก่อนนำไปสรุปค่าความสำคัญรวมของแต่ละปัจจัย

3.5.3. นำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบ วิเคราะห์ร่วมกัน และสังเคราะห์เพื่อระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้า



บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า

จากการ สืบค้น ทบทวนวรรณกรรม ประกอบกับการ สัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าได้ข้อสรุปดังนี้

4.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปัจจัยภายใน หมายถึง ที่หมายถึงปัจจัยที่เกิดจากการบริหารจัดการทรัพยากรภายในของผู้รับจ้างหรือผู้ดำเนินงานโครงการ ซึ่งอยู่ภายใต้ขอบเขตความรับผิดชอบและสามารถควบคุมได้โดยตรง ปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านเครื่องจักร ปัจจัยด้านวัสดุ ปัจจัยด้านการจัดการ และปัจจัยด้านการเงิน

- ปัจจัยด้านบุคลากร เช่น ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน บุคลากรขาดทักษะและประสบการณ์ที่เหมาะสม การขาดความร่วมมือระหว่างทีมงาน รวมถึงการลดลงของประสิทธิภาพการทำงานเนื่องจากความเหนื่อยล้าสะสม เป็นต้น โดยสามารถจำแนกได้เป็น 12 ปัจจัยย่อย

- ปัจจัยด้านเครื่องจักร เช่น จำนวนเครื่องจักรที่มีไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ความชำรุดบกพร่องของเครื่องจักร ข้อจำกัดของพื้นที่ก่อสร้างที่ส่งผลให้ไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 8 ปัจจัยย่อย

- ปัจจัยด้านวัสดุ เช่น ความไม่เพียงพอของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง การใช้วัสดุเกินกว่าที่ระบุไว้ในแผนงาน ความล่าช้าในการผลิตหรือการจัดส่งวัสดุจากผู้จัดจำหน่าย โดยสามารถจำแนกได้เป็น 6 ปัจจัยย่อย

- ปัจจัยด้านการจัดการ เช่น การวางแผนงานที่ไม่สอดคล้องกับสภาพหน้างาน ความล่าช้าในการจัดเตรียมหรืออนุมัติเอกสารสำคัญ ปัญหาด้านการสื่อสารภายในทีมงาน รวมถึงการบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในพื้นที่ก่อสร้าง โดยสามารถจำแนกได้เป็น 18 ปัจจัยย่อย

- ปัจจัยด้านการเงิน เช่น ปัญหาสภาพคล่องของเงินทุนหมุนเวียน การเบิกจ่ายงบประมาณล่าช้า การชำระเงินล่าช้าให้กับผู้รับเหมาช่วงหรือผู้ขายวัสดุอุปกรณ์ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 ปัจจัยย่อย

2. ปัจจัยภายนอก หมายถึง ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้ดำเนินโครงการ ซึ่งมักเป็นผลมาจากการตัดสินใจหรือการดำเนินงานของหน่วยงานเจ้าของงาน รวมถึงเหตุการณ์

ภายนอกที่ไม่สามารถคาดการณ์หรือควบคุมได้ เช่น ภัยธรรมชาติหรือสถานการณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

- ปัจจัยที่เกิดจากหน่วยงานเจ้าของงานหรือหน่วยงานภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหรือคำสั่งเพิ่มเติมในระหว่างดำเนินงาน การส่งมอบพื้นที่ล่าช้าหรือไม่เป็นไปตามแผน โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 ปัจจัยย่อย

- ปัจจัยที่เกิดจากภัยธรรมชาติหรือเหตุสุดวิสัย เช่น แผ่นดินไหว เหตุการณ์แพร่ระบาดของโรค (เช่น COVID-19) หรือสภาพอากาศที่แปรปรวนอย่างรุนแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องของงานก่อสร้าง โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 ปัจจัยย่อย

4.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น จากการรวบรวมข้อมูลและสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการบริหารโครงการ และ ปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยตรง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการบริหารโครงการ หมายถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการบริหารจัดการทรัพยากรของผู้รับเหมาโครงการ ซึ่งอยู่ภายใต้ขอบเขตความรับผิดชอบของผู้รับเหมาและสามารถควบคุมได้โดยตรง โดยปัจจัยดังกล่าวมีลักษณะเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนหรือเร่งรัดกระบวนการก่อสร้าง เพื่อชดเชยปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน เช่น

- ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน เช่น ค่าล่วงเวลา (OT) สำหรับแรงงาน ค่าจ้างแรงงานเพิ่มพิเศษ ค่าจัดหาเครื่องจักรและวัสดุเพิ่มเติม หรือค่าเช่าเครื่องจักรเร่งรัดงาน โดยสามารถแบ่งได้อีก 18 ปัจจัยย่อย

- ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขคุณภาพงาน เช่น ค่ารื้อถอนและแก้ไขงาน ค่าตรวจสอบซ้ำ ค่าทดสอบทางเทคนิคเพิ่มเติม ค่าชดเชยวัสดุที่สูญเสียจากคุณภาพต่ำ โดยสามารถแบ่งได้อีก 6 ปัจจัยย่อย

- ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากความล่าช้า เช่น ค่าปรับล่าช้าจากสัญญา (Liquidated Damages) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (ค่าสูญญประโยชน์) ที่เพิ่มตามระยะเวลาที่ขยายออกไป รวมถึงการบริหารโครงการที่ต้องขยายเวลา โดยสามารถแบ่งได้อีก 2 ปัจจัยย่อย

2. ปัจจัยภายนอก หมายถึง ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของผู้รับจ้างหรือผู้ดำเนินโครงการ ซึ่งมักเป็นผลมาจากการตัดสินใจของหน่วยงานเจ้าของงาน การเปลี่ยนแปลงนโยบายหรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ เช่น ภาวะเศรษฐกิจผันผวนหรือภัยธรรมชาติ โดยสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหรือคำสั่งของเจ้าของงานระหว่างการดำเนินการโครงการ เช่น การสั่งแก้ไขแบบ การสั่งหยุดงานชั่วคราว หรือการส่งมอบพื้นที่ล่าช้ากว่ากำหนด โดยสามารถจำแนกได้อีก 2 ปัจจัยย่อย

- ภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลง เช่น ความผันผวนของราคาวัสดุก่อสร้าง อัตราเงินเฟ้อที่ส่งผลต่อค่าจ้างแรงงานหรือค่าวัสดุ ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งที่เพิ่มสูงขึ้น และอัตราแลกเปลี่ยนที่กระทบต่อราคาสินค้าวัสดุนำเข้า โดยสามารถจำแนกได้อีก 2 ปัจจัยย่อย

- สภาพภูมิอากาศหรือภัยธรรมชาติที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ฝนตกหนักต่อเนื่อง น้ำท่วมในพื้นที่ก่อสร้าง แผ่นดินไหว หรือเหตุการณ์ภัยพิบัติอื่น ๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องและต้นทุนของโครงการ โดยสามารถจำแนกได้อีก 2 ปัจจัยย่อย

4.2 การสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram)

จากปัจจัยที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.1 สามารถนำปัจจัยต่าง ๆ มาสรุปและแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยได้ ดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 และนำมาสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(HE)		ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มขึ้น		
(IE1)	ระยะเวลาก่อสร้าง	ปัจจัยภายใน	OR	
(IE2)	เพิ่มขึ้น	ปัจจัยภายนอก		
(IE 11)	ปัจจัยภายใน	ปัจจัยด้านบุคลากร	OR	
(IE 12)		ปัจจัยด้านเครื่องจักร		
(IE 13)		ปัจจัยด้านวัสดุ		
(IE 14)		ปัจจัยด้านการจัดการ		
(IE 111)	ปัจจัยด้านบุคลากร	บุคลากรไม่เพียงพอ	OR	

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(IE 112)	ปัจจัยด้านบุคลากร (ต่อ)	บุคลากรขาด ประสบการณ์ ทักษะ	OR (ต่อ)	
(IE 113)		การใช้บุคลากร ต่างประเทศ		
(IE 114)		บุคลากรขาดความ รับผิดชอบ		
(IE 115)		ประสิทธิภาพลดลงจาก การทำงานหนัก		
(BE 1111)	บุคลากรไม่เพียงพอ	คนงาน หรือ ผู้รับเหมา ย่อย ไม่เพียงพอ	OR	
(BE 11121)		วิศวกรภาคสนาม ไฟร์ แมน ไม่เพียงพอ	AND	
(BE 11122)		ผู้บริหาร มีจำนวนไม่ เพียงพอ		
(BE 1121)	บุคลากรขาด ประสบการณ์ ทักษะ	คนงาน หรือ ผู้รับเหมา ย่อย ขาดความชำนาญ	OR	
(BE 11221)		วิศวกรภาคสนามหรือ ไฟร์แมน ขาดความเข้าใจ ในแบบก่อสร้าง	AND	
(BE 11222)		ผู้บริหาร ไม่มี ประสบการณ์		
(BE 1131)	การใช้บุคลากร ต่างประเทศ	การขาดแคลนผู้มีความ เชี่ยวชาญในประเทศ	OR	
(BE 1132)		การใช้แรงงานต่างด้าว มี ปัญหาในการสื่อสาร		

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 1141)	บุคลากรขาดความรับผิดชอบ	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	OR	
(BE 1142)		วิศวกรภาคสนามหรือโพรแมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง		
(BE 1151)	ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	OR	
(BE 1152)		บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก		
(IE 121)	ปัจจัยด้านเครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	OR	
(IE 122)		มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร		
(BE 12111)	จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	OR	
(IE 12112)		เครื่องจักรเสื่อมสภาพ		
(BE 1212)		ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	AND	
(BE 121121)	เครื่องจักรเสื่อมสภาพ	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	OR	

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 121122)	เครื่องจักรเสื่อมสภาพ (ต่อ)	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	OR (ต่อ)	
(BE 121123)		การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท		
(BE 1221)	มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	OR	
(BE 1222)		พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร		
(BE 1223)		ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้		
(IE 131)	ปัจจัยด้านวัสดุ	วัสดุไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	OR	
(IE 132)		รอการผลิตนาน หรือ ขนส่งล่าช้า		
(BE 1311)	วัสดุไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก	AND	
(BE 13121)		มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	OR	
(BE 13122)		วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม		
(BE 1321)	รอการผลิตนาน หรือ ขนส่งล่าช้า	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้	OR	

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 1322)	รอการผลิตนาน หรือ ขนส่งล่าช้า (ต่อ)	ใช้เวลาในการขนส่งนาน กว่าปกติ	OR (ต่อ)	
(IE 141)	ปัจจัยด้านการจัดการ	การวางแผนงาน	OR	
(IE 142)		ความล่าช้าในการ ดำเนินงานเอกสาร		
(IE 143)		ปัญหาในการสื่อสาร		
(IE 144)		การบริหารความเสี่ยง ด้านความปลอดภัย		
(IE 145)		ข้อบกพร่องด้านสัญญา ก่อสร้าง		
(IE 1411)	การวางแผนงาน	การวางแผนงานด้าน บุคลากร ไม่เหมาะสม	OR	
(BE 14121)		แผนการใช้เครื่องจักรไม่ สอดคล้องกับประเภท งาน		
(BE 14122)		แผนการใช้วัสดุไม่ตรง ตามปริมาณและช่วงเวลา		
(IE 1413)		การวางแผนขั้นตอนการ ก่อสร้าง ไม่เหมาะสม		
(BE 14111)	การวางแผนงานด้าน บุคลากร ไม่เหมาะสม	วางแผนกำลังคนไม่ สอดคล้องกับลักษณะ งาน	OR	
(BE 14112)		วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่ สอดคล้องกับงาน		

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

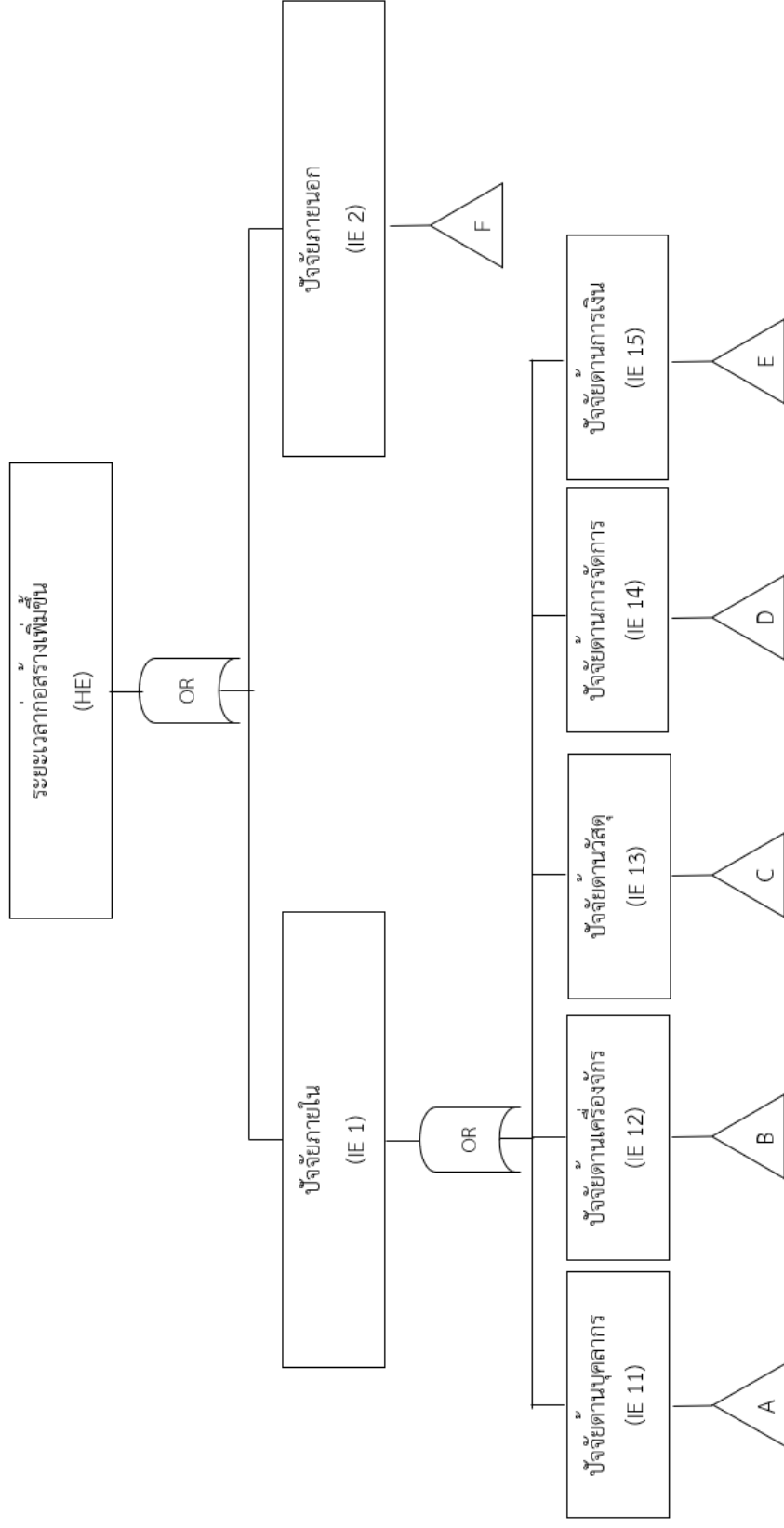
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 14131)	การวางแผนขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่เหมาะสม	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	OR	
(BE 14132)		วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน		
(BE 14133)		ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที		
(BE 14134)		ไม่มีการติดตามความคืบหน้า		
(BE 1421)	ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	OR	
(BE 1422)		ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน		
(BE 1423)		กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน		
(BE 1424)		หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา		
(BE 1431)	ปัญหาในการสื่อสาร	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	OR	
(BE 1432)		ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น		

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

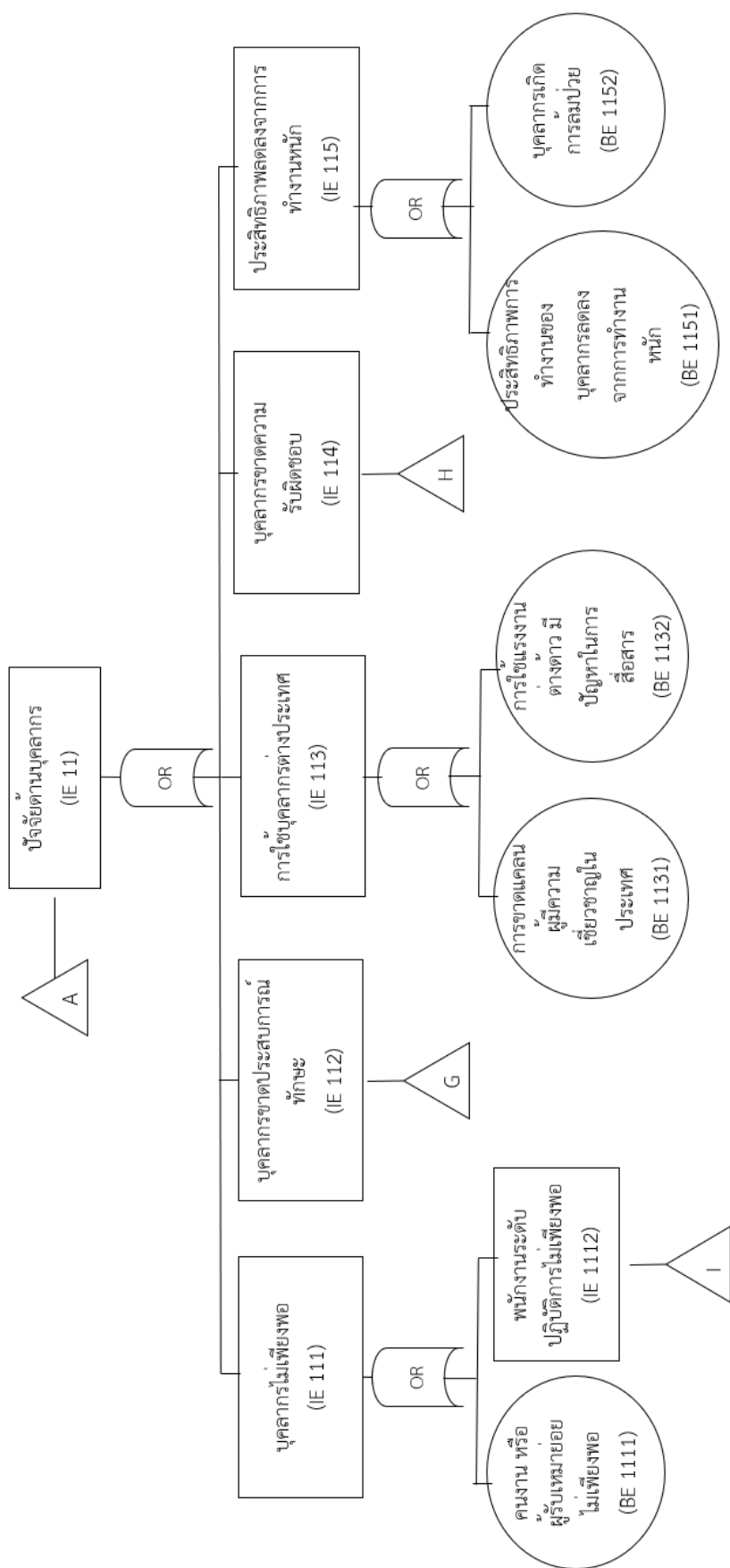
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 1441)	การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	OR	
(BE 1442)		ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย		
(BE 1451)	ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	OR	
(BE 1452)		การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา		
(BE 1511)	ปัจจัยด้านการเงิน	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	AND	
(BE 1512)		บริษัทขาดสภาพคล่องจ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า		
(BE 152)		วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	OR	
(IE 21)	ปัจจัยภายนอก	ปัญหาจากผู้ว่าจ้าง	OR	
(IE 22)		ปัญหาจากธรรมชาติ		
(BE 211)	ปัญหาจากผู้ว่าจ้าง	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	OR	
(BE 212)		ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่		

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

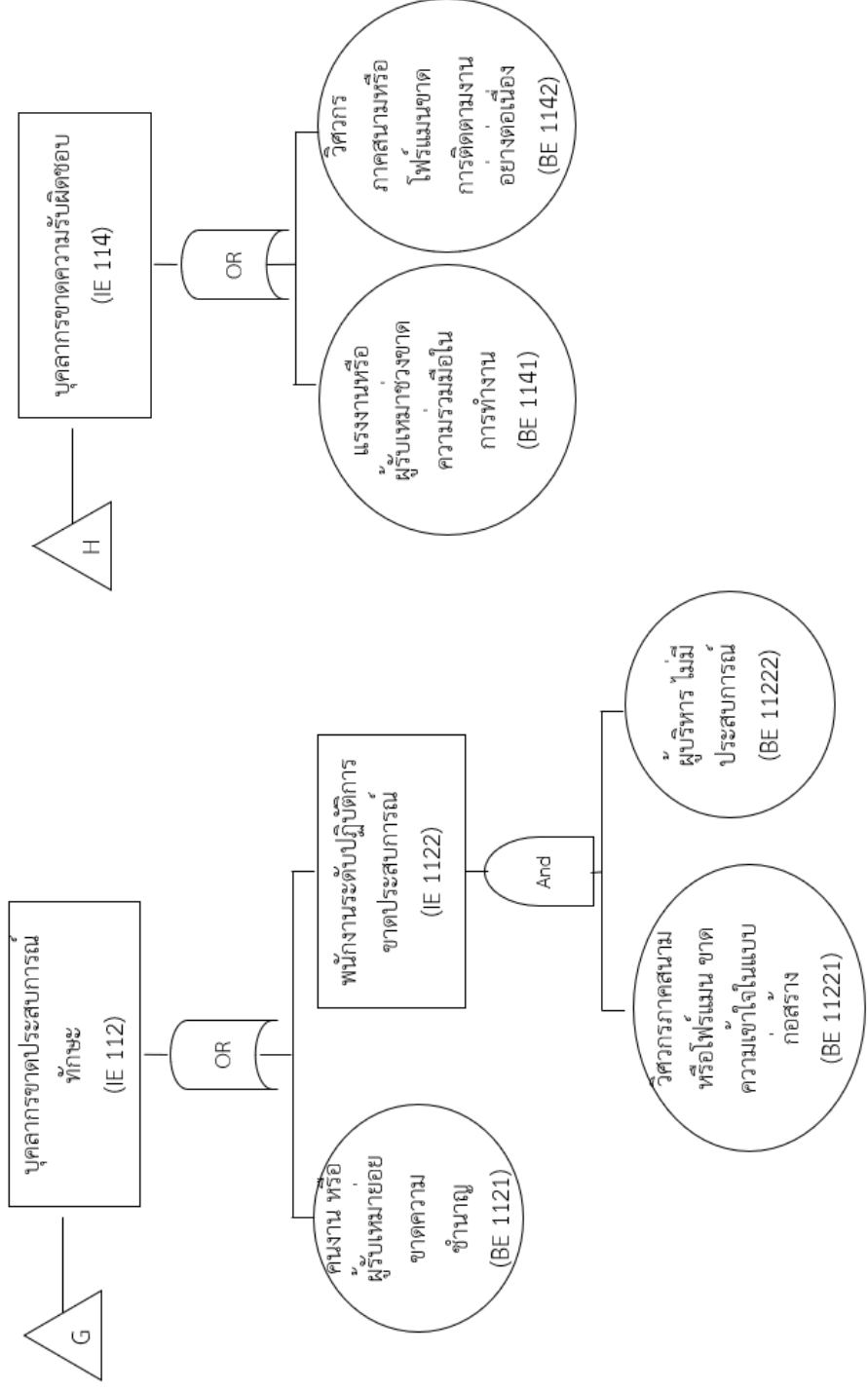
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 213)	ปัญหาจากผู้ว่าจ้าง (ต่อ)	ความล่าช้าในการย้าย/ จัดการระบบ สาธารณูปโภค	OR (ต่อ)	
(BE 221)	ปัญหาจากธรรมชาติ	สภาพอากาศไม่ เอื้ออำนวย	OR	
(BE 222)		มาตรการป้องกัน COVID-19		
(BE 223)		เหตุการณ์ไม่สงบหรือการ ชุมนุม		



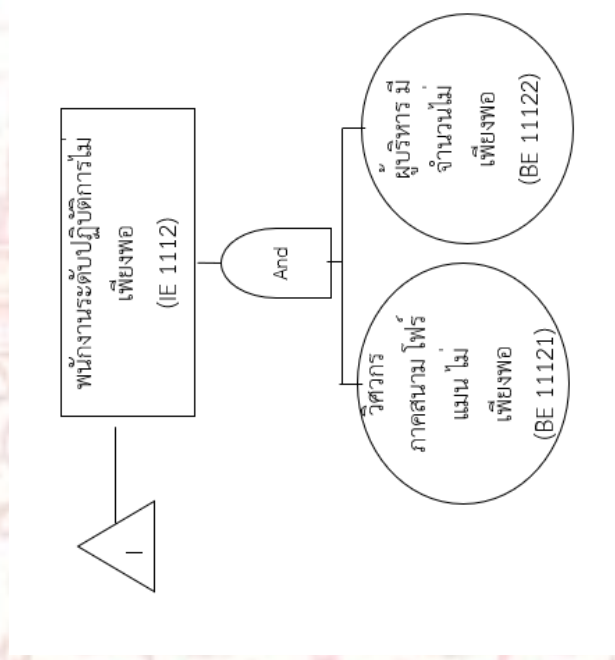
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ก.)



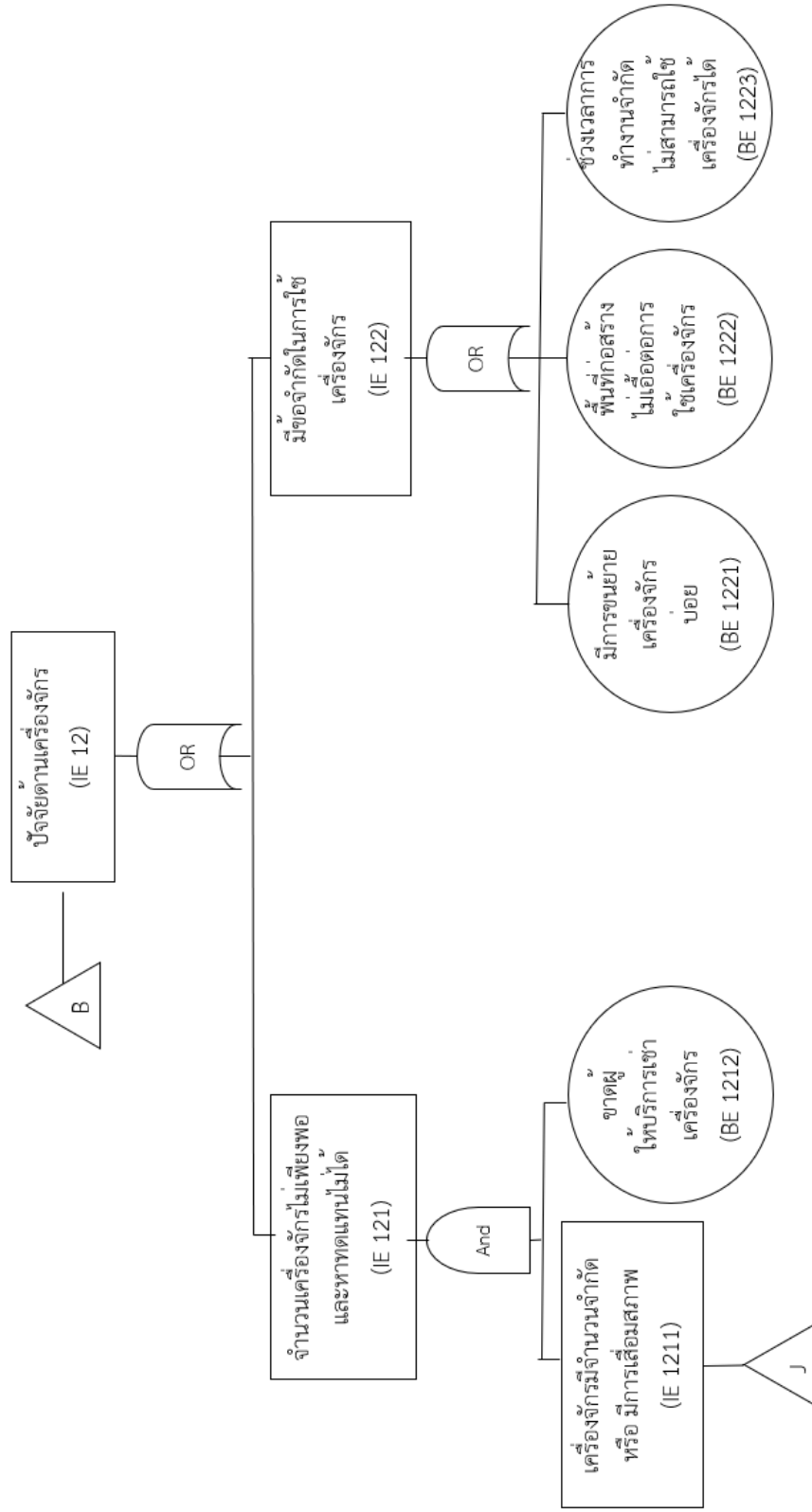
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของบ่งชี้ที่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ข.)



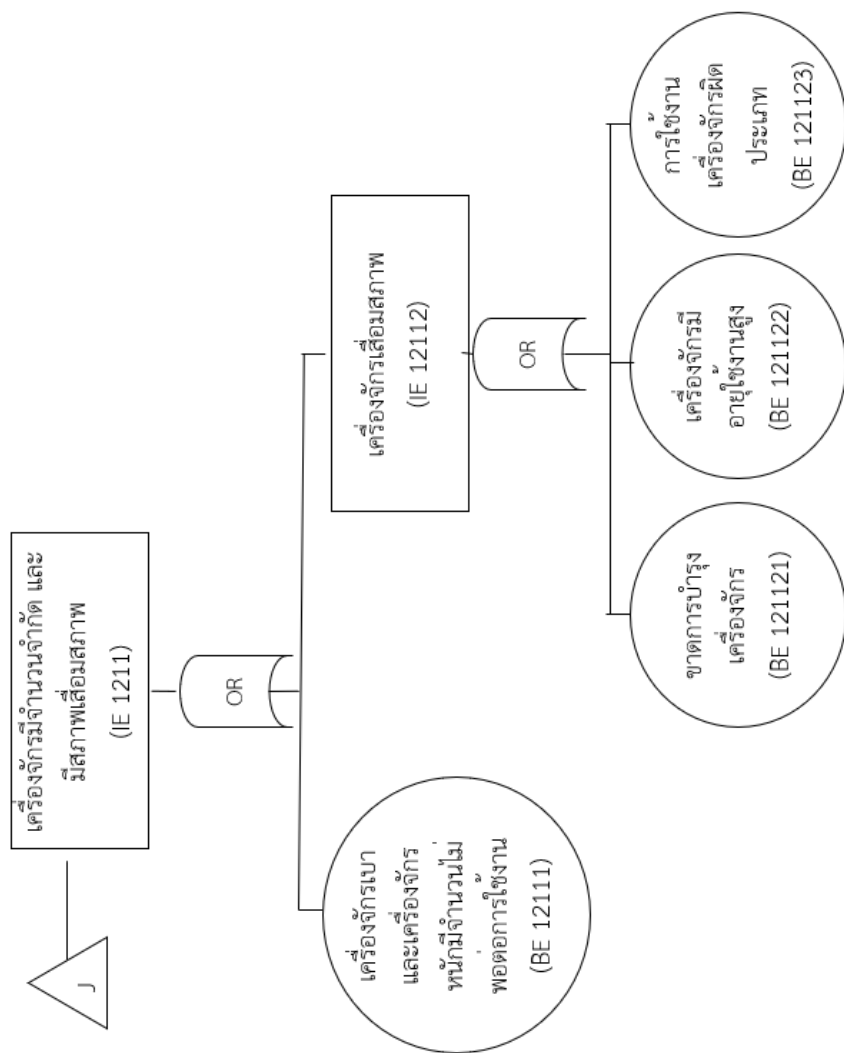
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ค.)



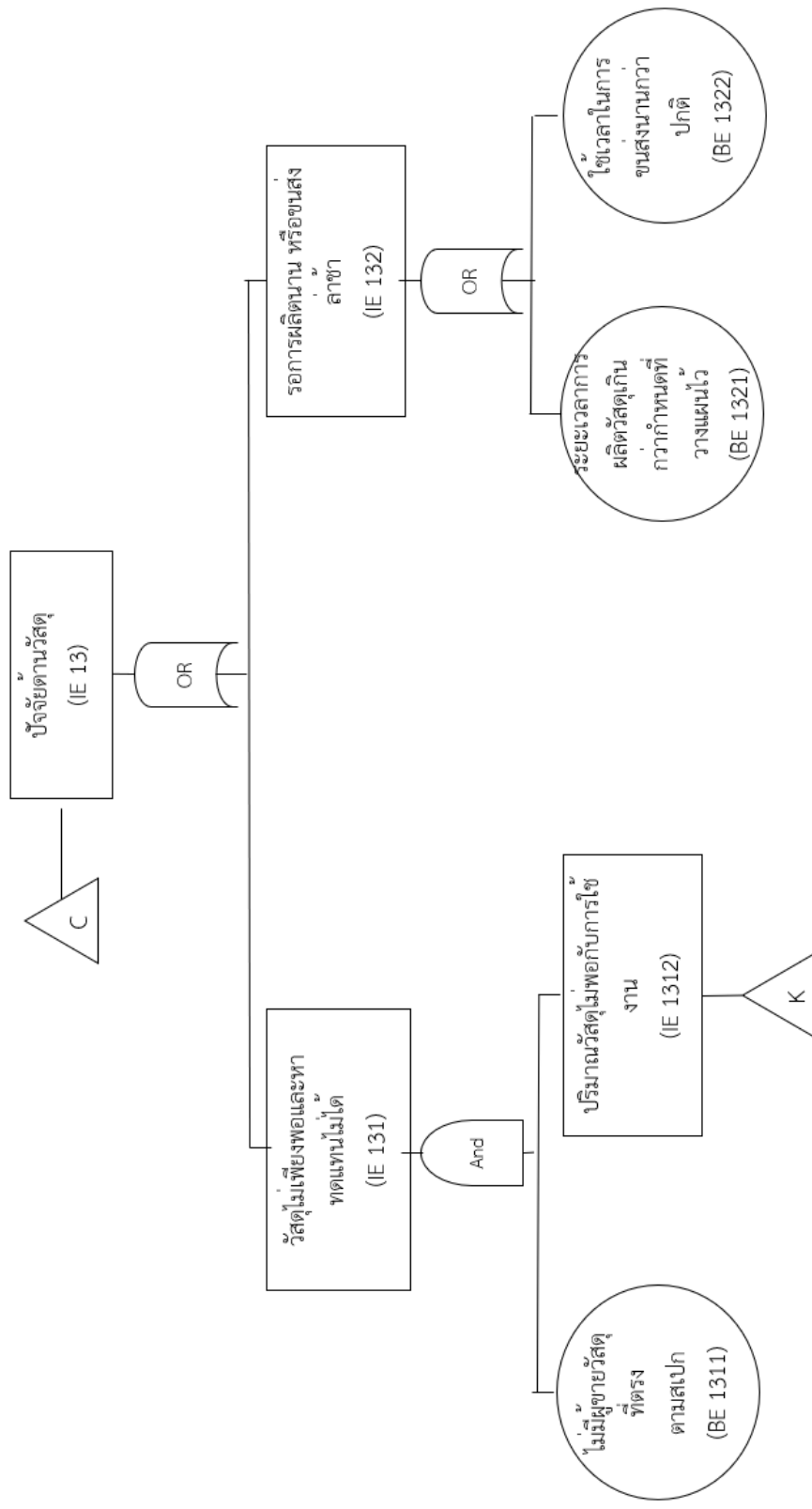
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ง.)



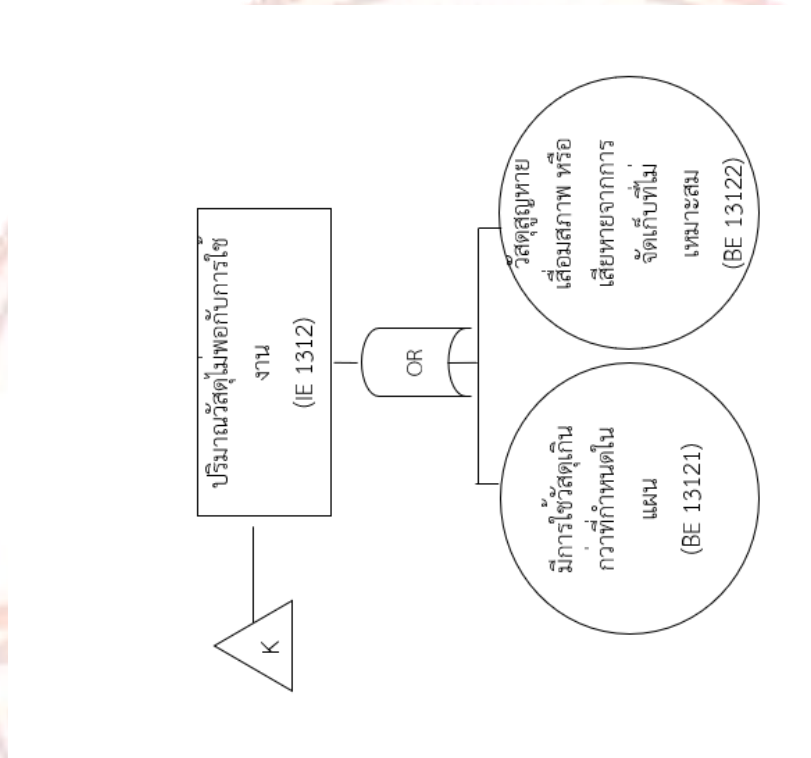
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (จ.)



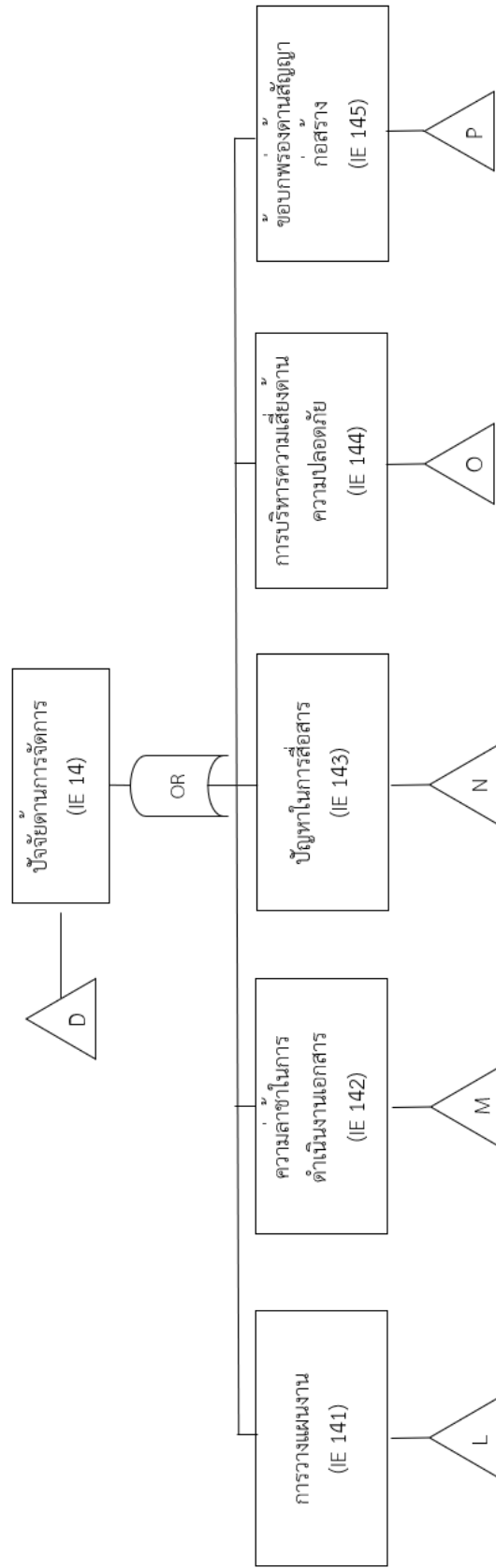
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ฉ.)



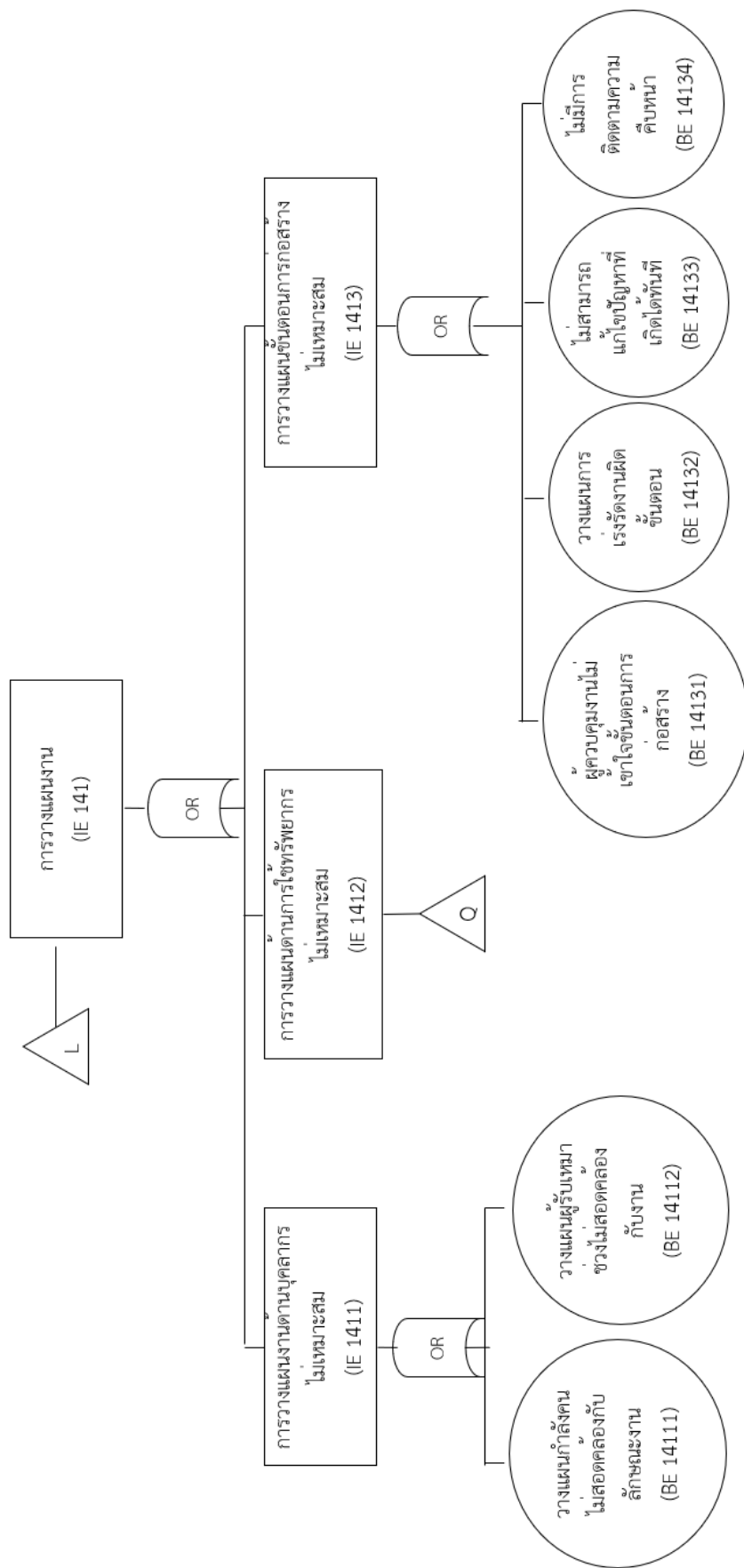
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ต.)



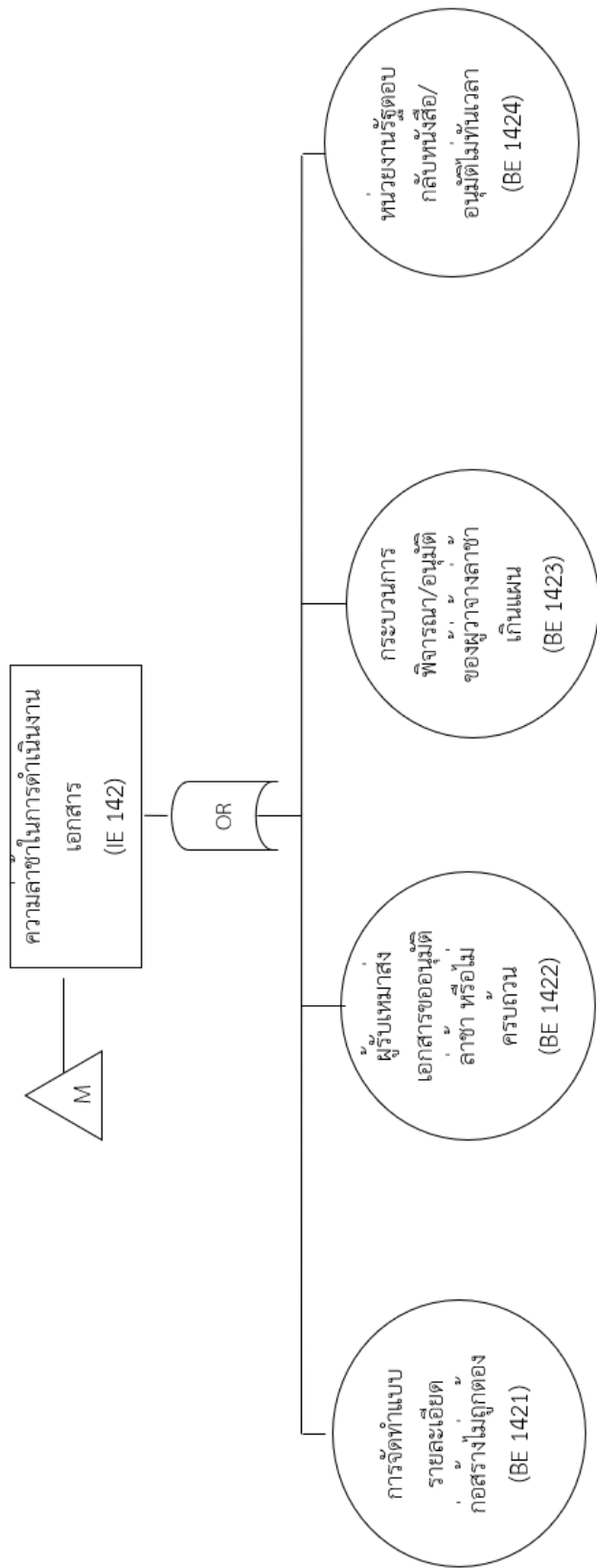
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างไฟฟ้า (ซ.)



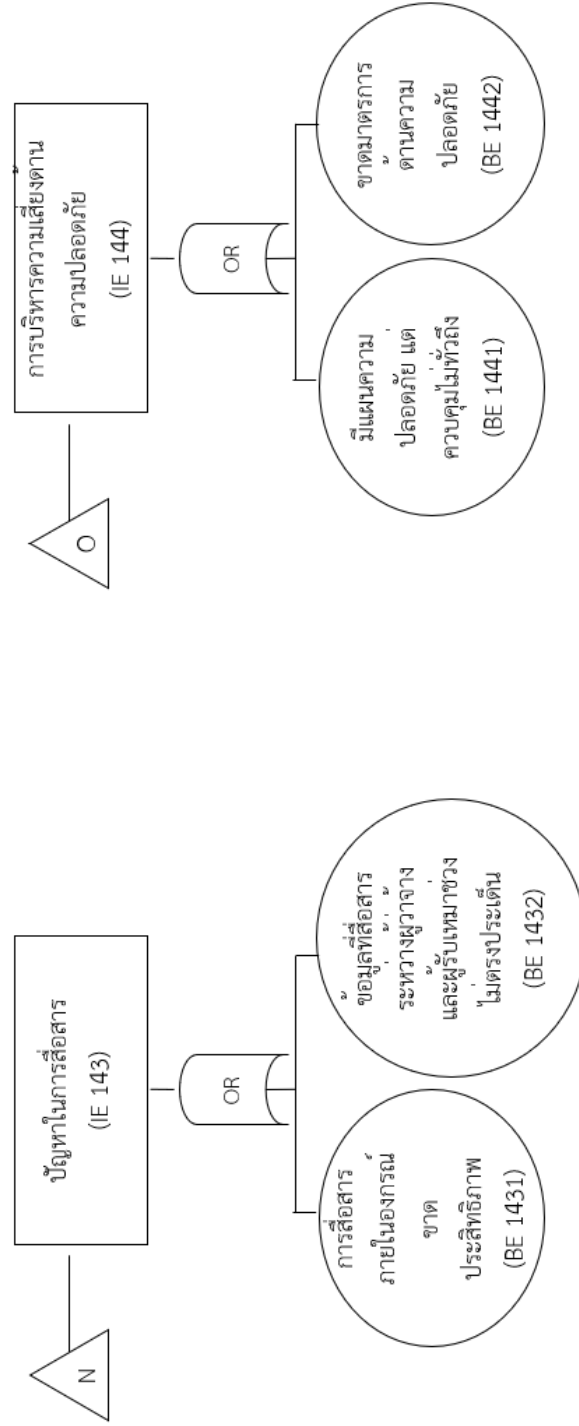
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการขยายเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ณ.)



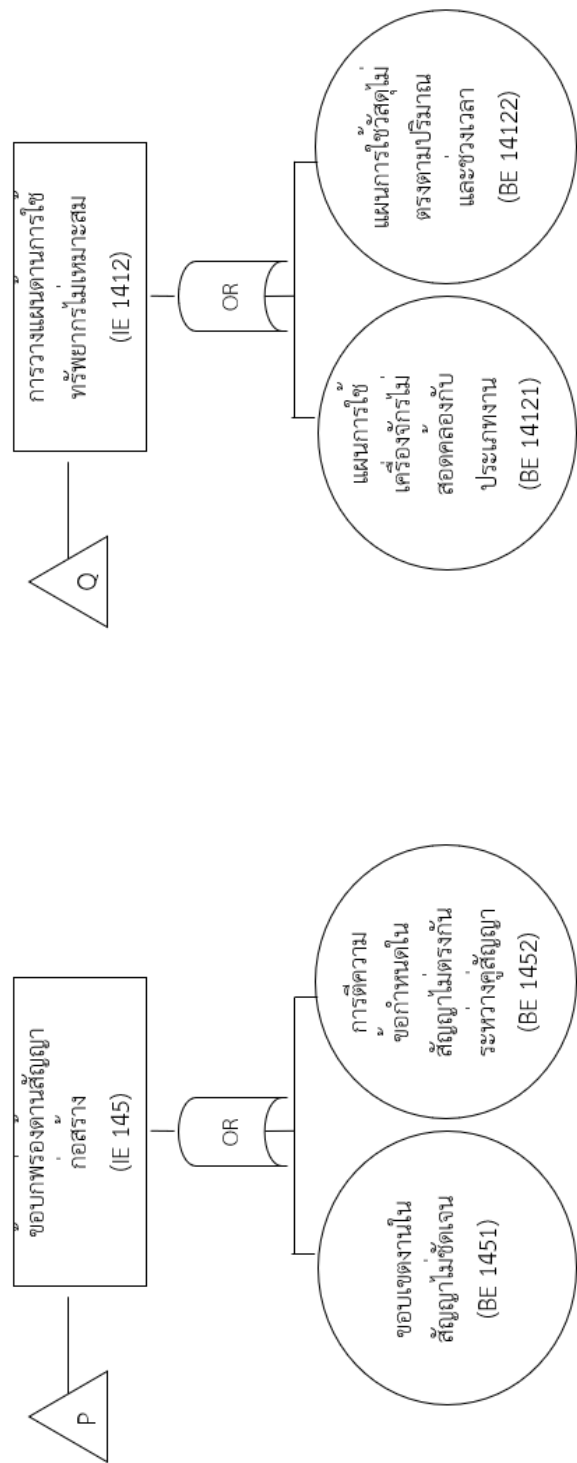
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ญ.)



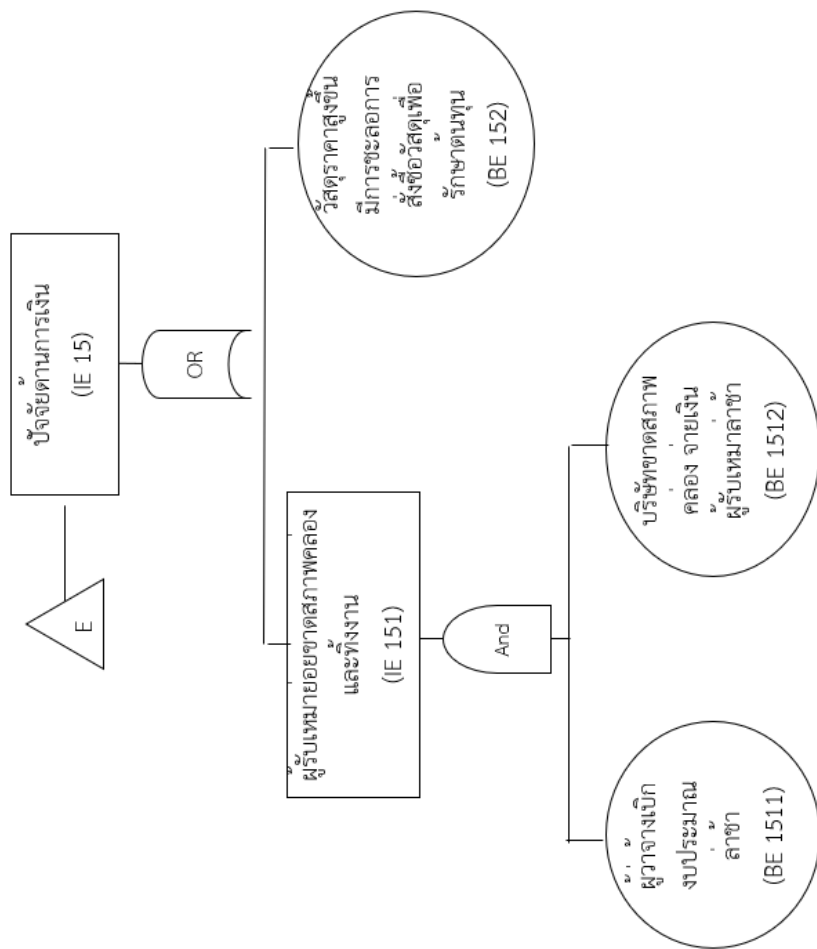
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ภ.)



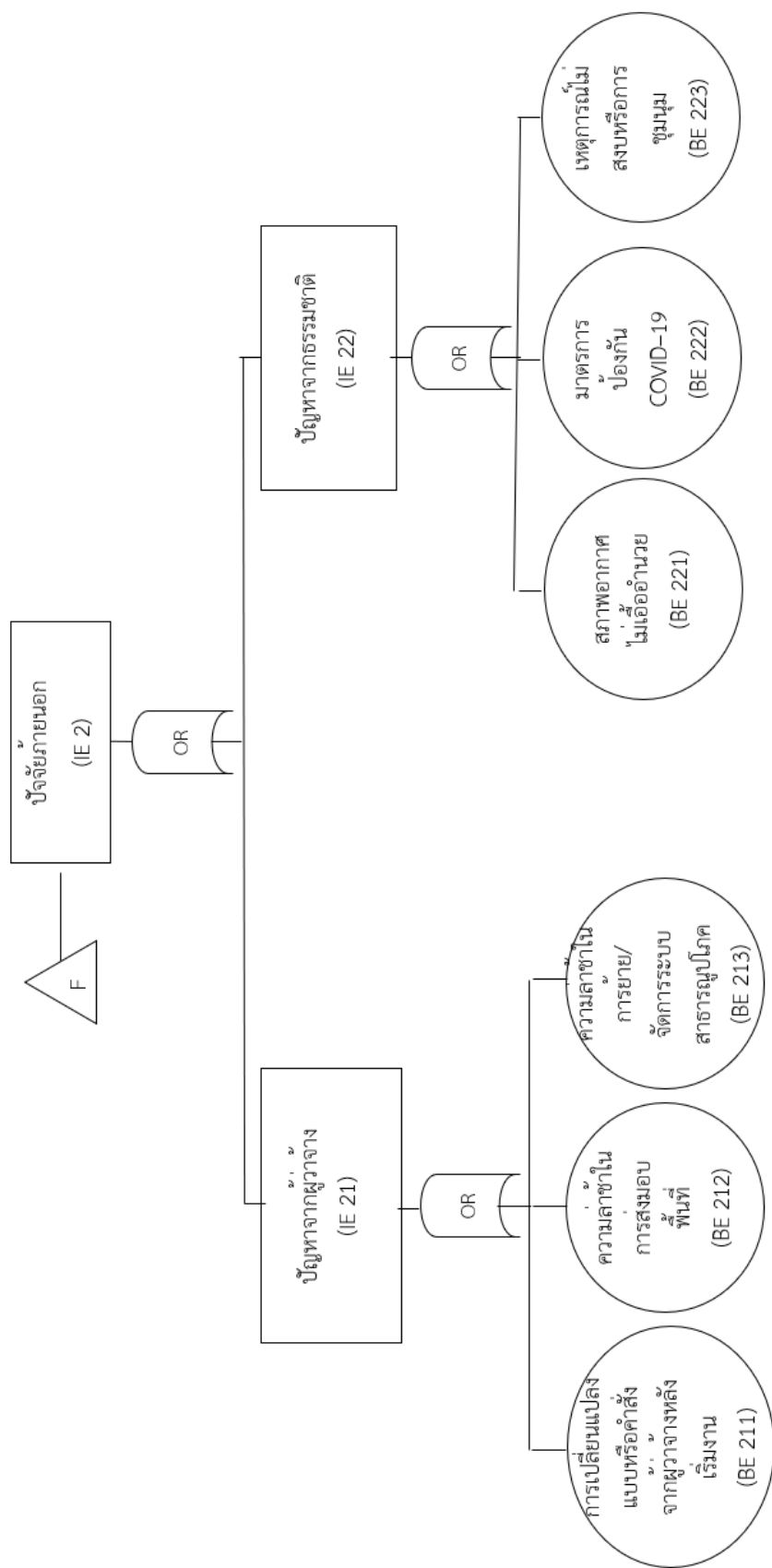
รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ญ.)



รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ฐ.)



รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ต.)



รูปที่ 4.1 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ต่อ.)

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(HE)'		ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างเพิ่มขึ้น		
(IE1)'	ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างเพิ่มขึ้น	การบริหารโครงการ	OR	
(IE2)'		ปัจจัยภายนอก		
(IE 11)'	ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างเพิ่มขึ้น	ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน	OR	
(IE 12)'		ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน		
(IE 13)'		ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า		
(IE 111)'	ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน	การจัดหาบุคลากรเพิ่ม	OR	
(IE 112)'		การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม		
(IE 113)'		การจัดหาวัสดุเพิ่ม		
(IE 114)'		กระบวนการทำงาน		
(IE 115)'		ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		
(BE 1111)'	การจัดหาบุคลากรเพิ่ม	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	OR	
(BE 1112)'		การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม		
(BE 1113)'		การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ		
(BE 1121)'	การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม	เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	OR	

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

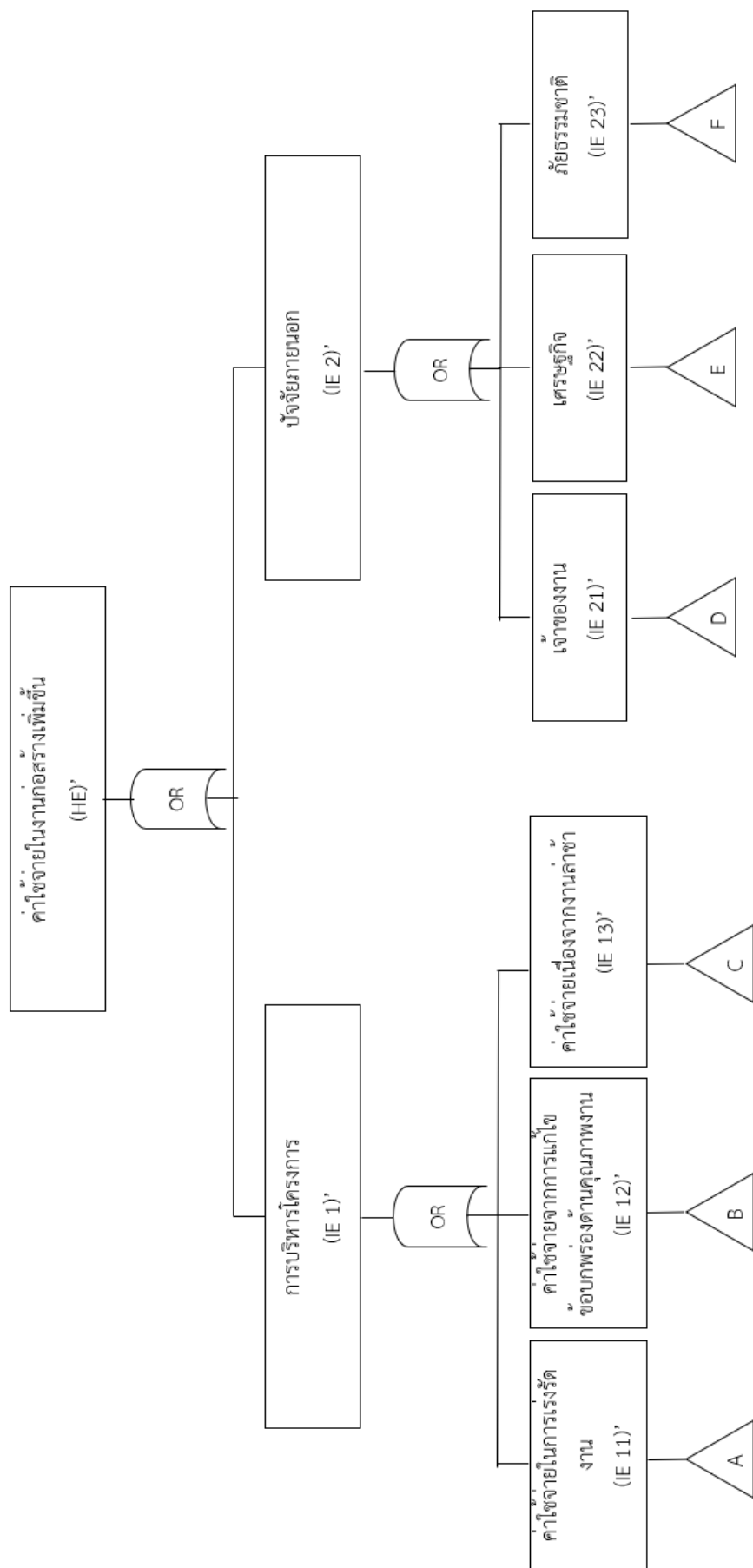
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 1122)'	การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม (ต่อ)	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	OR (ต่อ)	
(BE 1123)'		ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร		
(IE 1131)'	การจัดหาวัสดุเพิ่ม	การซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน	OR	
(BE 1132)'		การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่		
(BE 1133)'		ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน		
(BE 11311)'	การซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	OR	
(BE 11312)'		การใช้วัสดุมากเกินความจำเป็น		
(BE 11313)'		วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ		
(IE 1141)'	กระบวนการทำงาน	การเกิดอุบัติเหตุ	OR	
(BE 1142)'		การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ		
(BE 1143)'		ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ		
(BE 1144)'		การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน		

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

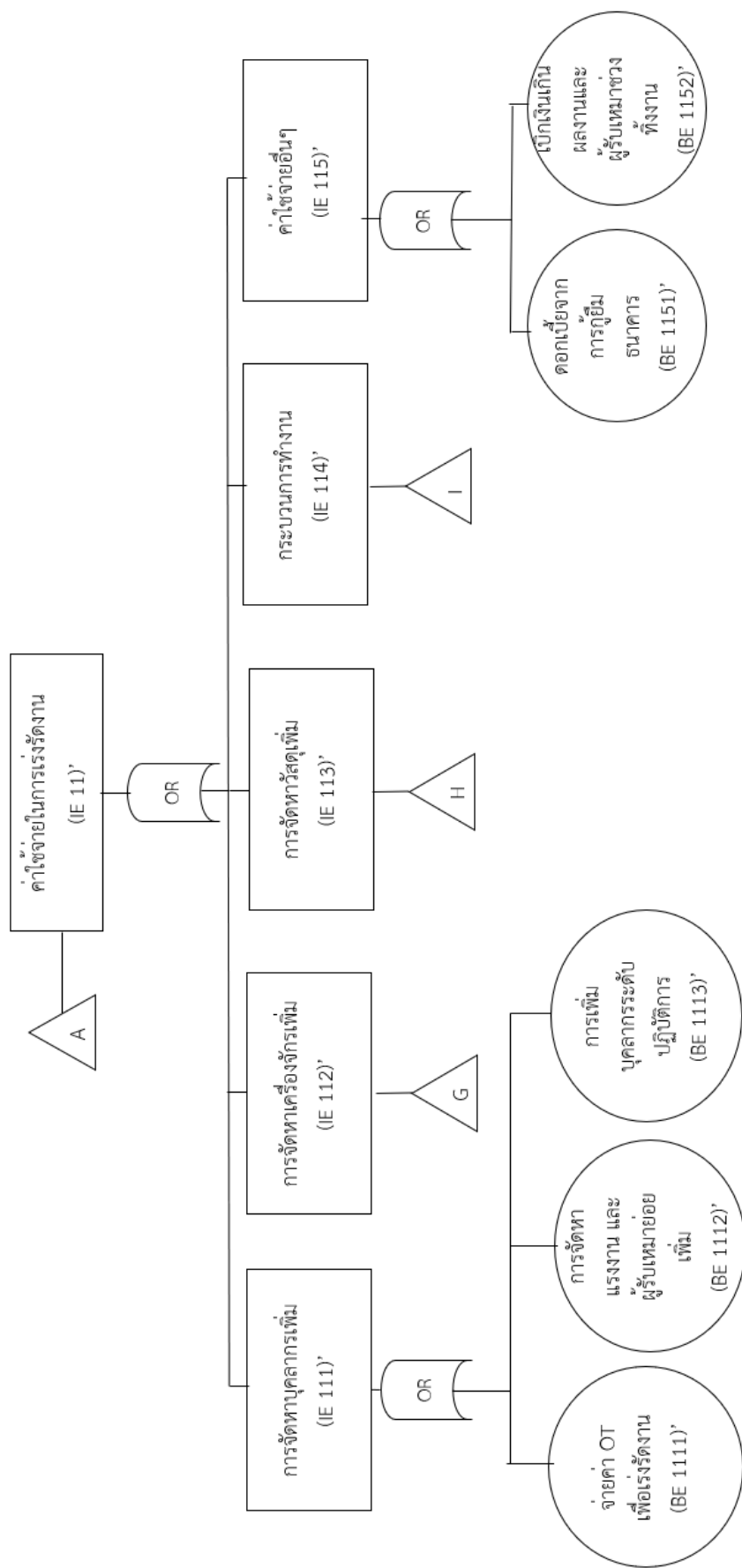
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(BE 11411)'	การเกิดอุบัติเหตุ	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	AND	
(BE 11412)'		ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ		
(BE 1151)'	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	OR	
(BE 1152)'		เบิกเงินเกินผลงานและได้รับเหมาช่วงทำงาน		
(BE 121)'	ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	OR	
(BE 122)'		ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน		
(BE 123)'		ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน		
(BE 124)'		การเปลี่ยนแปลงงานและเร่งรัดงาน		
(BE 125)'		ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเข้า/ทดสอบเข้า		
(BE 126)'		มาตรการป้องกันเพิ่มเติม		
(BE 131)'	ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	AND	
(BE 132)'		ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา		

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

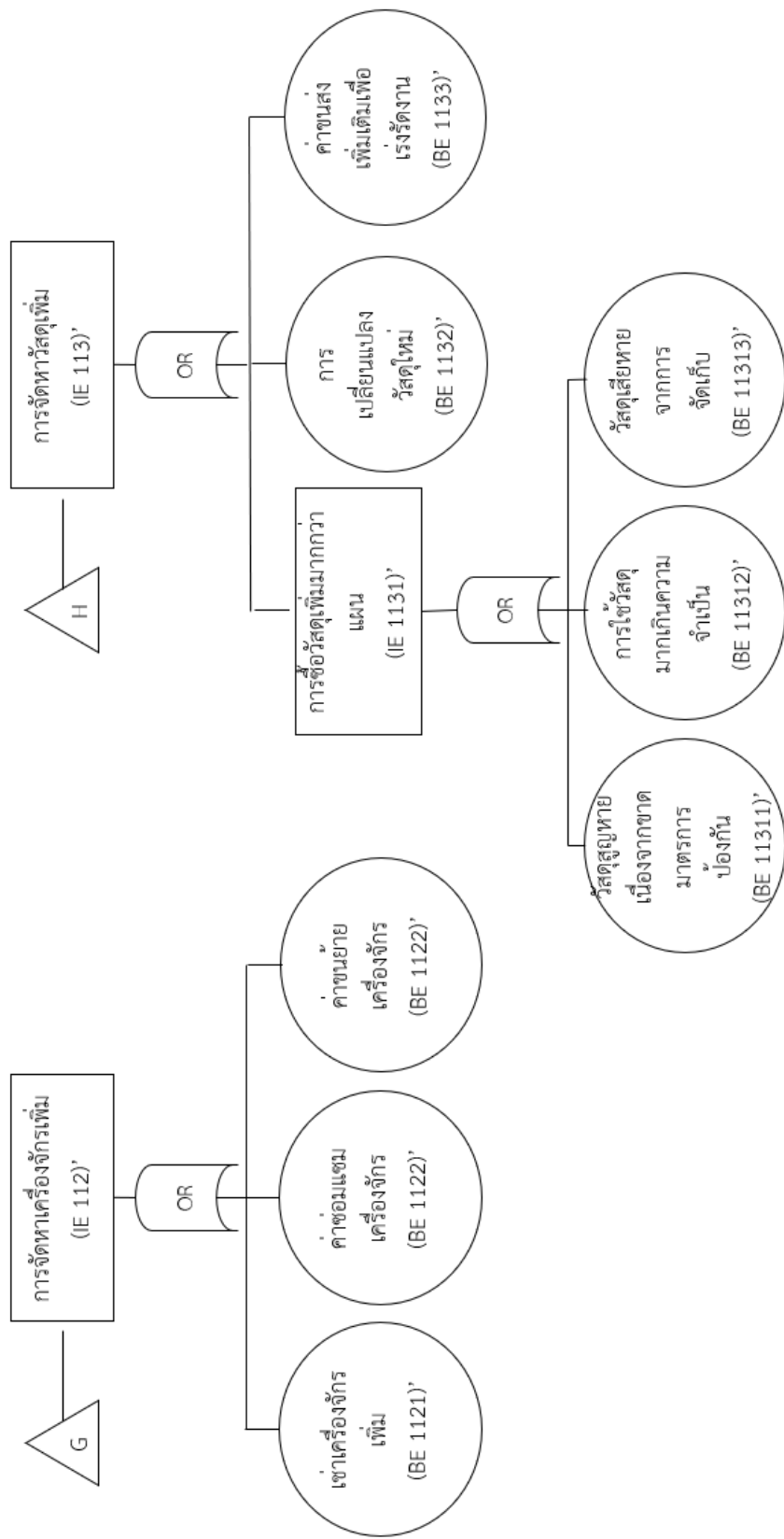
สัญลักษณ์	เหตุการณ์ก่อน	เหตุการณ์รอง	ความสัมพันธ์	หมายเหตุ
(IE 21)'	ปัจจัยภายนอก	เจ้าของงาน	OR	
(IE 22)'		เศรษฐกิจ		
(IE 23)'		ภัยธรรมชาติ		
(BE 211)'	เจ้าของงาน	การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	OR	
(BE 212)'		การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา		
(BE 221)'	เศรษฐกิจ	ราคาวัสดุผันผวน	OR	
(BE 222)'		การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ		
(BE 231)'	ภัยธรรมชาติ	มาตรการป้องกัน Covid	OR	
(BE 232)'		มาตรการป้องกัน ฝุ่น		



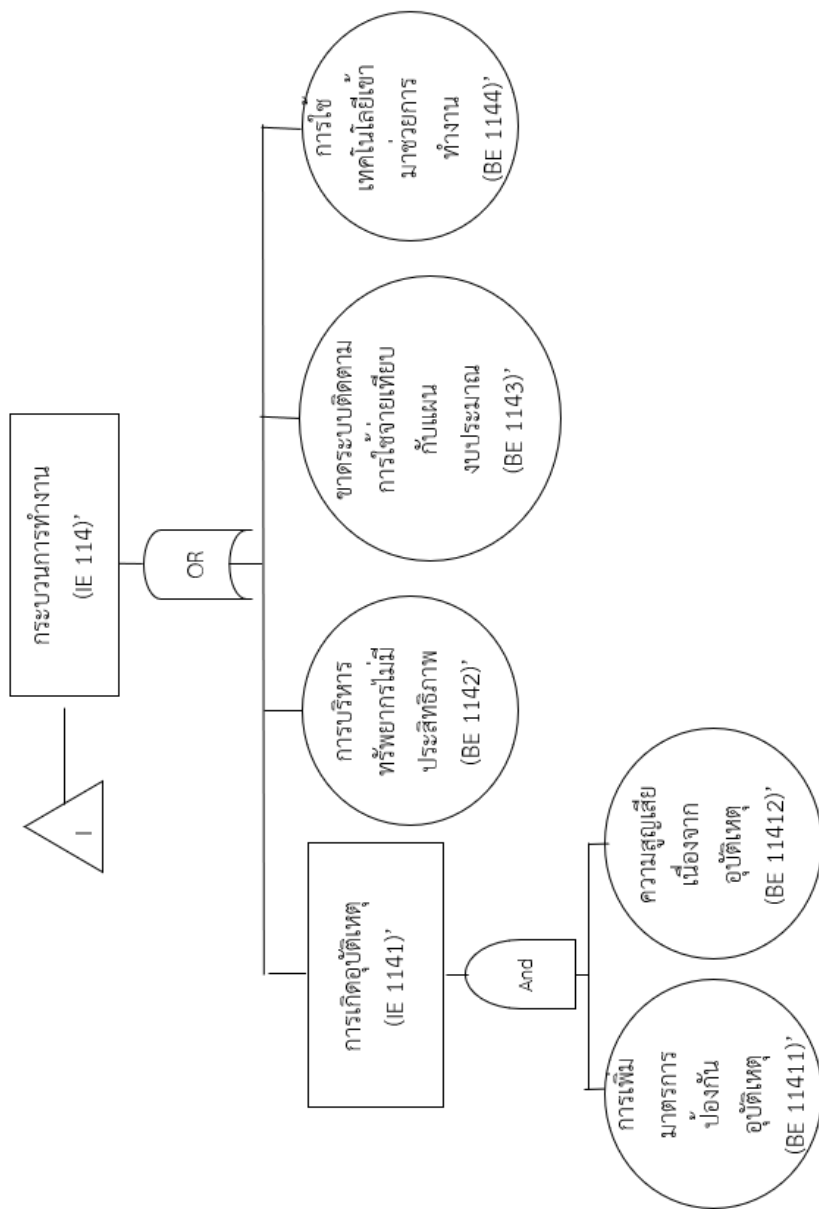
รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ก.)



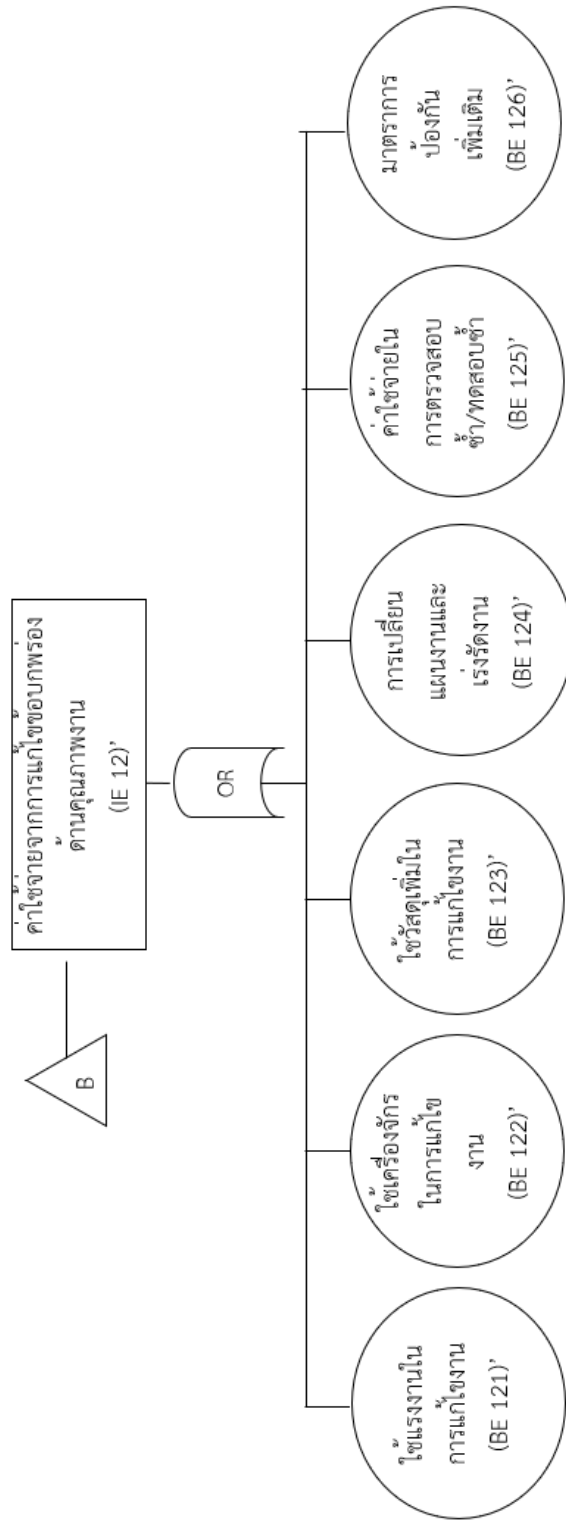
รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ข.)



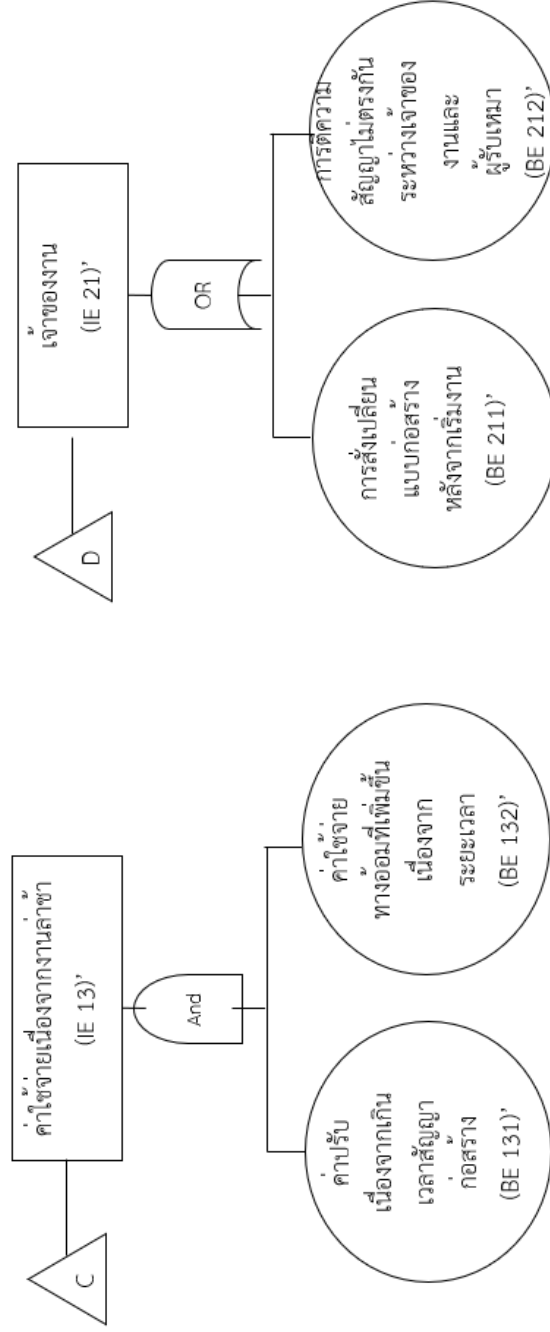
รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ข.)



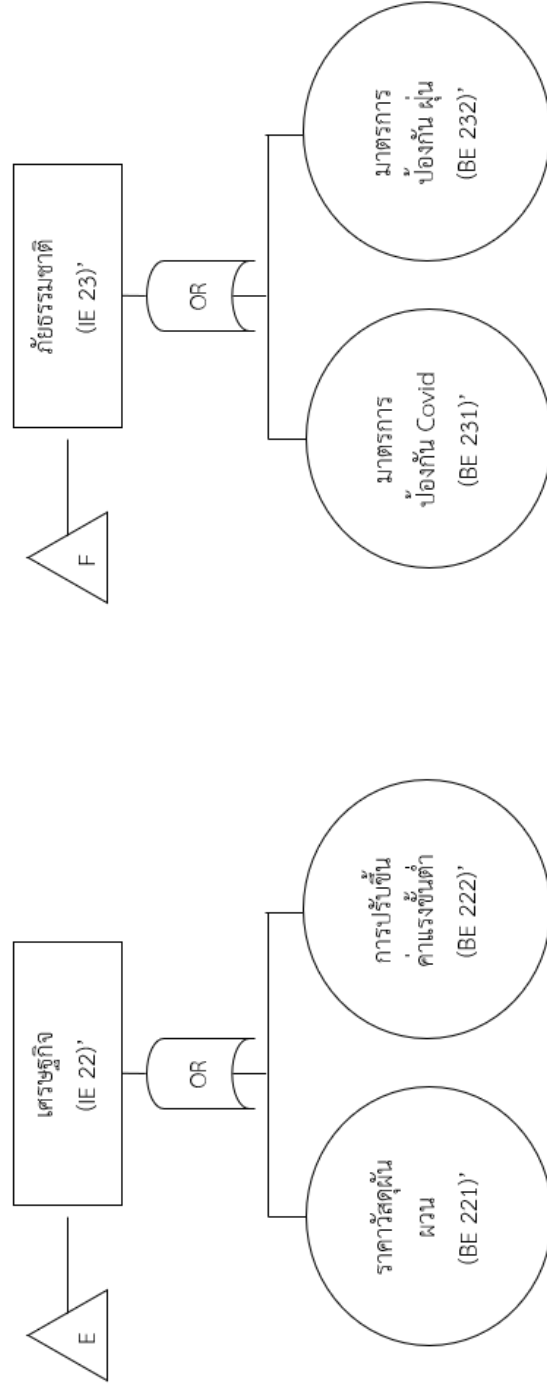
รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการจ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างไฟฟ้า (ค.)



รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (ง.)



รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า (จ.)



รูปที่ 4.2 แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อบำบัดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ฉ.)

4.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพในการศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่หา ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่อาจนำไปสู่เหตุการณ์หลัก โดยใช้แผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Diagram: FTD) เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ มีลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

4.3.1 ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ จะดำเนินการแปลงแผนภาพต้นไม้ข้อบกพร่อง (Fault Tree Diagram) ให้เป็นสมการทางตรรกศาสตร์ (Logical Expression) โดยพิจารณาเหตุการณ์หลัก (Top Event) และความสัมพันธ์ของเหตุการณ์รอง (Intermediate Events) และเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Events) ที่เชื่อมโยงกันด้วยตรรกะ AND และ OR

ในการเขียนเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ในรูปของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} T &= M_1 + M_2 + \dots + M_k \\ M &= X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n \end{aligned}$$

โดยที่ T คือ เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์

M_i , $i = 1$ ถึง k คือ ชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

X_i , $i = 1$ ถึง n คือ เหตุการณ์พื้นฐาน

สัญลักษณ์ + เป็น แทนประตูตรรกศาสตร์ “OR Gate”

สัญลักษณ์ $\cdot$ เป็น แทนประตูตรรกศาสตร์ “AND Gate”

จะได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในงานก่อสร้าง

$$HE = IE1 + IE2 \quad \text{----- สมการที่ 4.1}$$

$$IE1 = IE11 + IE12 + IE13 + IE14 + IE15 \quad \text{----- สมการที่ 4.2}$$

$$IE11 = IE111 + IE112 + IE113 + IE114 + IE115 \quad \text{----- สมการที่ 4.3}$$

$$IE111 = BE1111 + IE1112 \quad \text{----- สมการที่ 4.4}$$

$$IE1112 = BE11121 \cdot BE11122 \quad \text{----- สมการที่ 4.5}$$

$$IE112 = BE1121 + IE1122 \quad \text{----- สมการที่ 4.6}$$

$$IE1122 = BE11221 \cdot BE11222 \quad \text{----- สมการที่ 4.7}$$

$$IE113 = BE1131 + BE1132 \quad \text{----- สมการที่ 4.8}$$

$$IE114 = BE1141 + BE1142 \quad \text{----- สมการที่ 4.9}$$

$IE115 = BE1151 + BE1152$	-----	สมการที่ 4.10
$IE12 = IE121 + IE122$	-----	สมการที่ 4.11
$IE121 = IE1211 \cdot BE1212$	-----	สมการที่ 4.12
$IE1211 = BE12111 + IE12112$	-----	สมการที่ 4.13
$IE12112 = BE121121 + BE121122 + BE121123$	-----	สมการที่ 4.14
$IE122 = BE1221 + BE1222 + BE1223$	-----	สมการที่ 4.15
$IE13 = IE131 + IE132$	-----	สมการที่ 4.16
$IE131 = BE1311 \cdot IE1312$	-----	สมการที่ 4.17
$IE1312 = BE13121 + BE13122$	-----	สมการที่ 4.18
$IE132 = BE1321 + BE1322$	-----	สมการที่ 4.19
$IE14 = IE141 + IE142 + IE143 + IE144 + IE145$	-----	สมการที่ 4.20
$IE141 = IE1411 + IE1412 + IE1413$	-----	สมการที่ 4.21
$IE1411 = BE14111 + BE14112$	-----	สมการที่ 4.22
$IE1412 = BE14121 + BE14122$	-----	สมการที่ 4.23
$IE1413 = BE14131 + BE14132 + BE14133 + BE14134$	-----	สมการที่ 4.24
$IE142 = BE1421 + BE1422 + BE1423 + BE1424$	-----	สมการที่ 4.25
$IE143 = BE1431 + BE1432$	-----	สมการที่ 4.26
$IE144 = BE1441 + BE1442$	-----	สมการที่ 4.27
$IE145 = BE1451 + BE1452$	-----	สมการที่ 4.28
$IE15 = IE151 + BE152$	-----	สมการที่ 4.29
$IE151 = BE1511 \cdot BE1512$	-----	สมการที่ 4.30
$IE2 = IE21 + IE22$	-----	สมการที่ 4.31
$IE21 = BE211 + BE212 + BE213$	-----	สมการที่ 4.32
$IE22 = BE221 + BE222 + BE223$	-----	สมการที่ 4.33

4.3.2 เมื่อได้สมการพื้นฐานแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการแทนค่าของเหตุการณ์ระดับคั่นกลาง (Intermediate Events) ด้วยสมการของเหตุการณ์ที่อยู่ในระดับล่างลงมา โดยเริ่มจากเหตุการณ์หลัก (Top Event) แล้วทำการแทนค่าที่ละชั้นลงไปจนถึงระดับของเหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Events) ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ได้สมการที่ประกอบด้วยเฉพาะเหตุการณ์พื้นฐาน จะได้ว่า

$$HE = (((BE1111 + (BE11121 \cdot BE11122)) + (BE1121 + (BE11221 \cdot BE11222)) + (BE1131 + BE1132) + (BE1141 + BE1142) + (BE1151 + BE1152)) + (((BE12111 + (BE121121 + BE121122 + BE121123)) \cdot BE1212) + (BE1221 + BE1222 + BE1223)) +$$

$((BE1311 \cdot (BE13121 + BE13122)) + (BE1321 + BE1322)) + (((BE14111 + BE14112) + (BE14121 + BE14122) + (BE14131 + BE14132 + BE14133 + BE14134)) + (BE1421 + BE1422 + BE1423 + BE1424) + (BE1431 + BE1432) + (BE1441 + BE1442) + (BE1451 + BE1452)) + ((BE1511 \cdot BE1512) + BE152)) + ((BE211 + BE212 + BE213) + (BE221 + BE222 + BE223))$

----- สมการที่ 4.34

4.3.3 ลดรูปสมการโดยใช้กฎทางพีชคณิตโดยใช้กฎทางพีชคณิต กฎการแจกแจงและกฎการจัดรูป จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 HE = & BE1111 + BE11121 \cdot BE11122 + BE1121 + BE11221 \cdot BE11222 + \\
 & BE1131 + BE1132 + BE1141 + BE1142 + BE1151 + BE1152 + BE12111 \cdot BE1212 + \\
 & BE121121 \cdot BE1212 + BE121122 \cdot BE1212 + BE121123 \cdot BE1212 + BE1221 + BE1222 + \\
 & BE1223 + BE1311 \cdot BE13121 + BE1311 \cdot BE13122 + BE1321 + BE1322 + BE14111 + \\
 & BE14112 + BE14121 + BE14122 + BE14131 + BE14132 + BE14133 + BE14134 + BE1421 + \\
 & BE1422 + BE1423 + BE1424 + BE1431 + BE1432 + BE1441 + BE1442 + BE1451 + \\
 & BE1452 + BE1511 \cdot BE1512 + BE152 + BE211 + BE212 + BE213 + BE221 + BE222 + \\
 & BE223
 \end{aligned}$$

----- สมการที่ 4.35

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาในงานก่อสร้าง เพื่อหาชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่นำไปสู่ความล่าช้าในการก่อสร้างรถไฟฟ้า พบผลลัพธ์ดังแสดงใน ตารางที่ 4.3 โดยพบว่าชุดเหตุการณ์ขั้นต่ำทั้งหมด 47 ชุด ซึ่งสามารถจำแนกตามจำนวนองค์ประกอบของเหตุการณ์พื้นฐานได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ชุดเหตุการณ์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบเพียง 1 รายการ จำนวน 38 ชุด และ ชุดเหตุการณ์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบจำนวน 2 รายการ จำนวน 9 ชุด โดยทั่วไป ชุดเหตุการณ์ขั้นต่ำที่มีองค์ประกอบน้อยกว่าจะมี แนวโน้มในการเกิดเหตุการณ์หลักได้ง่ายกว่า เนื่องจากจำนวนเหตุการณ์พื้นฐานที่ต้องเกิดขึ้นพร้อมกันมีน้อย ความน่าจะเป็นโดยรวมในการเกิดเหตุการณ์หลักจึงมีแนวโน้มสูงกว่าชุดที่มีองค์ประกอบมากกว่า ซึ่งต้องอาศัยเงื่อนไขการเกิดพร้อมกันของหลายปัจจัย

ตารางที่ 4.3 แสดงชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่นำไปสู่ความล่าช้าในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์
1	BE1111	18	BE14131	35	BE213
2	BE1121	19	BE14132	36	BE221
3	BE1131	20	BE14133	37	BE222
4	BE1132	21	BE14134	38	BE223
5	BE1141	22	BE1421	39	BE11121•BE11122
6	BE1142	23	BE1422	40	BE11221•BE11222
7	BE1151	24	BE1423	41	BE12111•BE1212
8	BE1152	25	BE1424	42	BE121121•BE1212
9	BE1221	26	BE1431	43	BE121122•BE1212
10	BE1222	27	BE1432	44	BE121123•BE1212
11	BE1223	28	BE1441	45	BE1311•BE13121
12	BE1321	29	BE1442	46	BE1311•BE13122
13	BE1322	30	BE1451	47	BE1511•BE1512
14	BE14111	31	BE1452	35	
15	BE14112	32	BE152	36	
16	BE14121	33	BE211	37	
17	BE14122	34	BE212	38	

ต่อไปหาชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่มีผลต่อเวลาในงานก่อสร้าง จะได้ว่า

$$HE' = IE1' + IE2' \quad \text{----- สมการที่ 4.36}$$

$$IE1' = IE11' + IE12' + IE13' \quad \text{----- สมการที่ 4.37}$$

$$IE11' = IE111' + IE112' + IE113' + IE114' + IE115' \quad \text{----- สมการที่ 4.38}$$

$$IE111' = BE1111' + BE1112' + BE1113' \quad \text{----- สมการที่ 4.39}$$

$$IE112' = BE1121' + BE1122' + BE1123' \quad \text{----- สมการที่ 4.40}$$

$$IE113' = IE1131' + BE1132' + BE1133' \quad \text{----- สมการที่ 4.41}$$

$$IE1131' = BE11311' + BE11312' + BE11313' \quad \text{----- สมการที่ 4.42}$$

$$IE114' = IE1141' + BE1142' + BE1143' + BE1144' \quad \text{----- สมการที่ 4.43}$$

$$IE1141' = BE11411' \cdot BE11412' \quad \text{----- สมการที่ 4.44}$$

$$IE115' = BE1151' + BE1152' \quad \text{----- สมการที่ 4.45}$$

$$IE12' = BE121' + BE122' + BE123' + BE124' + BE125' + BE126' \quad \text{----- สมการที่ 4.46}$$

$$IE13' = BE131' \cdot BE132' \quad \text{----- สมการที่ 4.47}$$

$$IE2' = IE21' + IE22' + IE23' \quad \text{----- สมการที่ 4.48}$$

$$IE21' = BE211' + BE212' \quad \text{----- สมการที่ 4.49}$$

$$IE22' = BE221' + BE222' \quad \text{----- สมการที่ 4.50}$$

$$IE23' = BE231' + BE232' \quad \text{----- สมการที่ 4.51}$$

แทนสมการที่ 4.37 ถึง สมการที่ 4.51 ทั้งหมด ลง ไปในสมการที่ 4.36 จะได้

$$\begin{aligned} HE' = & BE1111' + BE1112' + BE1113' + BE1121' + BE1122' + BE1123' + BE11311' + \\ & BE11312' + BE11313' + BE1132' + BE1133' + BE11411' \cdot BE11412' + BE1142' + \\ & BE1143' + BE1144' + BE1151' + BE1152' + BE121' + BE122' + BE123' + BE124' + \\ & BE125' + BE126' + BE131' \cdot BE132' + BE211' + BE212' + BE221' + BE222' + BE231' + \\ & BE232' \quad \text{----- สมการที่ 4.52} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้าหาชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดที่ทำให้งานก่อสร้างรถไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายมากขึ้น ได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 4.4 พบว่ามีชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุดที่เกิดขึ้นทั้งหมด 30 ชุด เหตุการณ์ โดยแยกเป็น เหตุการณ์ที่มี 1 องค์ประกอบทั้งหมด 28 ชุด และ 2 องค์ประกอบทั้งหมด 2 ชุด

ตารางที่ 4.4 แสดงชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่นำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์
1	BE1111'	8	BE1133'	15	BE125'
2	BE1112'	9	BE1142'	16	BE126'
3	BE1113'	10	BE1143'	17	BE211'
4	BE1121'	11	BE1144'	18	BE212'
5	BE1122'	12	BE1151'	19	BE221'
6	BE1123'	13	BE1152'	20	BE222'
7	BE11311'	14	BE121'	21	BE231'

ตารางที่ 4.4 แสดงชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่นำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์	ลำดับ	ชุดเหตุการณ์
22	BE11312'	25	BE122'	28	BE232'
23	BE11313'	26	BE123'	29	BE11411' • BE11412'
24	BE1132'	27	BE124'	30	BE131' • BE132'

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)

ในการดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยวิธีการแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลหาความน่าจะเป็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 45 คน ซึ่งได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ครอบคลุมกลุ่มวิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม ผู้ควบคุมงาน และผู้จัดการโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และแสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ในตาราง 4.6 และ 4.7 ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)

ตำแหน่ง	โครงการรถไฟฟ้า สายสีชมพู	โครงการรถไฟฟ้า สายเหลือง	โครงการรถไฟฟ้า สายม่วง	รวม
ผู้จัดการโครงการ	1	1	-	2
วิศวกรโครงการ	3	3	4	10
วิศวกรภาคสนาม	8	8	8	24
วิศวกรสำนักงาน	2	2	3	7
วิศวกรต้นทุน	1	1	-	2

ตาราง 4.6 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ไม่เพียงพอ	0.804
(BE 11121)	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ	0.700
(BE 11122)	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	0.487
(BE 1121)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ขาดความชำนาญ	0.796
(BE 11221)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง	0.691
(BE 11222)	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	0.330
(BE 1131)	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	0.278
(BE 1132)	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	0.530
(BE 1141)	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	0.452
(BE 1142)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	0.674
(BE 1151)	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	0.661
(BE 1152)	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	0.409
(BE 12111)	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	0.778
(BE 121121)	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	0.604
(BE 121122)	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	0.630
(BE 121123)	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท	0.474
(BE 1212)	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.430
(BE 1221)	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	0.665
(BE 1222)	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	0.722
(BE 1223)	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	0.783
(BE 1311)	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก	0.565
(BE 13121)	มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	0.770

ตาราง 4.6 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 13122)	วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	0.600
(BE 1321)	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้	0.743
(BE 1322)	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	0.626
(BE 14111)	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	0.757
(BE 14112)	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	0.761
(BE 14121)	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	0.713
(BE 14122)	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	0.748
(BE 14131)	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	0.765
(BE 14132)	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	0.717
(BE 14133)	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	0.604
(BE 14134)	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	0.570
(BE 1421)	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	0.678
(BE 1422)	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	0.613
(BE 1423)	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน	0.761
(BE 1424)	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	0.739
(BE 1431)	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	0.626
(BE 1432)	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	0.652
(BE 1441)	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	0.504
(BE 1442)	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	0.396
(BE 1451)	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	0.722
(BE 1452)	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	0.626
(BE 1511)	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	0.726
(BE 1512)	บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	0.630
(BE 1521)	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	0.448

ตาราง 4.6 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 211)	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	0.778
(BE 212)	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	0.783
(BE 213)	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	0.770
(BE 221)	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	0.587
(BE 222)	มาตรการป้องกัน COVID-19	0.470
(BE 223)	เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	0.274

ตาราง 4.7 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)'	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	0.826
(BE 1112)'	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม	0.765
(BE 1113)'	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	0.639
(BE 1121)'	เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	0.587
(BE 1122)'	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	0.730
(BE 1123)'	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	0.500
(BE 11311)'	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	0.635
(BE 11312)'	การใช้วัสดุมากเกินไปจนความจำเป็น	0.687
(BE 11313)'	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	0.670
(BE 1132)'	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	0.548
(BE 1133)'	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	0.687
(BE 11411)'	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	0.691
(BE 11412)'	ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	0.557
(BE 1142)'	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	0.770
(BE 1143)'	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	0.604
(BE 1144)'	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	0.357

ตาราง 4.7 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1151)'	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	0.683
(BE 1152)'	เบิกเงินเกินผลงานและ ผู้รับเหมาช่วงทำงาน	0.752
(BE 121)'	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	0.804
(BE 122)'	ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน	0.687
(BE 123)'	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน	0.796
(BE 124)'	การเปลี่ยนแปลงงานและเร่งรัดงาน	0.743
(BE 125)'	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อ/ทดสอบข้อ	0.522
(BE 126)'	มาตรการป้องกันเพิ่มเติม	0.487
(BE 131)'	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	0.626
(BE 132)'	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา	0.587
(BE 211)'	การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	0.778
(BE 212)'	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา	0.709
(BE 221)'	ราคาวัสดุผันผวน	0.743
(BE 222)'	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	0.587
(BE 231)'	มาตรการป้องกัน Covid	0.404
(BE 232)'	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	0.570

การประเมินความสำคัญเชิงปริมาณของชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่ส่งผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสามารถดำเนินการได้โดยการแทนค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐานแต่ละรายการลงในสมการของชุดเหตุการณ์นั้น ๆ โดยใช้หลักการของตรรกะ

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned}\text{ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด BE11121} \cdot \text{BE11122} &= (0.700) \times (0.487) \\ &= 0.341\end{aligned}$$

ผลการคำนวณชุดเหตุการณ์น้อยที่สุดทั้งหมดจะถูกนำมาสรุปรวมใน ภาคผนวก ฉ เพื่อแสดงรายการชุดเหตุการณ์พร้อมค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณ

ในการจัดลำดับความสำคัญของชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุดที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้าในระดับสูงสุด จำนวน 5 อันดับแรก ได้มีการจัดเรียงตามค่าความน่าจะเป็นจากมากไปหาน้อย โดยแสดงรายละเอียดไว้ใน ตารางที่ 4.8 สำหรับผลกระทบด้านระยะเวลา และใน ตารางที่ 4.9 สำหรับผลกระทบด้านค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 4.8 แสดงการจัดลำดับของชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด 5 อันดับ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ไม่เพียงพอ	0.804
(BE 1121)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ขาดความชำนาญ	0.796
(BE 212)	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	0.783
(BE 1223)	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	0.783
(BE 211)	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	0.778

ตารางที่ 4.9 แสดงการจัดลำดับของปัจจัยย่อยพื้นฐาน 5 อันดับ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA) ที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)'	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	0.826
(BE 121)'	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	0.804
(BE 123)'	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน	0.796
(BE 211)'	การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	0.778
(BE 1142)'	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	0.770

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการบริหารโครงการก่อสร้าง โดยเฉพาะด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล ปัญหาการขาดแคลนแรงงานและแรงงานที่ไม่มีความชำนาญ ถือเป็นปัจจัยหลักที่พบได้บ่อยที่สุด ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งผลให้โครงการล่าช้าเท่านั้น แต่ยังส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการเร่งรัดงานผ่านการจ่ายค่า OT รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขงานที่ไม่ได้คุณภาพอีกด้วย

นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบอย่างมากต่อทั้งระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง คือ การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มดำเนินงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในโครงการขนาดใหญ่ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อแผนการดำเนินงานเดิม รวมถึงการจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ ที่ได้วางไว้ล่วงหน้าแล้ว

อีกปัจจัยสำคัญคือ ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้ในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าในเขตเมือง เช่น กรุงเทพมหานคร ที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่อย่างรุนแรง โดยเฉพาะบริเวณที่พักอาศัยหนาแน่น ซึ่งต้องใช้เวลาในการดำเนินการเวนคืนและเคลียร์พื้นที่นานกว่าที่คาดการณ์ไว้ ส่งผลให้ไม่สามารถเริ่มงานตามแผนได้ทันเวลา นอกจากนี้ พื้นที่ก่อสร้างที่มีความคับแคบยังเป็นอุปสรรคต่อการนำเครื่องจักรขนาดใหญ่เข้าไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

ในการดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลหาความน่าจะเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ซึ่งได้จากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ครอบคลุมกลุ่มวิศวกรโครงการ และผู้จัดการโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และแสดงความน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐาน ในตาราง 4.11 และ 4.12 ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า โดยสามารถดูรายละเอียดการคำนวณได้ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

ตำแหน่ง	โครงการรถไฟฟ้า สายสีชมพู	โครงการรถไฟฟ้า สายเหลือง	โครงการรถไฟฟ้า สายม่วง	รวม
ผู้จัดการโครงการ	1	1	-	2
วิศวกรโครงการ	2	2	3	7
วิศวกรต้นทุน	1	-	-	1

ตาราง 4.11 แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า
ที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	น้ำหนัก
(BE 1111)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ไม่เพียงพอ	0.064
(BE 11121)	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ	0.038
(BE 11122)	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	0.018
(BE 1121)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ขาดความชำนาญ	0.024
(BE 11221)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง	0.034
(BE 11222)	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	0.008
(BE 1131)	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	0.006
(BE 1132)	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	0.014
(BE 1141)	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	0.012
(BE 1142)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	0.017
(BE 1151)	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	0.013
(BE 1152)	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	0.018
(BE 12111)	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	0.037
(BE 121121)	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	0.005
(BE 121122)	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	0.002
(BE 121123)	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท	0.002
(BE 1212)	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.014
(BE 1221)	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	0.013
(BE 1222)	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	0.031
(BE 1223)	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	0.060
(BE 1311)	ไม่มีผู้เชี่ยวชาญที่ตรงตามสเปก	0.008
(BE 13121)	มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	0.018

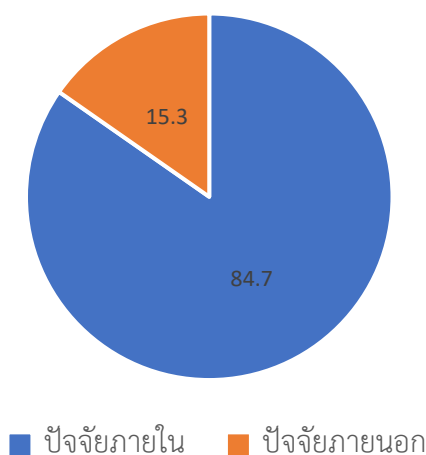
ตาราง 4.11 แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	น้ำหนัก
(BE 13122)	วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	0.012
(BE 1321)	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้	0.022
(BE 1322)	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	0.007
(BE 14111)	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	0.010
(BE 14112)	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	0.011
(BE 14121)	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	0.021
(BE 14122)	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	0.009
(BE 14131)	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	0.010
(BE 14132)	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	0.004
(BE 14133)	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	0.005
(BE 14134)	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	0.003
(BE 1421)	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	0.014
(BE 1422)	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	0.006
(BE 1423)	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน	0.006
(BE 1424)	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	0.005
(BE 1431)	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	0.017
(BE 1432)	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	0.016
(BE 1441)	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	0.005
(BE 1442)	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	0.019
(BE 1451)	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	0.009
(BE 1452)	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	0.014
(BE 1511)	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	0.065
(BE 1512)	บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	0.087
(BE 1521)	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	0.016

ตาราง 4.11 แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	น้ำหนัก
(BE 211)	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	0.022
(BE 212)	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	0.064
(BE 213)	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	0.037
(BE 221)	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	0.013
(BE 222)	มาตรการป้องกัน COVID-19	0.009
(BE 223)	เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	0.007

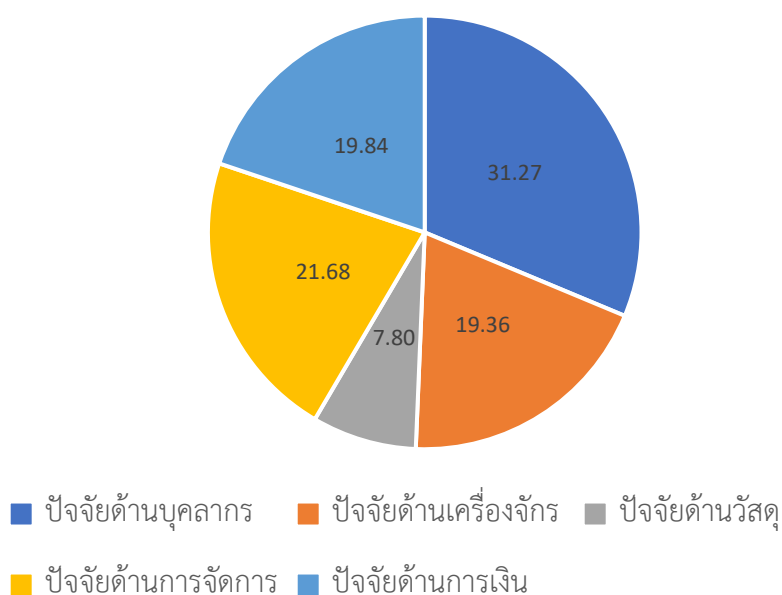
จากการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อสร้างโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) พบว่า กลุ่มปัจจัยภายใน ซึ่งสะท้อนถึงการบริหารจัดการทรัพยากรภายในโครงการ เช่น บุคลากร เครื่องจักร วัสดุ การจัดการ และการเงิน เป็นกลุ่มปัจจัยที่ได้รับความสำคัญสูงสุดจากผู้บริหาร โดยมีค่าน้ำหนักสัมพัทธ์รวมอยู่ที่ 84.7% ขณะที่ กลุ่มปัจจัยภายนอก เช่น เศรษฐกิจ สภาพอากาศ การเมือง มีค่าน้ำหนักสัมพัทธ์เพียง 15.3% แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงน้ำหนักของปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญกับการควบคุมและบริหารจัดการภายในโครงการ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถกำกับ ดูแล และปรับปรุงได้โดยตรง และมีผลต่อระยะเวลาการดำเนินงานอย่างชัดเจน

จากการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยภายในที่ส่งผลต่อระยะเวลาการก่อสร้าง โดยแบ่งตามกลุ่มทรัพยากรภายในของโครงการ ได้แก่ บุคลากร เครื่องจักร วัสดุ การจัดการ และการเงิน พบว่า ปัจจัยด้านบุคลากร ได้รับน้ำหนักมากที่สุดที่ 31.28% รองลงมาคือ ปัจจัยด้านการจัดการ ที่ 21.68% ปัจจัยด้านการเงิน 19.84% ปัจจัยด้านเครื่องจักร 19.36% และ ปัจจัยด้านวัสดุ 7.80% ตามลำดับ ดังแสดงใน **รูปที่ 4.4**

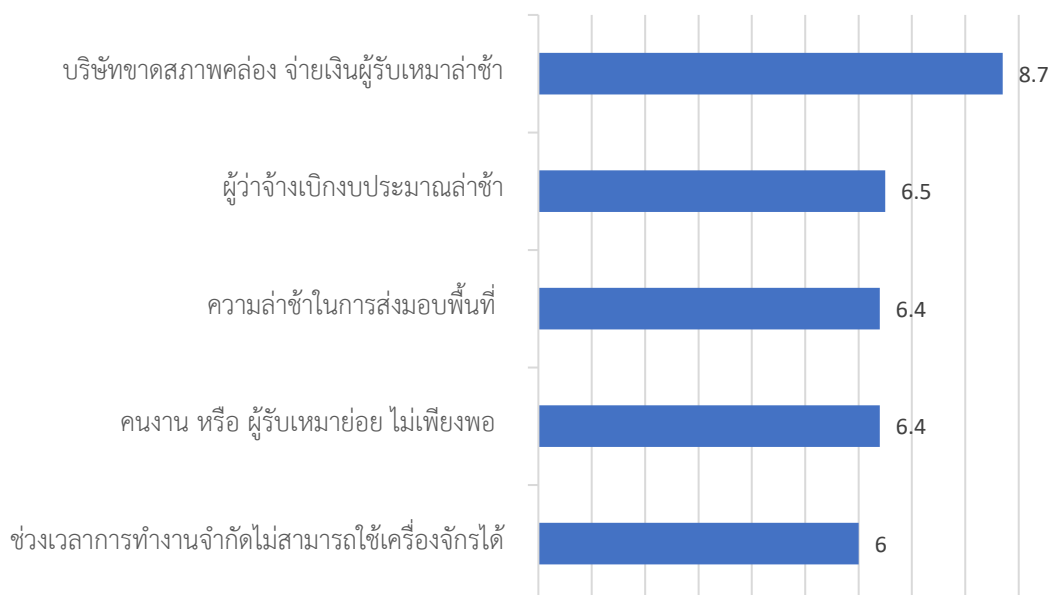


รูปที่ 4.4 แสดงน้ำหนักของปัจจัยภายในที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเชิงลึกในระดับของปัจจัยย่อยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารเวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า พบว่า ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่

- 1.บริษัทขาดสภาพคล่อง ส่งผลให้จ่ายเงินแก่ผู้รับเหมาล่าช้า
- 2.ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า
- 3.ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่
- 4.คนงาน หรือ ผู้รับเหมาล่าช้า ไม่เพียงพอ
- 5.ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้

รายละเอียดดังกล่าวแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.5**



รูปที่ 4.5 ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับที่มีผลต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้กลุ่มปัจจัยด้านบุคลากร จะได้รับน้ำหนักสูงสุดในระดับปัจจัยหลัก แต่ในระดับปัจจัยย่อยกลับพบว่า ปัญหาด้านการเงิน โดยเฉพาะความขาดแคลนสภาพคล่องของบริษัท เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดต่อระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ดังนั้น การวิเคราะห์ในระดับปัจจัยย่อยจึงมีความสำคัญในการวางแผนการจัดการโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถระบุสาเหตุที่แท้จริงของความล่าช้า และกำหนดแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมได้อย่างตรงจุด

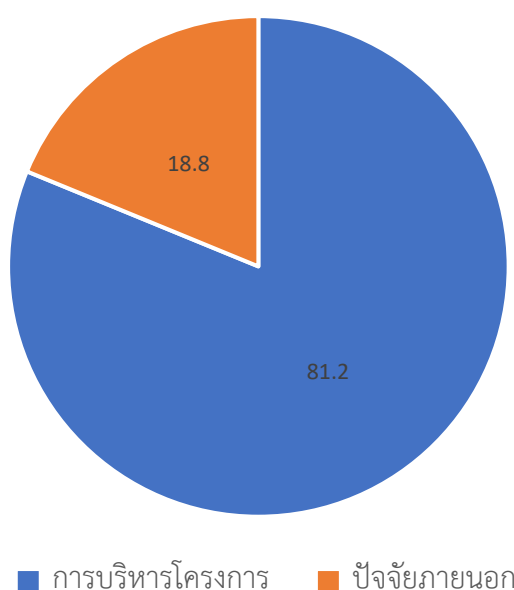
ตาราง 4.12 แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่ได้จากการบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	น้ำหนัก
(BE 1111)'	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	0.065
(BE 1112)'	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาอยู่เพิ่ม	0.033
(BE 1113)'	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	0.013
(BE 1121)'	เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	0.049
(BE 1122)'	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	0.015

ตาราง 4.12 แสดงค่าน้ำหนักของเหตุการณ์พื้นฐานที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้าที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) (ต่อ)

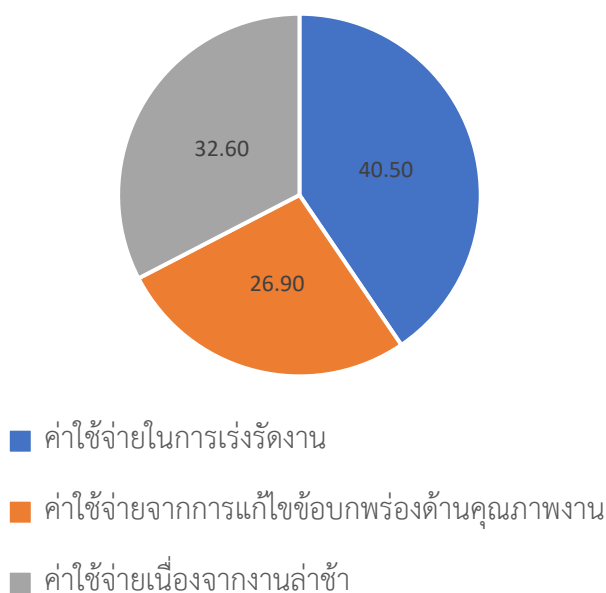
สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	น้ำหนัก
(BE 1123)'	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	0.010
(BE 11311)'	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	0.003
(BE 11312)'	การใช้วัสดุมากเกินไปจนความจำเป็น	0.014
(BE 11313)'	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	0.006
(BE 1132)'	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	0.003
(BE 1133)'	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	0.000
(BE 11411)'	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	0.005
(BE 11412)'	ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	0.005
(BE 1142)'	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	0.031
(BE 1143)'	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	0.016
(BE 1144)'	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	0.008
(BE 1151)'	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	0.005
(BE 1152)'	เบิกเงินเกินผลงานและ ผู้รับเหมาช่วงทำงาน	0.022
(BE 121)'	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	0.048
(BE 122)'	ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน	0.029
(BE 123)'	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน	0.045
(BE 124)'	การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน	0.062
(BE 125)'	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ/ทดสอบซ้ำ	0.018
(BE 126)'	มาตรการป้องกันเพิ่มเติม	0.017
(BE 131)'	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	0.087
(BE 132)'	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา	0.177
(BE 211)'	การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	0.097
(BE 212)'	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา	0.031
(BE 221)'	ราคาวัสดุผันผวน	0.030
(BE 222)'	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	0.009
(BE 231)'	มาตรการป้องกัน Covid	0.013
(BE 232)'	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	0.008

จากการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) พบว่า ปัจจัยภายในซึ่งหมายถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรภายในโครงการ เช่น การเร่งรัดงาน การแก้ไขคุณภาพงาน และการควบคุมเวลาในการก่อสร้าง ได้รับความสำคัญสูงสุดจากมุมมองของผู้บริหาร โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 81.2% ขณะที่ปัจจัยภายนอก เช่น เศรษฐกิจ การเมือง สภาพอากาศ มีค่าน้ำหนักอยู่ที่ 18.8% ดังแสดงใน รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงน้ำหนักของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ผู้บริหารให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการภายในโครงการ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่สามารถควบคุมและปรับปรุงได้โดยตรง และส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีผลต่อทั้งระยะเวลาและต้นทุนรวมของโครงการสามารถจำแนกองค์ประกอบหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการได้ 3 ด้าน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน 40.5 % ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพ 26.9 % ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากงานล่าช้า 32.6 %

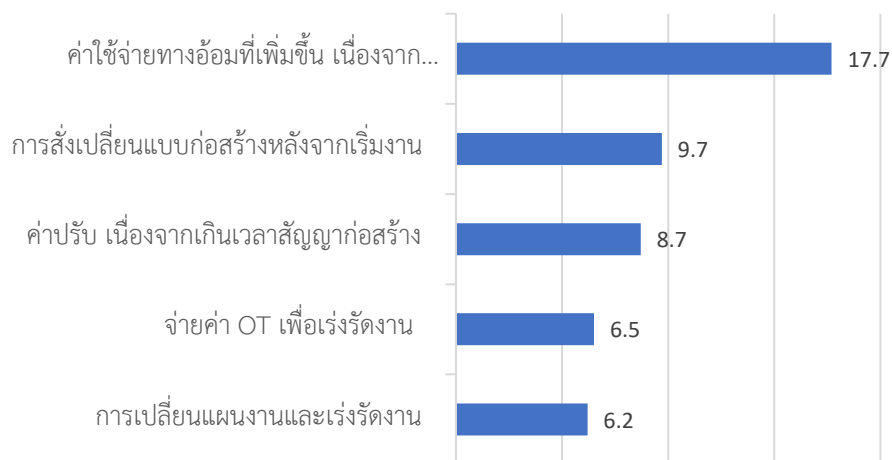


รูปที่ 4.7 แสดงน้ำหนักของปัจจัยการบริหารจัดการ ที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

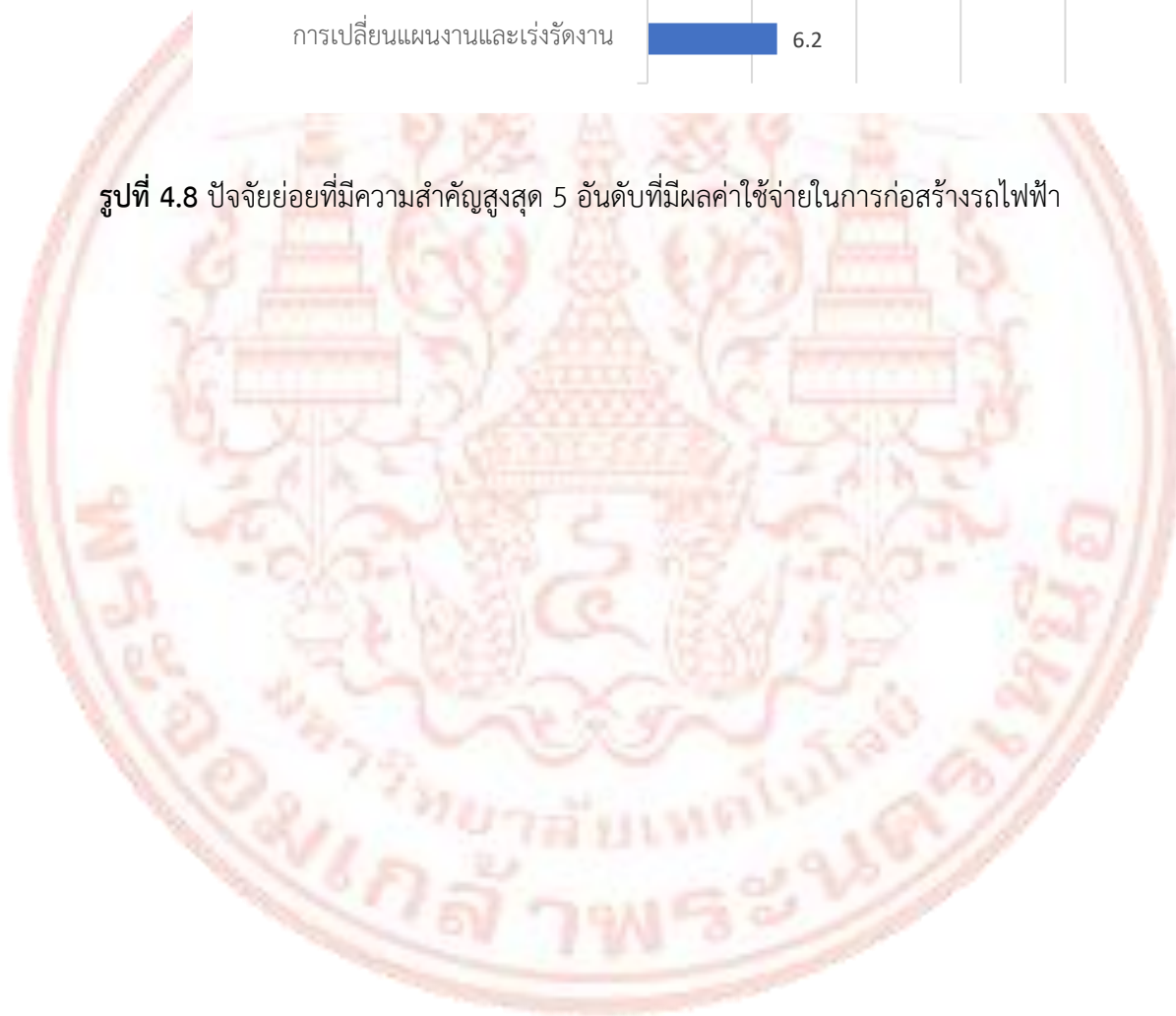
ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาลงลึกในระดับปัจจัยย่อย พบว่า ปัจจัยที่ผู้บริหารให้ความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรกในด้านการบริหารค่าใช้จ่าย ได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายระยะเวลาก่อสร้าง
2. การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน
3. ค่าปรับเนื่องจากเกินระยะเวลาตามสัญญา
4. จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน
5. การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงานโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าอย่างรอบคอบ

ผลการวิเคราะห์ด้วย AHP ชี้ให้เห็นว่า มุมมองของผู้บริหารโครงการมีแนวโน้มให้ความสำคัญกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพคล่องทางการเงินเป็นหลัก เช่น ความล่าช้าในการเบิกจ่ายงบประมาณ หรือการขาดสภาพคล่องของบริษัท ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานโดยรวม โดยเฉพาะในระบบที่มีการบริหารผู้รับเหมาอยู่หลายราย รวมถึงการจัดซื้อวัสดุและการเช่าเครื่องจักรที่อาจหยุดชะงัก และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมากที่สุด คือ การขยายระยะเวลาก่อสร้าง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายหลายด้าน ทั้งในส่วน of ค่าใช้จ่ายทางตรงที่เพิ่มขึ้นจากการยืดเวลา ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่สะสมตลอดระยะเวลาก่อสร้าง และค่าปรับที่อาจเกิดจากการส่งมอบงานล่าช้ากว่ากำหนด โดยเฉพาะในโครงการขนาดใหญ่ซึ่งมีมูลค่าสัญญาสูง การบริหารจัดการที่ไม่สามารถควบคุมระยะเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ย่อมส่งผลให้เกิดต้นทุนส่วนเกินจำนวนมากและกระทบต่อความคุ้มค่าโดยรวมของโครงการ



รูปที่ 4.8 ปัจจัยย่อยที่มีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับที่มีผลค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. ปัจจัยด้านบุคลากร ความขาดแคลนแรงงาน ความไม่ชำนาญ ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายโดยตรง กล่าวคือต้องเร่งรัดงานภายหลัง อาจต้องจ่ายค่าแรงล่วงเวลา (OT) เพิ่ม หรือต้องจ้างแรงงานเสริม

2. ปัจจัยด้านเครื่องจักร โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ามักดำเนินงานในพื้นที่เขตเมืองซึ่งมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ การใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่จึงเผชิญข้อจำกัดทั้งในด้านการเข้าถึงและการปฏิบัติงาน ซึ่งนำไปสู่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ทั้งในรูปแบบของค่าเช่า ค่าบำรุงรักษา และต้นทุนแฝงจากความล่าช้า

3. ปัจจัยด้านวัสดุ การดำเนินงานในพื้นที่จำกัดทำให้การขนย้ายและติดตั้งวัสดุขนาดใหญ่เป็นไปได้อย่างยากลำบาก อีกทั้งยังประสบปัญหาในการขนส่งเนื่องจากข้อจำกัดด้านเส้นทางการจราจร และเวลาในการขนถ่าย ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดส่งวัสดุและเพิ่มต้นทุนในการเคลื่อนย้ายหรือจัดเก็บวัสดุหน้างาน

4. ปัจจัยด้านการจัดการ การวางแผนโครงการที่ไม่มีความแม่นยำ การควบคุมงานที่ขาดประสิทธิภาพ หรือการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่ไม่ชัดเจน ล้วนเป็นเหตุให้เกิดการล่าช้าในการดำเนินงานและการตัดสินใจล่าช้า ส่งผลให้ระยะเวลาก่อสร้างยืดเยื้อ และเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มจากการทำงานซ้ำ การเปลี่ยนแปลงกะทันหัน หรือค่าใช้จ่ายในการจัดประชุมเร่งรัดงาน

5. ปัจจัยด้านการเงิน ความล่าช้าในการเบิกจ่ายงบประมาณหรือปัญหาสภาพคล่องทางการเงิน ส่งผลให้ผู้รับเหมาไม่สามารถจัดหาทรัพยากรได้อย่างต่อเนื่อง เกิดการหยุดชะงักของงานบางส่วน ซึ่งยืดระยะเวลาทั้งโครงการ และยังคงแบกรับภาระต้นทุนดอกเบี้ย ค่าปรับล่าช้า หรือความสูญเสียทางการเงินอื่น ๆ

6. ปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น สภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยในฤดูฝน การเปลี่ยนแปลงนโยบายภาครัฐ หรือเหตุการณ์ไม่คาดคิด เช่น โรคระบาด หรือภัยธรรมชาติ ล้วนส่งผลให้ต้องหยุดดำเนินงานหรือต้องปรับรูปแบบการทำงาน ส่งผลให้ระยะเวลายาวนานขึ้น และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการปรับแผนงาน การจัดหาอุปกรณ์เพิ่มเติม หรือค่าชดเชยความเสียหาย

5.1.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและวิเคราะห์เชิงปริมาณเทคนิคแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)

จากการหาชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) ที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้าพบว่ามีชุดเหตุการณ์ขั้นต่ำทั้งหมด 47 ชุด ได้แก่ ชุดเหตุการณ์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบเพียง 1 รายการ จำนวน 38 ชุด และ ชุดเหตุการณ์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบจำนวน 2 รายการ จำนวน 9 ชุด ชุดเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดบ่อยที่สุด 5 อันดับได้แก่

1. คนงานหรือผู้รับเหมาอยู่ ไม่เพียงพอ
2. คนงานหรือผู้รับเหมาอยู่ ขาดความชำนาญ
3. ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่
4. ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้
5. การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน

ในขณะที่ชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุด (Minimal Cut Sets) มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้าพบว่ามีชุดเหตุการณ์ขั้นต่ำทั้งหมด 30 ชุด โดยแยกเป็น เหตุการณ์ที่มี 1 องค์ประกอบทั้งหมด 28 ชุด และ 2 องค์ประกอบทั้งหมด 2 ชุด เหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดบ่อยที่สุด 5 อันดับได้แก่

1. จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน
2. ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน
3. ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน
4. การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน
5. การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ

5.1.3 การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

ปัจจัยย่อยที่มีผลต่อเวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้าสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่

1. บริษัทขาดสภาพคล่อง ส่งผลให้จ่ายเงินแก่ผู้รับเหมาล่าช้า
2. ผู้ว่าจ้างเบี่ยงเบนประมาณล่าช้า
3. ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่
4. คนงาน หรือ ผู้รับเหมาอยู่ ไม่เพียงพอ
5. ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้

ปัจจัยที่ผู้บริหารให้ความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรกในด้านการบริหารค่าใช้จ่าย ได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายระยะเวลาก่อสร้าง
2. การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน
3. ค่าปรับเนื่องจากเกินระยะเวลาตามสัญญา

4.จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน

5.การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงานโดยไม่ได้วางแผนล่วงหน้าอย่างรอบคอบ

5.1.4 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จาก Fault Tree Analysis กับ Analytic Hierarchy Process

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด (FTA) และกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) พบว่ามีหลายปัจจัยที่แสดงความสอดคล้องกันทั้งในด้านความน่าจะเป็นของเหตุการณ์และระดับความสำคัญในมุมมองของผู้บริหาร อาทิ การขาดแคลนแรงงาน ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่ การใช้เครื่องจักรในพื้นที่จำกัด การจ่ายค่า OT เพื่อเร่งงาน และการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างภายหลังเริ่มงาน

อย่างไรก็ตาม มีบางปัจจัยที่ผู้บริหารให้ความสำคัญสูงตามผล AHP แต่ไม่ได้ปรากฏอยู่ในชุดเหตุการณ์ที่น้อยที่สุดจาก FTA เช่น ปัจจัยด้านสภาพคล่องทางการเงินของบริษัท หรือความล่าช้าในการเบิกจ่ายงบประมาณ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้บริหารให้ความสำคัญกับปัจจัยในระดับมหภาคหรือเชิงระบบ ที่อาจไม่ได้แสดงออกเป็นความถี่ของเหตุการณ์ แต่มีผลกระทบเชิงโครงสร้างต่อความต่อเนื่องและความมั่นคงของโครงการในระยะยาว

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากผลการวิเคราะห์สามารถเสนอแนวทางเพื่อลดผลกระทบต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าได้ดังนี้

- 1.วางแผนและจัดการแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนแรงงาน
- 2.ประสานงานการส่งมอบพื้นที่ให้เป็นไปตามแผน ลดความล่าช้าในงานเริ่มต้น
3. เลือกใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมกับพื้นที่จำกัดในเขตเมือง
4. ควบคุมการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างไม่ให้กระทบต่อแผนงานและงบประมาณ
- 5.วางแผนด้านการเงินและการเบิกจ่ายล่วงหน้า เพื่อลดปัญหาสภาพคล่องระหว่างดำเนินงาน

5.2.2 ในการสร้างแผนภาพต้นไม้ข้อบกพร่อง (Fault Tree Diagram) ควรจัดลำดับระดับชั้นของปัจจัยย่อยให้อยู่ในระดับชั้นและจำนวนที่ใกล้เคียงหรือเท่าเทียมกัน เพื่อให้โครงสร้างของระบบมีความสมดุล โดยเฉพาะเมื่อมีการนำปัจจัยย่อยเหล่านี้ไปประเมินลำดับความสำคัญด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) เนื่องจากหากปัจจัยบางกลุ่มมีจำนวนชั้นที่ลึกกว่า อาจส่งผลให้ค่าความสำคัญหรือน้ำหนักของปัจจัยย่อยในระดับล่างถูกเฉลี่ยหรือลดทอน

ลงเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่อยู่ในชั้นระดับบน ซึ่งอาจไม่สะท้อนระดับความสำคัญที่แท้จริงของปัจจัยนั้น

5.2.3 แม้การใช้เทคนิค Fault Tree Analysis (FTA) และ Analytic Hierarchy Process (AHP) จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ทั้งเชิงโครงสร้างและเชิงลำดับความสำคัญ แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ FTA อาจไม่ครอบคลุมปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่ไม่มีความถี่สูง ขณะที่ AHP อาศัยดุลยพินิจของผู้ประเมินซึ่งอาจมีอคติ ดังนั้นควรใช้ร่วมกับข้อมูลอื่น เช่น ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity) เพื่อให้การวิเคราะห์มีความรอบด้านและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- ชาयरอง กิมเฮียะ, และ อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ. (2563). ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าของงานก่อสร้าง: กรณีศึกษาโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู (แคราย-มีนบุรี). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, 15-17 กรกฎาคม 2563, จังหวัดชลบุรี. หน้า CEM14-1 ถึง CEM14-6.
- ชารินทร์ ลิ้มสวัสดิ์. (2550). การวิเคราะห์ปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างช่วงก่อนดำเนินการก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์แบบพอลต์ทรี (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพฑูรย์ ต้นอุต. (2547). การวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) โดยใช้การวิเคราะห์แบบพอลต์ทรี (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ISBN 974-17-5992-4.
- พรพิมล บุญธรรม. (2557). การบริหารความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้าง: กรณีศึกษา การก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าบางหว้าของโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- นันท์ธิดา กระจำงตา. (2561). การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินงานก่อสร้างรถไฟฟ้า: กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีม่วง (บางใหญ่-บางซื่อ) [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์].
- สุวิมล ชื่นสกุล. (2565). การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าในงานก่อสร้างโครงการเขื่อนและงานชลประทานโดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP). วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- อัครเดช ทองผุด. (2560). การศึกษาปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนจังหวัดอุบลราชธานี (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).

ภาษาอังกฤษ

- Kimheua, C., & Chaisakulkiat, U. (2020, July 15–17). *Factors affecting construction delay: A case study of the Metropolitan Rapid Transit Pink Line (Khae Rai–Min Buri)*. The 25th National Convention on Civil Engineering (NCCE25), Chonburi, Thailand, pp. CEM14-1–CEM14-6.
- Limsawasd, C. (2007). *An analysis of the problems in construction management in pre-construction phase using fault tree analysis* (Master's thesis). Chulalongkorn University.
- Tunoud, P. (2004). *An analysis of the significance of factors affecting the quality of road construction projects in subdistrict administration organizations using fault tree analysis* (Master's thesis). Chulalongkorn University. ISBN 974-17-5992-4
- Boontham, P. (2014). *Risk management affecting time and cost in construction projects: A case study of the Bang Wa BTS station construction under Bangkok Mass Transit Project* (Master's thesis, Kasetsart University).
- Krajangta, N. (2018). *Factors contributing to construction delays in the Metropolitan Rapid Transit Purple Line (Bang Yai–Bang Sue) project, Bangkok, Thailand* [Master's thesis, Thammasat University].
- Chueansakul, S. (2022). *A study of factors affecting delays in dam and irrigation construction projects using the Analytic Hierarchy Process (AHP)* [Master's thesis, Rajamangala University of Technology Isan].
- Thongphud, A. (2017). *A study of problems causing delays in road construction of Ubon Ratchathani Provincial Administration Organization* (Master's thesis, Suranaree University of Technology).



ภาคผนวก ก

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด

1.สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพพล็อตตรี

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพพล็อตตรีแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

- ก.) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน (Fundamental Event Symbols)
- ข.) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ชั้นกลาง (Intermediate Event Symbols)
- ค.) สัญลักษณ์ของประตูตรรกศาสตร์ (Gate Symbols)
- ง.) สัญลักษณ์ของการโยกย้าย (Transfer Symbols)
- ก.) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์พื้นฐาน (Fundamental Event Symbols)

เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับรากฐาน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. เหตุการณ์เบื้องต้น (The Basic Event) เป็นเหตุการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์รูปวงกลม เป็นเหตุการณ์เบื้องต้น ที่มีความชัดเจนเพียงพอตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ไม่จำเป็นต้องแจกแจงต่อไป

2. เหตุการณ์ที่ไม่ต้องแจกแจง (The Undeveloped Event) เป็นเหตุการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เป็นเหตุการณ์ที่ไม่ต้องแจกแจงต่อ เนื่องจากเป็นสาเหตุที่มีข้อมูลไม่เพียงพอหรือไม่มีผลต่อการวิเคราะห์

3. เหตุการณ์ที่เป็นเงื่อนไข (The Conditioning Event) เป็นเหตุการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์รูปวงรี ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขหรือข้อจำกัด มักใช้ควบคู่กับประตูตรรกศาสตร์ “และลำดับ (Priority And)” และ “สกัดกั้น (Inhibit)”

4. เหตุการณ์ภายนอก (The External Event) เป็นเหตุการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์รูปบ้าน แสดงถึงเหตุการณ์ภายนอกที่คาดว่า จะเกิดขึ้นแน่นอน

ข.) สัญลักษณ์ของเหตุการณ์ชั้นกลาง (Intermediate Event Symbols) เป็นเหตุการณ์ที่อยู่คั่นระหว่างเหตุการณ์นำเข้าและเหตุการณ์ผลลัพธ์ เป็นเหตุการณ์ที่ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า บ่งบอกถึงเหตุการณ์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุอื่นที่อยู่ก่อนหน้านี้ ผ่านมายังประตูตรรกศาสตร์ที่อยู่ใต้เหตุการณ์นั้น แต่เหตุการณ์นี้ไม่ใช่เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์

ค.) สัญลักษณ์ของประตูตรรกศาสตร์ (Gate Symbols) มีสัญลักษณ์ทั้งหมดอยู่ 5 ชนิด ดังนี้

1. ประตู “หรือ” (The OR-Gate) เป็นประตูตรรกศาสตร์ที่บ่งบอกถึงเหตุการณ์ผลลัพธ์ (Output Event) จะเกิดขึ้นได้ ถ้าเหตุการณ์นำเข้า (Input Event) เกิดขึ้นอย่างน้อย 1 เหตุการณ์ หรือหลาย ๆ เหตุการณ์รวมกันก็ได้

2. ประตู “และ” (The AND-Gate) เป็นประตูตรรกศาสตร์ที่บ่งบอกถึงเหตุการณ์ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นได้ ถ้าเหตุการณ์นำเข้าทุกเหตุการณ์เกิดขึ้น

3. ประตู “สักรัดกัน” (The INHIBIT-Gate) เป็นประตูตรรกศาสตร์ที่ประยุกต์จากประตู “และ” โดยมีสาเหตุนำเข้าเพียงสาเหตุเดียว แต่สาเหตุนำเข้านั้น จะต้องผ่านเงื่อนไขบางประการก่อน จนกว่าจะถึงค่าที่กำหนดไว้ จึงจะทำให้เกิดเหตุการณ์ที่เป็นเงื่อนไข

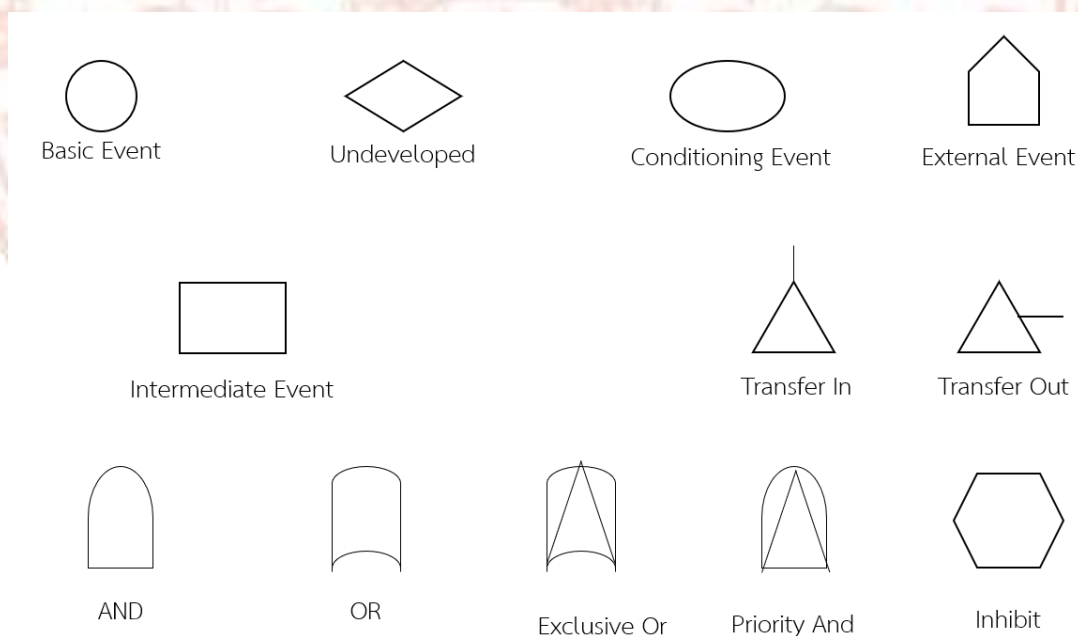
4. ประตู “หรือเฉพาะ” (The EXCLUSIVE OR-Gate) เป็นประตูตรรกศาสตร์ที่ประยุกต์จากประตู “หรือ” ซึ่งเหตุการณ์ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ ต้องมีเพียงเหตุการณ์นำเข้า เหตุการณ์หนึ่งของเหตุการณ์นำเข้าที่เกิดขึ้นเท่านั้น

5. ประตู “และลำดับ” (The PRIORITY AND-Gate) เป็นประตูตรรกศาสตร์ที่ประยุกต์จากประตู “และ” ซึ่งเหตุการณ์ผลลัพธ์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ เหตุการณ์นำเข้าทุกเหตุการณ์ เกิดขึ้นตามลำดับที่ระบุไว้

ง.) สัญลักษณ์ของการโยกย้าย (Transfer Symbols) เป็นสัญลักษณ์ที่มีการใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียนแผนภาพฟลอต์ทรี มีสัญลักษณ์อยู่ด้วยกัน 2 ชนิด

1. สัญลักษณ์การโยกย้ายเข้า (Transfer In) เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่า แผนภาพนั้นจะถูกเขียนต่อเนื่องในส่วนอื่นของเอกสาร ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก เนื้อหาที่มีอยู่จำกัด

2. สัญลักษณ์การโยกย้ายออก (Transfer Out) เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่า แผนภาพที่ถูกโยกย้ายเข้ามานั้นจะเขียนหรือแสดงในตำแหน่งถัดไปตามที่กล่าวไว้



รูปที่ ก.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด



ภาคผนวก ข.

แบบสอบประเมินคุณภาพเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)



แบบสอบประเมินคุณภาพเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง

อายุ :

ตำแหน่ง :

ประสบการณ์การทำงาน ปี

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อการทำวิจัยให้มีคุณภาพ นี่เป็นส่วนหนึ่งของสารนิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งเป็น 12 ส่วน

วิธีการตอบแบบสอบถามโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด

1. ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบสอบถาม
2. ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญลงในตาราง

คำแนะนำ: โปรดให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละกลุ่ม โดยใช้ระดับคะแนนดังนี้:

- +1 หมายถึง คำถามนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 1 หมายถึง คำถามนี้ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ส่วนที่ 1 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านบุคลากร

ข้อที่	ด้านบุคลากร	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
1.1	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ	-1	0	+1	
1.2	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ	-1	0	+1	
1.3	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	-1	0	+1	
1.4	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ	-1	0	+1	
1.5	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง	-1	0	+1	
1.6	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	-1	0	+1	
1.7	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	-1	0	+1	
1.8	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	-1	0	+1	
1.9	การใช้แรงงานต่างชาติ มีปัญหาด้านวัฒนธรรมและภาษาในแรงงานต่างชาติ	-1	0	+1	
1.10	การใช้แรงงานจากคนงานต่างด้าวทำให้เกิดปัญหาทางกฎหมาย	-1	0	+1	
1.11	แรงงานย้ายไปทำงานที่ให้ค่าจ้างสูงกว่า	-1	0	+1	
1.12	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	-1	0	+1	
1.13	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	-1	0	+1	
1.14	บุคลากรขาดขวัญกำลังใจ เนื่องจากค่าจ้างต่ำหรือไม่มีสวัสดิการที่ดี	-1	0	+1	
1.15	ผู้ควบคุมงานไม่มีแรงจูงใจในการทำงาน	-1	0	+1	
1.16	ขาดการอบรมเรื่องความปลอดภัยและอุปกรณ์ป้องกัน	-1	0	+1	

ส่วนที่ 1 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านบุคลากร (ต่อ)

ข้อที่	ด้านบุคลากร	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
1.17	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลง จากการทำงานหนัก	-1	0	+1	
1.18	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	-1	0	+1	

ส่วนที่ 2 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านเครื่องจักร

ข้อที่	ด้านเครื่องจักร	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
2.1	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวน ไม่พอต่อการใช้งาน	-1	0	+1	
2.2	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	-1	0	+1	
2.3	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	-1	0	+1	
2.4	เครื่องจักรเฉพาะทาง อะไหล่เครื่องจักรหายาก	-1	0	+1	
2.5	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท	-1	0	+1	
2.6	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	-1	0	+1	
2.7	คนขับหรือผู้ใช้งานไม่มีความชำนาญ	-1	0	+1	
2.8	คนงานไม่ได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัย ในการใช้เครื่องจักร	-1	0	+1	
2.9	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	-1	0	+1	
2.10	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	-1	0	+1	
2.11	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้ เครื่องจักรได้	-1	0	+1	
2.12	มีการหมุนเวียนเครื่องจักรของบริษัทบ่อย	-1	0	+1	

ส่วนที่ 3 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านวัสดุ

ข้อที่	ด้านวัสดุ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
3.1	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก	-1	0	+1	
3.2	มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	-1	0	+1	
3.3	การคัดเลือกวัสดุที่ใช้งานจริงมีคุณภาพ คุณสมบัติไม่ดี หรือไม่ตรงกับข้อกำหนดตาม สัญญา	-1	0	+1	
3.4	การทดสอบวัสดุที่ไม่เหมาะสมไม่ถูกต้องทำให้ คุณสมบัติวัสดุไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	-1	0	+1	
3.5	การจัดซื้อวัสดุหลายยี่ห้อที่เป็นสินค้าชนิด เดียวกัน ยากต่อการควบคุมคุณภาพ	-1	0	+1	
3.6	วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจาก การจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	-1	0	+1	
3.7	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่ วางแผนไว้	-1	0	+1	
3.8	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	-1	0	+1	
3.9	วัสดุก่อสร้างเป็นวัสดุแบบใหม่ที่ไม่เคยใช้มา ก่อน	-1	0	+1	
3.10	การเปลี่ยนวัสดุระหว่างโครงการทำให้เกิด ปัญหาการติดตั้ง	-1	0	+1	

ส่วนที่ 4 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านการจัดการ

ข้อที่	ด้านการจัดการ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
4.1	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	-1	0	+1	
4.2	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	-1	0	+1	
4.3	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	-1	0	+1	
4.4	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	-1	0	+1	
4.5	ใช้วิธีการแบบดั้งเดิมที่ล้าสมัย ส่งผลให้โครงการล่าช้า	-1	0	+1	
4.6	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	-1	0	+1	
4.7	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	-1	0	+1	
4.8	ใช้วิธีการก่อสร้างที่ไม่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐานสากล	-1	0	+1	
4.9	ขาดคู่มือหรือแนวทางที่เป็นระบบ ทำให้แรงงานทำงานผิดพลาด	-1	0	+1	
4.10	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	-1	0	+1	
4.11	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	-1	0	+1	
4.12	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	-1	0	+1	
4.13	ความซับซ้อนของแบบทำให้ยากต่อการเข้าใจแบบก่อสร้าง	-1	0	+1	
4.14	ขนาดเนื้อที่ของงานก่อสร้างมีขนาดใหญ่เกินไป ยากต่อการควบคุมคุณภาพของงาน	-1	0	+1	
4.15	ขาดการนำเทคโนโลยี BIM (Building Information Modeling) มาช่วยวางแผน	-1	0	+1	
4.16	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	-1	0	+1	

ส่วนที่ 4 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านการจัดการ (ต่อ)

ข้อที่	ด้านการจัดการ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
4.17	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป	-1	0	+1	
4.18	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	-1	0	+1	
4.19	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	-1	0	+1	
4.20	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	-1	0	+1	
4.21	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	-1	0	+1	
4.22	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	-1	0	+1	
4.23	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	-1	0	+1	
4.24	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	-1	0	+1	

ส่วนที่ 5 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านการเงิน

ข้อที่	ด้านการเงิน	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
5.1	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	-1	0	+1	
5.2	บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	-1	0	+1	
5.3	ไม่มีงบประมาณเพื่อเหตุฉุกเฉิน ทำให้หากมีปัญหาจะไม่มีเงินแก้ไข	-1	0	+1	
5.4	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	-1	0	+1	
5.5	การบริหารเงินสดไม่ดี ทำให้ใช้เงินเกินตัว	-1	0	+1	
5.6	ไม่มีเครดิตดีพอ ทำให้กู้เงินเพิ่มไม่ได้	-1	0	+1	

ส่วนที่ 6 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลา
ในงานก่อสร้างด้านอื่นๆ

ข้อที่	ด้านอื่นๆ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
6.1	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	-1	0	+1	
6.2	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	-1	0	+1	
6.3	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	-1	0	+1	
6.4	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	-1	0	+1	
6.5	มาตรการป้องกัน COVID-19	-1	0	+1	
6.6	เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	-1	0	+1	
6.7	ปัญหาร้องเรียนจากชุมชนบริเวณการก่อสร้าง	-1	0	+1	

ส่วนที่ 7 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านบุคลากร

ข้อที่	ด้านบุคลากร	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
1.1	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	-1	0	+1	
1.2	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาช่วยเพิ่ม	-1	0	+1	
1.3	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	-1	0	+1	
1.4	ค่าชดเชยแรงงานกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือหยุดงานชั่วคราว	-1	0	+1	
1.5	ใช้แรงงานในการแก้ไขคุณภาพงาน	-1	0	+1	
1.6	ค่าอบรมและพัฒนาทักษะแรงงานเฉพาะทาง	-1	0	+1	

ส่วนที่ 8 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านเครื่องจักร

ข้อที่	ด้านเครื่องจักร	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
2.1	การเช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	-1	0	+1	
2.2	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	-1	0	+1	
2.3	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	-1	0	+1	
2.4	การใช้เครื่องจักรในการแก้ไขคุณภาพงาน	-1	0	+1	

ส่วนที่ 9 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านวัสดุ

ข้อที่	ด้านวัสดุ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
3.1	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	-1	0	+1	
3.2	การใช้วัสดุมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น	-1	0	+1	
3.3	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	-1	0	+1	
3.4	ค่าบริหารคลังวัสดุในช่วงวัสดุค้างสต็อกนานเกินไป	-1	0	+1	
3.5	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	-1	0	+1	
3.6	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	-1	0	+1	
3.7	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขคุณภาพงาน	-1	0	+1	

ส่วนที่ 10 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการจัดการ

ข้อที่	ด้านการจัดการ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
4.1	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	-1	0	+1	
4.2	ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	-1	0	+1	
4.3	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	-1	0	+1	
4.4	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	-1	0	+1	
4.5	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	-1	0	+1	
4.6	การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน	-1	0	+1	
4.7	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อ/ทดสอบข้อ	-1	0	+1	
4.8	มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเพิ่มเติม	-1	0	+1	
4.9	ค่าใช้จ่ายในการจ้างที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญพิเศษ	-1	0	+1	
4.10	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	-1	0	+1	

ส่วนที่ 10 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการจัดการ (ต่อ)

ข้อที่	ด้านการจัดการ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
4.11	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลา	-1	0	+1	

ส่วนที่ 11 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการเงิน

ข้อที่	ด้านการเงิน	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
5.1	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	-1	0	+1	
5.2	การเบิกเงินเกินผลงานและผู้รับเหมาช่วงทั้ง งาน	-1	0	+1	

ส่วนที่ 12 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านอื่นๆ

ข้อที่	ด้านอื่นๆ	เกณฑ์ในการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
6.1	การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	-1	0	+1	
6.2	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของ งานและผู้รับเหมา	-1	0	+1	
6.3	ราคาวัสดุผันผวน	-1	0	+1	
6.4	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	-1	0	+1	
6.5	มาตรการป้องกัน Covid	-1	0	+1	
6.6	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	-1	0	+1	
6.7	ค่าชดเชยประชาชนหรือผู้ประกอบการ บริเวณไซต์งาน	-1	0	+1	



ภาคผนวก ค.

แบบสอบถามการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากโครงสร้างแผนภาพต้นไม้
ความผิดพลาด (Fault Tree Analysis: FTA)



**แบบสอบถามโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด
(Fault Tree Analysis: FTA)**

เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง

อายุ :

ตำแหน่ง :

ประสบการณ์การทำงาน ปี

แบบสอบถามโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด นี้เป็นส่วนหนึ่งของสารนิพนธ์ของ
นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม
โยธาและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อหาความถี่ที่เกิดขึ้นของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง
รถไฟฟ้าโดย โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

วิธีการตอบแบบสอบถามโครงสร้างแผนภาพต้นไม้ความผิดพลาด

1. ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบสอบถาม
2. ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ ตั้งแต่ 1-5 ลงในตาราง

คำแนะนำ: โปรดให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยย่อยภายใต้ปัจจัยหลักแต่ละกลุ่ม โดยใช้ระดับ
คะแนนดังนี้:

- 1 = ไม่เคยเกิดเหตุการณ์นี้เลย
- 2 = เกิดเหตุการณ์นี้แต่ไม่บ่อยนัก
- 3 = เกิดเหตุการณ์นี้บ้างปานกลาง
- 4 = เกิดเหตุการณ์นี้ค่อนข้างบ่อย
- 5 = เกิดเหตุการณ์นี้แทบทุกครั้ง

ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
1.	ด้านแรงงาน (Manpower)						
1.1	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาช่วย ไม่เพียงพอ						
1.2	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ						
1.3	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ						
1.4	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาช่วย ขาดความชำนาญ						
1.5	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง						
1.6	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์						
1.7	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ						
1.8	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร						
1.9	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน						
1.10	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง						
1.11	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากร ลดลงจากการทำงานหนัก						
1.12	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก						
2.	ด้านเครื่องจักร (Machine)						
2.1	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน						
2.2	ขาดการบำรุงเครื่องจักร						

ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
2.3	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง						
2.4	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท						
2.5	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร						
2.6	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย						
2.7	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร						
2.8	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้						
3	ด้านวัสดุ (Material)						
3.1	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก						
3.2	มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน						
3.3	วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม						
3.4	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้						
3.5	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ						
4	ด้านการจัดการ (Method and Management)						
4.1	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน						
4.2	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน						
4.3	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน						
4.4	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา						
4.5	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง						
4.6	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน						

ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
4.7	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที						
4.8	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า						
4.9	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง						
4.10	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้าหรือไม่ครบถ้วน						
4.11	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน						
4.12	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา						
4.13	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ						
4.14	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น						
4.15	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง						
4.16	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย						
4.17	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน						
4.18	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา						
5	ด้านการเงิน (Money)						
5.1	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า						
5.2	บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า						
5.3	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาดำเนินทุน						

ส่วนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

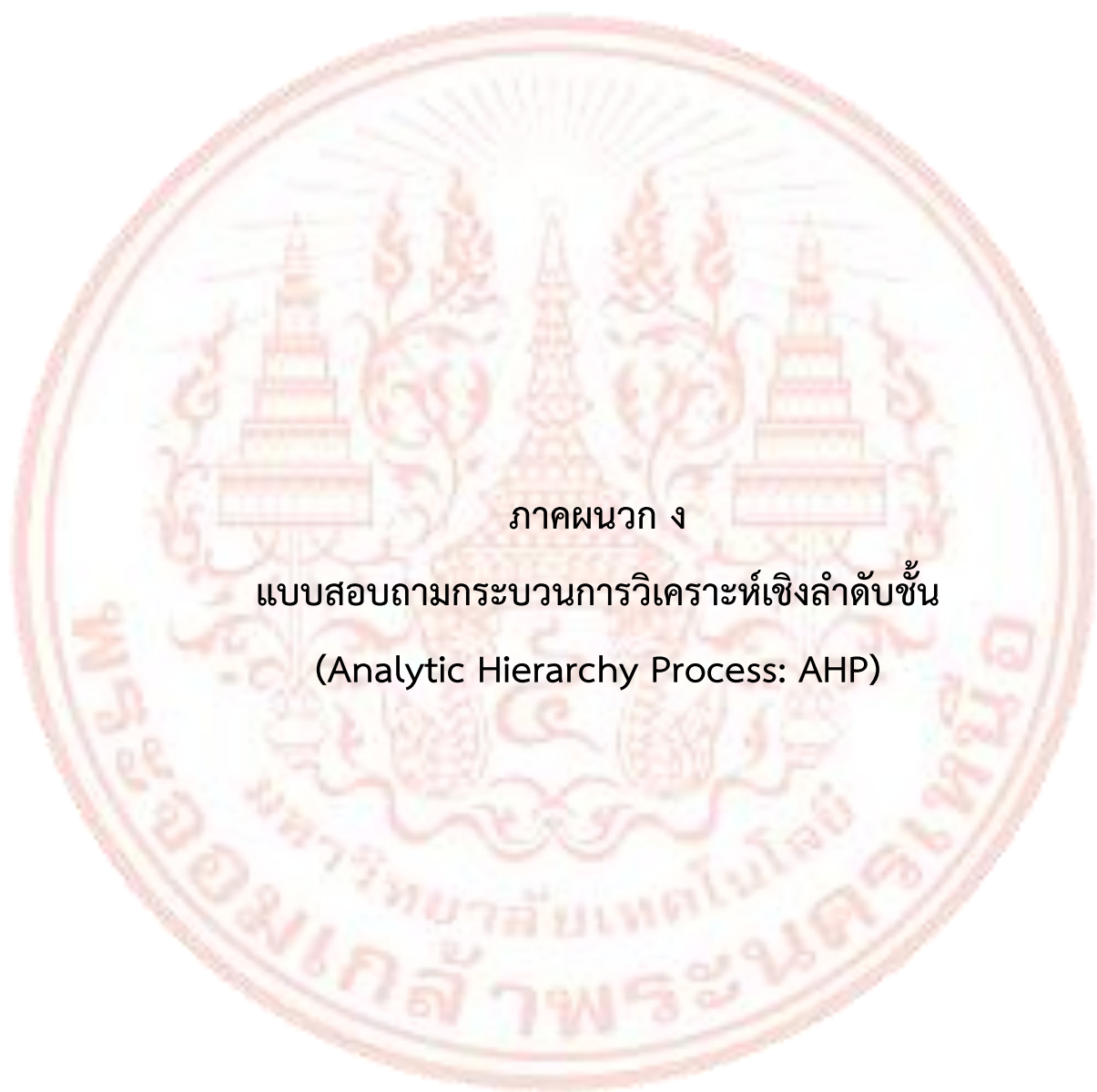
ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
6	ด้านอื่นๆ						
6.1	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน						
6.2	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่						
6.3	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค						
6.4	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย						
6.5	มาตรการป้องกัน COVID-19						

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
1.	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเร่งรัดงาน						
1.1	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน						
1.2	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม						
1.3	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ						
1.4	เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น						
1.5	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร						
1.6	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร						
1.7	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน						
1.8	การใช้วัสดุมากเกินไปจนความจำเป็น						
1.9	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ						
1.10	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่						
1.11	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน						
1.12	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ						
1.13	ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ						
1.14	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ						
1.15	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ						
1.16	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน						
1.17	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร						
1.18	เบิกเงินเกินผลงานและ ผู้รับเหมาช่วงทิ้งงาน						
2.	ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน						
2.1	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน						
2.2	ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน						

ส่วนที่ 2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อที่	สาเหตุ	ความถี่ของสาเหตุ					หมายเหตุ
		1	2	3	4	5	
2.3	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน						
2.4	การเปลี่ยนแปลงงานและเร่งรัดงาน						
2.5	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อ/ทดสอบข้อ						
2.6	มาตรการป้องกันเพิ่มเติม						
3	ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า						
3.1	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง						
3.2	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลา						
4	ด้านการจัดการ (Method and Management)						
4.1	การสั่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่ม งาน						
4.2	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่าง เจ้าของงานและผู้รับเหมา						
4.3	ราคาวัสดุผันผวน						
4.4	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ						
4.5	มาตรการป้องกัน Covid						
4.6	มาตรการป้องกัน ฝุ่น						



ภาคผนวก ง

แบบสอบถามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

(Analytic Hierarchy Process: AHP)



แบบสอบถาม กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)
การจัดลำดับความสำคัญสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ชื่อ - นามสกุล

.....

เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง

ตำแหน่ง :

ประสบการณ์การทำงาน ปี

แบบสอบถาม AHP นี้เป็นส่วนหนึ่งของสารนิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา
เทคโนโลยีวิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม โดยมี
วัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า
โดยแบบสอบถาม กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)
แบ่งเป็น 26 ส่วน

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ “เวลาในงาน
ก่อสร้างรถไฟฟ้า

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใน (ข้อ 1.) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้าง
รถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากร (ข้อ 1.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงาน
ก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรไม่เพียงพอ (ข้อ 1.1.1) มีผลกระทบต่อ
“เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ (ข้อ 1.1.2) มี
ผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการใช้บุคลากรต่างประเทศ (ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรขาดความรับผิดชอบ (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านเครื่องจักร (ข้อ 1.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้ (ข้อ 1.2.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ เครื่องจักรเสื่อมสภาพ (ข้อ 1.2.1.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร (ข้อ 1.2.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 13 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านวัสดุ (ข้อ 1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 14 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ วัสดุไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้ (ข้อ 1.3.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 15 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่วัสดุหรือการผลิตนาน หรือขนส่งล่าช้า (ข้อ 1.3.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการจัดการ (ข้อ 1.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 17 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงาน (ข้อ 1.4.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 18 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 19 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 20 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร (ข้อ 1.4.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 21 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรขาดความรับผิดชอบ (ข้อ 1.4.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 22 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.4.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 23 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัย ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง (ข้อ 1.4.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 24 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเงิน (ข้อ 1.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 25 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 26 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยปัญหาจากผู้ว่าจ้าง (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 27 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยปัญหาจากธรรมชาติ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

วิธีการตอบแบบสอบถาม AHP

1. ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบสอบถาม
2. ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ ตั้งแต่ 1-9 ลงในตาราง โดย
 - 1 มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน
 - 9 น้ำหนักความสำคัญมาก

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากร (ข้อ 1.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง
1.1.1 บุคลากรไม่เพียงพอ																		1.1.2 บุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ
1.1.1 บุคลากรไม่เพียงพอ																		1.1.3 การใช้บุคลากรต่างประเทศ
1.1.1 บุคลากรไม่เพียงพอ																		1.1.4 บุคลากรขาดความรู้ฝึกซ้อม
1.1.1 บุคลากรไม่เพียงพอ																		1.1.5 ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก
1.1.2 บุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ																		1.1.3 การใช้แรงบุคลากรต่างประเทศ
1.1.2 บุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ																		1.1.4 บุคลากรขาดความรู้ฝึกซ้อม
1.1.3 บุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ																		1.1.5 ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก
1.1.3 การใช้แรงบุคลากรต่างประเทศ																		1.1.4 บุคลากรขาดความรู้ฝึกซ้อม
1.1.4 การใช้แรงบุคลากรต่างประเทศ																		1.1.5 ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก
1.1.4 บุคลากรขาดความรู้ฝึกซ้อม																		1.1.5 ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรไม่เพียงพอ (ข้อ 1.1.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก		ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.1.1.1 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ																		1.1.1.2 วิศวกรภาคสนาม ไฟร์แมน ไม่เพียงพอ
1.1.1.1 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ																		1.1.1.3 ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ
1.1.1.2 วิศวกรภาคสนาม ไฟร์แมน ไม่เพียงพอ																		1.1.1.3 ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรขาดประสิทธิภาพ ทัศนคติ (ข้อ 1.1.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.2.1 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ																		1.1.2.2 วิศวกรภาคสนามหรือไฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง
1.1.2.1 คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ																		1.1.2.3 ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์
1.1.2.2 วิศวกรภาคสนามหรือไฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง																		1.1.2.3 ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการใช้บุคลากรต่างประเทศ (ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.3.1 การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ																		1.1.3.2 การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรชาวต่างชาติ (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในนาก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.4.1 แรงงานหรือผู้รับเหมาระหว่างชาติมีส่วนร่วมในการทำงาน																		1.1.4.2 วิศวกรภาคสนามหรือโปรแกรมเมอร์ การติดตามงานอย่างต่อเนื่อง

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในนาก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.5.1 ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากร																		1.1.5.2 บุคลากรเกิดการล้าป่วย
ลดลงจากการทำงานหนัก																		

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านเครื่องจักร (ข้อ 1.2) มีผลกระทบตอ “เวลาในงานก่อสร้างไฟฟ้า”																	
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.2.1 จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้																	
																	1.2.2 มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้(ข้อ 1.2.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.2.1.1 เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน																		1.2.1.2 เครื่องจักรเสื่อมสภาพ
1.2.1.1 เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน																		1.2.1.3 ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร
1.2.1.2 เครื่องจักรเสื่อมสภาพ																		1.2.1.3 ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ เครื่องจักรเสื่อมสภาพ (ข้อ 1.2.1.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงนก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																	
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.2.1.2.1 ขาดการบำรุงเครื่องจักร																	1.2.1.2.2 เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง
1.2.1.2.1 ขาดการบำรุงเครื่องจักร																	1.2.1.2.3 การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท
1.2.1.2.2 เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง																	1.2.1.2.3 การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร (ข้อ 1.2.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																	
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.2.2.1 มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย																	1.2.2.2 พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร
1.2.2.1 มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย																	1.2.2.3 ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้
1.2.2.2 พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร																	1.2.2.3 ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการจัดการ (ข้อ 1.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก		ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.4.1 การวางแผนงาน																			1.4.2 ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร
1.4.1 การวางแผนงาน																			1.4.3 ปัญหาในการสื่อสาร
1.4.1 การวางแผนงาน																			1.4.4 การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
1.4.1 การวางแผนงาน																			1.4.5 ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง
1.4.2 ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร																			1.4.3 ความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร
1.4.2 ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร																			1.4.4 การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
1.4.2 ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร																			1.4.5 ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง
1.4.3 ปัญหาในการสื่อสาร																			1.4.4 การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
1.4.3 ปัญหาในการสื่อสาร																			1.4.5 ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง
1.4.4 การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย																			1.4.5 ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง

ส่วนที่ 17 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงาน (ข้อ 1.4.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง
1.4.1.1 การวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม																		1.4.1.2 แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน
1.4.1.1 การวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม																		1.4.1.3 แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา
1.4.1.1 การวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม																		1.4.1.4 การวางแผนขั้นตอนการก่อสร้างไม่เหมาะสม
1.4.1.2 แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน																		1.4.1.3 แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา
1.4.1.2 แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน																		1.4.1.4 การวางแผนขั้นตอนการก่อสร้างไม่เหมาะสม
1.4.1.3 แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา																		1.4.1.4 การวางแผนขั้นตอนการก่อสร้างไม่เหมาะสม

ส่วนที่ 18 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงนก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง
1.4.1.1.1 วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน																		1.4.1.1.2 วางแผนผู้รับเหมาช่างไม่สอดคล้องกับงาน

ส่วนที่ 19 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงนก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง
1.4.1.3.1 ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง																		1.4.1.3.2 วางแผนการเร่งรัดงานติดตั้ง
1.4.1.3.1 ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง																		1.4.1.3.3 ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
1.4.1.3.1 ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง																		1.4.1.3.4 ไม่มีการติดตามความคืบหน้า
1.4.1.3.2 วางแผนการเร่งรัดงานติดตั้ง																		1.4.1.3.3 ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
1.4.1.3.2 วางแผนการเร่งรัดงานติดตั้ง																		1.4.1.3.4 ไม่มีการติดตามความคืบหน้า
1.4.1.3.3 ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น																		1.4.1.3.4 ไม่มีการติดตามความคืบหน้า

ส่วนที่ 20 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร (ข้อ 1.4.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง
1.4.2.1 การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง																		1.4.2.2 ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้าหรือไม่ครบถ้วน
1.4.2.1 การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง																		1.4.2.3 กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป
1.4.2.1 การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง																		1.4.2.4 หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา
1.4.2.2 ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้าหรือไม่ครบถ้วน																		1.4.2.3 กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป
1.4.2.2 ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้าหรือไม่ครบถ้วน																		1.4.2.4 หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา
1.4.2.3 กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป																		1.4.2.4 หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา

ส่วนที่ 21 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรทางความรับผิดชอบ (ข้อ 1.4.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.4.3.1 การสื่อสารภายในองค์กร ประสิทธิภาพ																		1.4.3.2 ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้จ้างและผู้รับเหมาช่างไม่ตรงประเด็น

ส่วนที่ 22 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.4.4) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.4.4.1 มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง																		1.4.4.2 ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย

ส่วนที่ 23 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัย ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง (ข้อ 1.4.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.4.5.1 ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน																		1.4.5.2 การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา

ส่วนที่ 24 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเงิน (ข้อ 1.5) มีผลกระทบต่อ “เวลาในนาก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.5.1 ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า																		1.5.2 บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า
1.5.1 ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า																		1.5.3 วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาดำเนินทุน
1.5.2 บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า																		1.5.3 วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาดำเนินทุน

ส่วนที่ 25 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในนาก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
2.1 ปัญหาจากผู้จ้าง																		2.1 ปัญหาจากธรรมชาติ

ส่วนที่ 26 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยจากผู้ว่าจ้าง (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงนก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน																		2.1.2 ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน																		2.1.3 ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	
2.1.2 ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่																		2.1.3 ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	

ส่วนที่ 27 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยปัญหาจากธรรมชาติ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2.2.1 สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย																			2.2.2 มาตรการป้องกัน COVID-19
2.2.1 สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย																			2.2.3 เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม
2.2.2 มาตรการป้องกัน COVID-19																			2.2.3 เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม



แบบสอบถาม กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)
การจัดลำดับความสำคัญสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

ชื่อ - นามสกุล

.....

เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง

ตำแหน่ง :

ประสบการณ์การทำงาน ปี

แบบสอบถาม AHP นี้เป็นส่วนหนึ่งของสารนิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชา
เทคโนโลยีวิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม โดยมี
วัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อจัดลำดับความสำคัญสำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า
โดยแบบสอบถาม แบบสอบถามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process:
AHP) แบ่งเป็น 26 ส่วน

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงาน
ก่อสร้างรถไฟฟ้า

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการบริหารโครงการ (ข้อ 1) มีผลกระทบต่อ
“ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน (ข้อ 1.1) มีผลกระทบต่อ
“ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการจัดหาบุคลากรเพิ่ม (ข้อ 1.1.1) มี
ผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม (ข้อ 1.1.2) มีผลกระทบต่อ
“ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดหาวัสดุเพิ่ม(ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของสาเหตุการซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน (ข้อ 1.1.3.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของกระบวนการทำงาน (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเกิดอุบัติเหตุ (ข้อ 1.1.4.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายอื่นๆ(ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน (ข้อ 1.2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า (ข้อ 1.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 13 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 14 การเปรียบเทียบความสำคัญของเจ้าของงาน (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 15 การเปรียบเทียบความสำคัญของเศรษฐกิจ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของเจ้าของงาน (ข้อ 2.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”

วิธีการตอบแบบสอบถาม AHP

1. ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแบบสอบถาม
2. ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ ตั้งแต่ 1-9 ลงในตาราง โดย
 - 1 มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน
 - 9 น้ำหนักความสำคัญมาก

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.การบริหารโครงการ คือ ปัจจัยที่เกิดจากภายในองค์กรหรือโครงการ ซึ่งสามารถควบคุม จัดการ หรือปรับปรุงได้โดยตรง เช่น แรงงาน เครื่องจักร วัสดุ การจัดการ การเงิน เป็นต้น																		2.ปัจจัยภายนอก คือ ปัจจัยหรือเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้าง จากภายนอกองค์กรหรือโครงการ ซึ่งมีก ควบคุมโดยตรงไม่ได้ เช่น ปัญหาจากผู้ว่าจ้าง ภัยธรรมชาติ เป็นต้น	

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยของการบริการโครงการ (ข้อ 1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1 ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน																		1.2 ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน	
1.1 ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน																		1.3 ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า	
1.2 ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน																		1.3 ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า	

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน (ข้อ 1.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงบก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1.1 การจัดหาบุคลากรเพิ่ม																		1.1.2 การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม	
1.1.1 การจัดหาบุคลากรเพิ่ม																		1.1.3 การจัดหาวัสดุเพิ่ม	
1.1.1 การจัดหาบุคลากรเพิ่ม																		1.1.4 กระบวนการทำงาน	
1.1.1 การจัดหาบุคลากรเพิ่ม																		1.1.5 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	
1.1.2 การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม																		1.1.3 การจัดหาวัสดุเพิ่ม	
1.1.2 การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม																		1.1.4 กระบวนการทำงาน	
1.1.3 การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม																		1.1.5 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	
1.1.3 การจัดหาวัสดุเพิ่ม																		1.1.4 กระบวนการทำงาน	
1.1.4 กระบวนการทำงาน																		1.1.5 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	
																		1.1.5 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการจัดหาบุคลากรเพิ่ม (ข้อ 1.1.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงบก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1.1.1 จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน																		1.1.1.2 การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม	
1.1.1.1 จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน																		1.1.1.3 การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	
1.1.1.2 การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม																		1.1.1.3 การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม (ข้อ 1.1.2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงบก่อสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1.2.1 เช่าเครื่องจักร เพิ่ม																		1.1.2.2 ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	
1.1.2.1 เช่าเครื่องจักร เพิ่ม																		1.1.2.3 ค่าขนย้ายเครื่องจักร	
1.1.2.2 ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร																		1.1.2.3 ค่าขนย้ายเครื่องจักร	

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของการจัดหารัฐเพิ่มเติม(ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.3.1 การซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน																		1.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่
1.1.3.1 การซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน																		1.1.3.3 ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน
1.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่																		1.1.3.3.3 ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของการซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน (ข้อ 1.1.3.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.3.1.1 วัสดุสูญหายเนื่องจากมาตรการป้องกัน																		1.1.3.1.2 การใช้วัสดุมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น
1.1.3.1.1 วัสดุสูญหายเนื่องจากมาตรการป้องกัน																		1.1.3.1.2 วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ
1.1.3.1.2 การใช้วัสดุมากเกินไปจนจำเป็น																		1.1.3.1.2 วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของกระบวนการทำงาน (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงบก่อสร้างรถไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.1.4.1 การเกิดอุบัติเหตุ																		1.1.4.2 การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ
1.1.4.1 การเกิดอุบัติเหตุ																		1.1.4.3 ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ
1.1.4.1 การเกิดอุบัติเหตุ																		1.1.4.4 การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน
1.1.4.2 การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ																		1.1.4.3 ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ
1.1.4.2 การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ																		1.1.4.4 การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน
1.1.4.3 ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ																		1.1.4.4 การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเกิดอุบัติเหตุ (ข้อ 1.1.4.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1.4.1.1 การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ																		1.1.4.1.2 ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายอื่น(ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1.1.5.1 ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร																		1.1.5.2 เบิกเงินเกินผลงานและผู้รับเหมาช่วง ทั้งงาน

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายจากภาระค่าใช้จ่ายในงบก่อสร้างรถไฟฟ้า																	
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง								ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.2.1 ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน																	1.2.2 ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน
1.2.1 ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน																	1.2.3 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน
1.2.1 ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน																	1.2.4 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน
1.2.1 ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน																	1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด
1.2.1 ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม
1.2.2 ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน																	1.2.3 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน
1.2.2 ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน																	1.2.4 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน
1.2.2 ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน																	1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด
1.2.2 ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม
1.2.3 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน																	1.2.4 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน
1.2.3 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน																	1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด
1.2.3 ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม
1.2.4 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน																	1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด
1.2.4 การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม
1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม
1.2.5 ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อผิดพลาด																	1.2.6 มาตรการป้องกันเพิ่มเติม

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญองปัจจัยค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า (ข้อ 1.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง 1.3.2 ค่าใช้จ่ายทางอื่นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลา
1.3.1 ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญา ก่อสร้าง																		

ส่วนที่ 13 การเปรียบเทียบความสำคัญองปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง 2.2 เศรษฐกิจ 2.3 ภัยธรรมชาติ 2.3 ภัยธรรมชาติ
2.1 เจ้าของงาน																		
2.1 เจ้าของงาน																		
2.2 เศรษฐกิจ																		

ส่วนที่ 14 การเปรียบเทียบความสำคัญองเจ้าของงาน (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า”																		
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ปัจจัยหลัง 2.1.2 การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่าง เจ้าของงานและผู้รับเหมา
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่ม งาน																		

ส่วนที่ 15 การเปรียบเทียบความสำคัญของเศรษฐกิจ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายเมกานอกสร้างรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2.2.1 ราคาวัสดุผันผวน																		2.2.2 การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของเจ้าของงาน (ข้อ 2.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในเมกาสรางรถไฟฟ้า”																			
ปัจจัยแรก	ปัจจัยแรกสำคัญกว่าปัจจัยหลัง									ปัจจัยหลังสำคัญกว่าปัจจัยหลัก									ปัจจัยหลัง
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2.3.1 มาตรการป้องกัน Covid																		2.3.2 มาตรการป้องกัน ฝุ่น	



ภาคผนวก จ.

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ตาราง จ.1 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านบุคลากร

ข้อที่	ด้านบุคลากร	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
1.1	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ	5.00	1.00
1.2	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ	4.00	0.80
1.3	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	3.00	0.60
1.4	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ	5.00	1.00
1.5	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง	4.00	0.80
1.6	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	3.00	0.60
1.7	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	3.00	0.60
1.8	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	3.00	0.60
1.9	การใช้แรงงานต่างชาติ มีปัญหาด้านวัฒนธรรมและภาษาในแรงงานต่างชาติ	2.00	0.40
1.10	การใช้แรงงานจากคนงานต่างด้าวทำให้เกิดปัญหาทางกฎหมาย	1.00	0.20
1.11	แรงงานย้ายไปทำงานที่ให้ค่าจ้างสูงกว่า	1.00	0.20
1.12	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	3.00	0.60
1.13	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	4.00	0.80
1.14	บุคลากรขาดขวัญกำลังใจ เนื่องจากค่าจ้างต่ำหรือไม่มีสวัสดิการที่ดี	0.00	0.00
1.15	ผู้ควบคุมงานไม่มีแรงจูงใจในการทำงาน	-1.00	-0.20
1.16	ขาดการอบรมเรื่องความปลอดภัยและอุปกรณ์ป้องกัน	2.00	0.40

ตาราง จ.1 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านบุคลากร (ต่อ)

ข้อที่	ด้านบุคลากร	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
1.17	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	3.00	0.60
1.18	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	3.00	0.60

ตาราง จ.2 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านเครื่องจักร

ข้อที่	ด้านเครื่องจักร	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
2.1	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	5.00	1.00
2.2	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	4.00	0.80
2.3	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	4.00	0.80
2.4	เครื่องจักรเฉพาะทาง อะไหล่เครื่องจักรหายาก	0.00	0.00
2.5	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท	3.00	0.60
2.6	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	3.00	0.60
2.7	คนขับหรือผู้ใช้งานไม่มีความชำนาญ	2.00	0.40
2.8	คนงานไม่ได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักร	2.00	0.40
2.9	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	3.00	0.60
2.10	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	4.00	0.80
2.11	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	4.00	0.80
2.12	มีการหมุนเวียนเครื่องจักรของบริษัทบ่อย	2.00	0.40

ตาราง จ.3 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านวัสดุ

ข้อที่	ด้านวัสดุ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
3.1	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก	4.00	0.80
3.2	มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	5.00	1.00
3.3	การคัดเลือกวัสดุที่ใช้งานจริงมีคุณภาพ คุณสมบัติไม่ดี หรือไม่ตรงกับข้อกำหนดตาม สัญญา	1.00	0.20
3.4	การทดสอบวัสดุที่ไม่เหมาะสมไม่ถูกต้องทำให้ คุณสมบัติวัสดุไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	1.00	0.20
3.5	การจัดซื้อวัสดุหลายยี่ห้อที่เป็นสินค้าชนิด เดียวกัน ยากต่อการควบคุมคุณภาพ	0.00	0.00
3.6	วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจาก การจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	3.00	0.60
3.7	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่ วางแผนไว้	4.00	0.80
3.8	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	3.00	0.60
3.9	วัสดุก่อสร้างเป็นวัสดุแบบใหม่ที่ไม่เคยใช้มา ก่อน	0.00	0.00
3.10	การเปลี่ยนวัสดุระหว่างโครงการทำให้เกิด ปัญหาการติดตั้ง	2.00	0.40

ตาราง จ.4 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านการจัดการ

ข้อที่	ด้านการจัดการ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
4.1	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	5.00	1.00
4.2	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	5.00	1.00
4.3	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	5.00	1.00
4.4	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	5.00	1.00
4.5	ใช้วิธีการแบบดั้งเดิมที่ล้าสมัย ส่งผลให้โครงการล่าช้า	2.00	0.40
4.6	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	4.00	0.80
4.7	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	5.00	1.00
4.8	ใช้วิธีการก่อสร้างที่ไม่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐานสากล	1.00	0.20
4.9	ขาดคู่มือหรือแนวทางที่เป็นระบบ ทำให้แรงงานทำงานผิดพลาด	1.00	0.20
4.10	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	4.00	0.80
4.11	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	4.00	0.80
4.12	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	3.00	0.60
4.13	ความซับซ้อนของแบบทำให้ยากต่อการเข้าใจแบบก่อสร้าง	2.00	0.40
4.14	ขนาดเนื้อที่ของงานก่อสร้างมีขนาดใหญ่เกินไป ยากต่อการควบคุมคุณภาพของงาน	-1.00	-0.20
4.15	ขาดการนำเทคโนโลยี BIM (Building Information Modeling) มาช่วยวางแผน	-1.00	-0.20
4.16	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	3.00	0.60

ตาราง จ.4 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านการจัดการ (ต่อ)

ข้อที่	ด้านการจัดการ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
4.17	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินไป	3.00	0.60
4.18	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	3.00	0.60
4.19	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	4.00	0.80
4.20	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	3.00	0.60
4.21	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	3.00	0.60
4.22	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	3.00	0.60
4.23	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	3.00	0.60
4.24	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	3.00	0.60

ตาราง จ.5 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านการเงิน

ข้อที่	ด้านการเงิน	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
5.1	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	5.00	1.00
5.2	บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	3.00	0.60
5.3	ไม่มีงบสำรองเพื่อเหตุฉุกเฉิน ทำให้หากมีปัญหาจะไม่มีเงินแก้ไข	0.00	0.00
5.4	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	3.00	0.60
5.5	การบริหารเงินสดไม่ดี ทำให้ใช้เงินเกินตัว	0.00	0.00
5.6	ไม่มีเครดิตดีพอ ทำให้กู้เงินเพิ่มไม่ได้	-2.00	-0.40

ตาราง จ.6 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างด้านอื่นๆ

ข้อที่	ด้านอื่นๆ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
6.1	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	5.00	1.00
6.2	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	5.00	1.00
6.3	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	4.00	0.80
6.4	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	3.00	0.60
6.5	มาตรการป้องกัน COVID-19	3.00	0.60
6.6	เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	3.00	0.60
6.7	ปัญหาร้องเรียนจากชุมชนบริเวณการก่อสร้าง	2.00	0.40

ตาราง จ.7 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านบุคลากร

ข้อที่	ด้านบุคลากร	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
1.1	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	5.00	1.00
1.2	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาช่วยเพิ่ม	5.00	1.00
1.3	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	2.00	0.40
1.4	ค่าชดเชยแรงงานกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือหยุดงานชั่วคราว	5.00	1.00
1.5	ใช้แรงงานในการแก้ไขคุณภาพงาน	1.00	0.20
1.6	ค่าอบรมและพัฒนาทักษะแรงงานเฉพาะทาง	5.00	1.00

ตาราง จ.8 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านเครื่องจักร

ข้อที่	ด้านเครื่องจักร	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
2.1	การเช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	5.00	1.00
2.2	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	4.00	0.80
2.3	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	4.00	0.80
2.4	การใช้เครื่องจักรในการแก้ไขคุณภาพงาน	4.00	0.80

ตาราง จ.9 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านวัสดุ

ข้อที่	ด้านวัสดุ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
3.1	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	3.00	0.60
3.2	การใช้วัสดุมากเกินไปจนเกินความจำเป็น	4.00	0.80
3.3	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	3.00	0.60
3.4	ค่าบริหารคลังวัสดุในช่วงวัสดุค้างสต็อกนานเกินไป	2.00	0.40
3.5	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	4.00	0.80
3.6	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	4.00	0.80
3.7	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขคุณภาพงาน	4.00	0.80

ตาราง จ.10 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการจัดการ

ข้อที่	ด้านการจัดการ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
4.1	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	4.00	0.80
4.2	ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	3.00	0.60
4.3	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	5.00	1.00
4.4	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	5.00	1.00
4.5	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	3.00	0.60
4.6	การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน	5.00	1.00
4.7	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อ/ทดสอบข้อ	3.00	0.60
4.8	มาตรการป้องกันอุบัติเหตุเพิ่มเติม	3.00	0.60
4.9	ค่าใช้จ่ายในการจ้างที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญพิเศษ	2.00	0.40
4.10	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	5.00	1.00

ตาราง จ.10 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการจัดการ (ต่อ)

ข้อที่	ด้านการจัดการ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
4.11	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลา	5.00	1.00

ตาราง จ.11 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านการเงิน

ข้อที่	ด้านการเงิน	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
5.1	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	3.00	0.60
5.2	การเบิกเงินเกินผลงานและผู้รับเหมาช่วงทั้ง งาน	5.00	1.00

ตาราง จ.12 แบบประเมินแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญขอบเขตงานเรื่องความเสี่ยงที่มีผลกระทบ
ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้านอื่นๆ

ข้อที่	ด้านอื่นๆ	คะแนนรวม	ดัชนี IOC
6.1	การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	5.00	1.00
6.2	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของ งานและผู้รับเหมา	3.00	0.60
6.3	ราคาวัสดุผันผวน	3.00	0.60
6.4	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	3.00	0.60
6.5	มาตรการป้องกัน Covid	3.00	0.60
6.6	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	3.00	0.60
6.7	ค่าชดเชยประชาชนหรือผู้ประกอบการ บริเวณไซต์งาน	2.00	0.40



ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณความน่าจะเป็นชุดเหตุการณ์น้อยที่สุด

ตาราง จ.1 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมา ย่อย ไม่เพียงพอ	0.804
(BE 1121)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมา ย่อย ขาดความชำนาญ	0.796
(BE 1131)	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	0.278
(BE 1132)	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	0.530
(BE 1141)	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	0.452
(BE 1151)	วิศวกรภาคสนามหรือโพรแมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	0.674
(BE 1152)	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	0.661
(BE 1221)	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	0.409
(BE 1222)	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	0.665
(BE 1223)	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	0.722
(BE 1321)	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	0.783
(BE 1322)	ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่ากำหนดที่วางแผนไว้	0.743
(BE 14111)	ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	0.626
(BE 14112)	วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	0.757
(BE 14121)	วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	0.761
(BE 14122)	แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	0.713
(BE 14131)	แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	0.748
(BE 14132)	ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	0.765
(BE 14133)	วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	0.717
(BE 14134)	ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	0.604
(BE 1421)	ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	0.570

ตาราง จ.1 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1422)	การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	0.678
(BE 1423)	ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	0.613
(BE 1424)	กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน	0.761
(BE 1431)	หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	0.739
(BE 1432)	การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	0.626
(BE 1441)	ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	0.652
(BE 1442)	มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	0.504
(BE 1451)	ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	0.396
(BE 1452)	ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	0.722
(BE 152)	การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	0.626
(BE 211)	วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาต้นทุน	0.448
(BE 211)	การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	0.778
(BE 212)	ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	0.783
(BE 213)	ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	0.770
(BE 221)	สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	0.587
(BE 222)	มาตรการป้องกัน COVID-19	0.470
(BE 223)	เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	0.274
(BE11121•BE11122)	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอและผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	0.341
(BE11221•BE11222)	วิศวกรภาคสนามหรือโพรแมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้างและผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	0.228

ตาราง จ.1 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE12111•BE1212)	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งานและขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.335
(BE121121•BE1212)	ขาดการบำรุงเครื่องจักรและขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.260
(BE121122•BE1212)	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูงและขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.271
(BE121123•BE1212)	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภทและขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.204
(BE1311•BE13121)	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปกและมีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	0.435
(BE1311•BE13122)	ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปกและวัสดุสูญหายเสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	0.339
(BE1511•BE1512)	ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้าบริษัทขาดสภาพคล่องจ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	0.458

ตาราง จ.2 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 1111)'	จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	0.826
(BE 1112)'	การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาย่อยเพิ่ม	0.765
(BE 1113)'	การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	0.639
(BE 1121)'	เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	0.587
(BE 1122)'	ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	0.730
(BE 1123)'	ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	0.500

ตาราง จ.2 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE 11311)'	วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	0.635
(BE 11312)'	การใช้วัสดุมากเกินไปจนความจำเป็น	0.687
(BE 11313)'	วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	0.670
(BE 1132)'	การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	0.548
(BE 1133)'	ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	0.687
(BE 1142)'	การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	0.770
(BE 1143)'	ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	0.604
(BE 1144)'	การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	0.357
(BE 1151)'	ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	0.683
(BE 1152)'	เบิกเงินเกินผลงานและ ผู้รับเหมาช่วงทำงาน	0.752
(BE 121)'	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	0.804
(BE 122)'	ใช้เครื่องจักรในการแก้ไขงาน	0.687
(BE 123)'	ใช้วัสดุเพิ่มในการแก้ไขงาน	0.796
(BE 124)'	การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน	0.743
(BE 125)'	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบข้อ/ทดสอบข้อ	0.522
(BE 126)'	มาตรการป้องกันเพิ่มเติม	0.487
(BE 211)'	การส่งเปลี่ยนแปลงก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	0.778
(BE 212)'	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา	0.709
(BE 221)'	ราคาวัสดุผันผวน	0.743
(BE 222)'	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	0.587
(BE 231)'	มาตรการป้องกัน Covid	0.404
(BE 232)'	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	0.570

ตาราง จ.2 แสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์พื้นฐาน ปัจจัยที่มีผลกระทบค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างรถไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	เหตุการณ์พื้นฐาน	ความน่าจะเป็น
(BE11411)'• (BE11412)'	การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ และความสูญเสีย เนื่องจากอุบัติเหตุ	0.385
(BE131)'• (BE132)'	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง และ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา	0.367



ภาคผนวก ข

รายละเอียดการคำนวณกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic
Hierarchy Process: AHP)



การคำนวณกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	5.54
2	0.18	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.18 6.54

ปัจจัย	1	2
1	0.847	0.847
2	0.153	0.153

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.694	0.847
0.306	0.153
2.00	1.00

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใน (ข้อ 1.) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n = 5

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	1.00	2.31	3.40	1.43	1.30
2	0.43	1.00	2.67	1.00	1.12
3	0.29	0.38	1.00	0.35	0.38
4	0.70	1.00	2.84	1.00	1.22
5	0.77	0.90	2.66	0.82	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 3.20 5.58 12.58 4.60 5.01

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	0.313	0.414	0.270	0.311	0.259
2	0.135	0.179	0.212	0.217	0.223
3	0.092	0.067	0.080	0.076	0.075
4	0.219	0.179	0.226	0.217	0.243
5	0.241	0.161	0.212	0.178	0.200

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.567	0.313
0.967	0.193
0.390	0.078
1.084	0.217
0.992	0.198
5.00	1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 5.05$ C.I = 0.012 R.I = 1.12 C.R. = 0.011

A x B = C

1.593	5.083
0.975	5.044
0.393	5.043
1.092	5.038
0.999	5.038

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใน (ข้อ 1.) มีผลกระทบบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เจลีย์)

n =

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	1.00	2.45	4.59	3.85	3.82
2	0.41	1.00	3.17	2.55	2.53
3	0.22	0.32	1.00	0.67	0.55
4	0.26	0.39	1.50	1.00	0.99
5	0.26	0.40	1.81	1.01	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.15 4.55 12.07 9.08 8.89

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	0.466	0.538	0.380	0.424	0.429
2	0.190	0.220	0.263	0.281	0.285
3	0.101	0.069	0.083	0.074	0.062
4	0.121	0.086	0.124	0.110	0.111
5	0.122	0.087	0.150	0.111	0.113

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
2.238	0.448
1.238	0.248
0.389	0.078
0.552	0.110
0.583	0.117

ผลรวมแนวนอน 5.0000 1.0000

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} =$ C.I. = R.I. = C.R. =

A x B = C 2.282 5.099

 1.254 5.064

 0.391 5.030

 0.555 5.028

 0.585 5.014

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรไม่เพียงพอ (ข้อ 1.1.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เจลีย์)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	1.67	3.65
2	0.60	1.00	2.09
3	0.27	0.48	1.00

ผลรวมแนวนอน 1.87 3.15 6.74

ปัจจัย	1	2	3
1	0.534	0.531	0.541
2	0.319	0.318	0.311
3	0.146	0.152	0.148

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.606	0.535
0.948	0.316
0.447	0.149

3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.00$ C.I. = 0.000 R.I. = 0.58 C.R. = 0.000

A x B = C
1.606 3.000
0.948 3.000
0.447 3.000

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านบุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ (ข้อ 1.1.2) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เจลีย์)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.66	3.21
2	1.52	1.00	4.02
3	0.31	0.25	1.00

ผลรวมแนวนอน 2.83 1.91 8.23

ปัจจัย	1	2	3
1	0.354	0.346	0.390
2	0.536	0.524	0.488
3	0.110	0.130	0.122

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.090	0.363
1.548	0.516
0.362	0.121

3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.00$ C.I. = 0.002 R.I. = 0.58 C.R. = 0.004

A x B = C
1.091 3.005
1.551 3.006
0.362 3.001

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการใช้บุคลากรต่างประเทศ (ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.43
2	2.31	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 3.31 1.43

ปัจจัย	1	2
1	0.302	0.302
2	0.698	0.698

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
0.604	0.302
1.396	0.698

2.00 1.00

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรขาดความรับผิดชอบ (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.69
2	1.44	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.44 1.69

ปัจจัย	1	2
1	0.410	0.410
2	0.590	0.590

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
0.820	0.410
1.180	0.590

2.00 1.00

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.70
2	1.43	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.43 1.70

ปัจจัย	1	2
1	0.411	0.411
2	0.589	0.589

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
0.823	0.411
1.177	0.589

2.00 1.00

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านเครื่องจักร (ข้อ 1.2) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า"

(คนที่ เจลีย์)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.58
2	1.73	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.73 1.58

ปัจจัย	1	2
1	0.366	0.366
2	0.634	0.634

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
0.733	0.366
1.267	0.634

2.00 1.00

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้(ข้อ 1.2.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้าง" (คนที่ เจลีย์)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	3.93	2.63
2	0.25	1.00	0.61
3	0.38	1.64	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.64 6.57 4.23

ปัจจัย	1	2	3
1	0.611	0.598	0.620
2	0.156	0.152	0.144
3	0.233	0.250	0.236

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
1.829	0.610
0.452	0.151
0.719	0.240

3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.00$ C.I. = 0.000 R.I. = 0.58

C.R. = 0.001

A x B = C 1.830 3.002

0.452 3.000

0.719 3.001

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ เครื่องจักรเสื่อมสภาพ (ข้อ 1.2.1.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	2.18	3.27
2	0.46	1.00	1.10
3	0.31	0.91	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.76 4.09 5.36

ปัจจัย	1	2	3
1	0.567	0.533	0.609
2	0.260	0.244	0.204
3	0.173	0.223	0.186

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.709	0.570
0.709	0.236
0.583	0.194

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.01$ C.I. = 0.005 R.I. = 0.58 C.R. = 0.009

A x B = C
1.719 3.019
0.710 3.007
0.584 3.007

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร (ข้อ 1.2.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.34	0.26
2	2.93	1.00	0.41
3	3.91	2.45	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 7.84 3.79 1.66

ปัจจัย	1	2	3
1	0.128	0.090	0.154
2	0.374	0.264	0.245
3	0.499	0.646	0.601

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
0.371	0.124
0.883	0.294
1.746	0.582

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.04$ C.I. = 0.021 R.I. = 0.58 C.R. = 0.036

A x B = C
0.373 3.014
0.895 3.040
1.787 3.070

ส่วนที่ 13 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านวัสดุ (ข้อ 1.3) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	1.34
2	0.75	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.75 2.34

ปัจจัย	1	2
1	0.572	0.572
2	0.428	0.428

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.144	0.572
0.856	0.428

2.00 1.00

ส่วนที่ 14 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ทำให้ วัสดุไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้ (ข้อ 1.3.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.43	0.67
2	2.33	1.00	1.35
3	1.49	0.74	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 4.82 2.17 3.02

ปัจจัย	1	2	3
1	0.207	0.198	0.222
2	0.483	0.461	0.447
3	0.309	0.341	0.331

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
0.627	0.209
1.391	0.464
0.982	0.327

3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง

$\lambda_{max} = 3.00$

C.I. = 0.001

R.I. = 0.58

C.R. = 0.002

A x B = C 0.628 3.002

1.393 3.003

0.982 3.002

ส่วนที่ 15 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่วัดการผลิตราย หรือขนส่งล่าช้า (ข้อ 1.3.2) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	3.28
2	0.30	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.30 4.28

ปัจจัย	1	2
1	0.766	0.766
2	0.234	0.234

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
1.533	0.766
0.467	0.234

2.00 1.00

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการจัดการ (ข้อ 1.4) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เฉลี่ย)

n = 5

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	1.00	3.27	2.35	2.11	2.84
2	0.31	1.00	1.03	1.39	1.49
3	0.43	0.97	1.00	1.48	1.64
4	0.47	0.72	0.67	1.00	0.93
5	0.35	0.67	0.61	1.07	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.56 6.63 5.67 7.05 7.91

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	0.391	0.493	0.415	0.299	0.360
2	0.120	0.151	0.182	0.197	0.188
3	0.166	0.147	0.177	0.210	0.207
4	0.186	0.108	0.119	0.142	0.118
5	0.138	0.101	0.108	0.152	0.126

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
1.958	0.392
0.838	0.168
0.907	0.181
0.673	0.135
0.625	0.125

5.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 5.06$ C.I. = 0.016 R.I. = 1.12 C.R. = 0.014

A × B = C 2.005 5.121

0.847 5.057

0.915 5.045

0.680 5.051

0.630 5.041

ส่วนที่ 17 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงาน (ข้อ 1.4.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เจลีย์)

n = 4

ปัจจัย	1	2	3	4
1	1.00	1.00	2.70	0.89
2	1.00	1.00	2.63	0.83
3	0.37	0.38	1.00	0.56
4	1.12	1.21	1.79	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 3.49 3.59 8.12 3.28

ปัจจัย	1	2	3	4
1	0.286	0.278	0.333	0.272
2	0.286	0.278	0.323	0.252
3	0.106	0.106	0.123	0.171
4	0.322	0.337	0.221	0.305

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 4.04$ C.I. = 0.013 R.I. = 0.9 C.R. = 0.014

A x B = C

1.183	4.046
1.154	4.048
0.509	4.023
1.196	4.039

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
1.169	0.292
1.140	0.285
0.506	0.126
1.184	0.296

ผลรวมแนวนอน 4.00 1.00

ส่วนที่ 18 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เจลีย์)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.98
2	1.02	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.02 1.98

ปัจจัย	1	2
1	0.496	0.496
2	0.504	0.504

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
0.992	0.496
1.008	0.504

ผลรวมแนวนอน 2.00 1.00

ส่วนที่ 19 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการวางแผนขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่เหมาะสม (ข้อ 1.4.1.3) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่เฉลี่ย)

n = 4

ปัจจัย	1	2	3	4
1	1.00	2.58	2.01	3.31
2	0.39	1.00	0.61	1.36
3	0.50	1.64	1.00	1.76
4	0.30	0.74	0.57	1.00

ผลรวมแนวนอน 2.19 5.95 4.19 7.42

ปัจจัย	1	2	3	4
1	0.457	0.433	0.480	0.445
2	0.177	0.168	0.146	0.183
3	0.227	0.275	0.239	0.237
4	0.138	0.124	0.136	0.135

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
1.815	0.454
0.674	0.168
0.979	0.245
0.532	0.133

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 4.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 4.01$ C.I. = 0.003 R.I. = 0.9

C.R. = 0.003

A x B = C
1.820 4.010
0.674 4.004
0.981 4.009
0.533 4.008

ส่วนที่ 20 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร (ข้อ 1.4.2) มีผลกระทบต่อ “เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่เฉลี่ย)

n = 4

ปัจจัย	1	2	3	4
1	1.00	2.90	2.13	2.17
2	0.35	1.00	1.37	1.07
3	0.47	0.73	1.00	1.23
4	0.46	0.93	0.81	1.00

ผลรวมแนวนอน 2.28 5.56 5.32 5.47

ปัจจัย	1	2	3	4
1	0.439	0.521	0.401	0.396
2	0.152	0.180	0.258	0.196
3	0.206	0.131	0.188	0.225
4	0.203	0.168	0.153	0.183

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
1.758	0.439
0.786	0.197
0.750	0.188
0.706	0.177

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 4.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 4.05$ C.I. = 0.016 R.I. = 0.9

C.R. = 0.018

A x B = C
1.791 4.076
0.795 4.047
0.754 4.020
0.715 4.050

ส่วนที่ 21 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยบุคลากรขาดความรับผิดชอบ (ข้อ 1.4.3) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)									
n =	2								
ปัจจัย	1	2							
1	1.00	1.02							
2	0.98	1.00							
ผลรวมแนวตั้ง	1.98	2.02							
ปัจจัย	1	2			ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor			
1	0.506	0.506			1.011	0.506			
2	0.494	0.494			0.989	0.494			
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00			2.00	1.00			

ส่วนที่ 22 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก (ข้อ 1.4.4) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)									
n =	2								
ปัจจัย	1	2							
1	1.00	0.27							
2	3.73	1.00							
ผลรวมแนวตั้ง	4.73	1.27							
ปัจจัย	1	2			ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor			
1	0.212	0.212			0.423	0.212			
2	0.788	0.788			1.577	0.788			
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00			2.00	1.00			

ส่วนที่ 23 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัย ปัญหาในการสื่อสาร (ข้อ 1.4.5) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)									
n =	2								
ปัจจัย	1	2							
1	1.00	0.59							
2	1.70	1.00							
ผลรวมแนวตั้ง	2.70	1.59							
ปัจจัย	1	2			ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor			
1	0.371	0.371			0.741	0.371			
2	0.629	0.629			1.259	0.629			
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00			2.00	1.00			

ส่วนที่ 24 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเงิน (ข้อ 1.5) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.78	3.88
2	1.28	1.00	5.81
3	0.26	0.17	1.00

ผลรวมแนวนอน 2.54 1.95 10.69

ปัจจัย	1	2	3
1	0.394	0.400	0.363
2	0.505	0.512	0.544
3	0.101	0.088	0.094

ผลรวมแนวนอน 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
1.156	0.385
1.561	0.520
0.283	0.094

ผลรวมแนวนอน 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 3.00$ C.I = 0.001 R.I = 0.58 C.R = 0.002

A x B = C

1.157	3.003
1.563	3.004
0.283	3.001

ส่วนที่ 25 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	4.25
2	0.24	1.00

ผลรวมแนวนอน 1.24 5.25

ปัจจัย	1	2
1	0.810	0.810
2	0.190	0.190

ผลรวมแนวนอน 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน	Eigenvector
1.619	0.810
0.381	0.190

ผลรวมแนวนอน 2.00 1.00

ส่วนที่ 26 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยปัญหาจากผู้ว่าจ้าง (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.39	0.54
2	2.59	1.00	1.91
3	1.84	0.52	1.00

ผลรวมแนวนอน 5.42 1.91 3.45

ปัจจัย	1	2	3		
1	0.184	0.202	0.158	ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
2	0.477	0.523	0.553		
3	0.339	0.274	0.290		
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} =$

 C.I. =
 R.I. =
 C.R. =

$A \times B = C$

0.545	3.005
1.561	3.016
0.905	3.010

ส่วนที่ 27 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยปัญหาจากธรรมชาติ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ "เวลาในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เจลีย์)

n =

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	1.50	1.76
2	0.67	1.00	1.47
3	0.57	0.68	1.00

ผลรวมแนวตั้ง

2.23	3.18	4.23
------	------	------

ปัจจัย	1	2	3		
1	0.448	0.472	0.416	ผลรวมแนวนอน	Eigencevtor
2	0.298	0.315	0.348		
3	0.254	0.214	0.236		
ผลรวมแนวตั้ง	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} =$

 C.I. =
 R.I. =
 C.R. =

$A \times B = C$

1.339	3.008
0.963	3.006
0.705	3.004

(HE) ระยะเวลาก่อสร้างเพิ่มขึ้น			น้ำหนัก
(IE1)	ปัจจัยภายใน		0.847
	(IE 11)	ปัจจัยด้านบุคลากร	0.265
	(IE 111)	บุคลากรไม่เพียงพอ	0.119
	(BE 1111)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ไม่เพียงพอ	0.064
	(BE 1112)	วิศวกรภาคสนาม โฟร์แมน ไม่เพียงพอ	0.038
	(BE 1112)	ผู้บริหาร มีจำนวนไม่เพียงพอ	0.018
	(IE 112)	บุคลากรขาดประสบการณ์ ทักษะ	0.066
	(BE 1121)	คนงาน หรือ ผู้รับเหมาย่อย ขาดความชำนาญ	0.024
	(BE 1122)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมน ขาดความเข้าใจในแบบก่อสร้าง	0.034
	(BE 1122)	ผู้บริหาร ไม่มีประสบการณ์	0.008
	(IE 113)	การใช้บุคลากรต่างประเทศ	0.021
	(BE 1131)	การขาดแคลนผู้มีความเชี่ยวชาญในประเทศ	0.006
	(BE 1132)	การใช้แรงงานต่างด้าว มีปัญหาในการสื่อสาร	0.014
	(IE 114)	บุคลากรขาดความรับผิดชอบ	0.029
	(BE 1141)	แรงงานหรือผู้รับเหมาช่วงขาดความร่วมมือในการทำงาน	0.012
	(BE 1142)	วิศวกรภาคสนามหรือโฟร์แมนขาดการติดตามงานอย่างต่อเนื่อง	0.017
	(IE 115)	ประสิทธิภาพลดลงจากการทำงานหนัก	0.031
	(BE 1151)	ประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรลดลงจากการทำงานหนัก	0.013
	(BE 1152)	บุคลากรเกิดการล้าป่วยจากการทำงานหนัก	0.018
	(IE 12)	ปัจจัยด้านเครื่องจักร	0.164
	(IE 121)	จำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	0.060
	(BE 1211)	เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักมีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	0.037
	(IE 12112)	เครื่องจักรเสื่อมสภาพ	0.009
	(BE 1211)	ขาดการบำรุงเครื่องจักร	0.005
	(BE 1211)	เครื่องจักรมีอายุใช้งานสูง	0.002
	(BE 1211)	การใช้งานเครื่องจักรผิดประเภท	0.002
	(BE 1212)	ขาดผู้ให้บริการเช่าเครื่องจักร	0.014
	(IE 122)	มีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักร	0.104
	(BE 1221)	มีการขนย้ายเครื่องจักรบ่อย	0.013
	(BE 1222)	พื้นที่ก่อสร้างไม่เอื้อต่อการใช้เครื่องจักร	0.031
	(BE 1223)	ช่วงเวลาการทำงานจำกัดไม่สามารถใช้เครื่องจักรได้	0.060

		(IE 13) ปัจจัยด้านวัสดุ	0.066
		(IE 131) วัสดุไม่เพียงพอและหาทดแทนไม่ได้	0.038
		(BE 1311) ไม่มีผู้ขายวัสดุที่ตรงตามสเปก	0.008
		(BE 1312) มีการใช้วัสดุเกินกว่าที่กำหนดในแผน	0.018
		(BE 1312) วัสดุสูญหาย เสื่อมสภาพ หรือเสียหายจากการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม	0.012
		(IE 132) รอกการผลิตนาน หรือขนส่งล่าช้า	0.028
		(BE 1321) ระยะเวลาการผลิตวัสดุเกินกว่าที่กำหนดที่วางแผนไว้	0.022
		(BE 1322) ใช้เวลาในการขนส่งนานกว่าปกติ	0.007
		(IE 14) ปัจจัยด้านการจัดการ	0.184
		(IE 141) การวางแผนงาน	0.072
		(IE 1411) การวางแผนงานด้านบุคลากร ไม่เหมาะสม	0.021
		(BE 14111) วางแผนกำลังคนไม่สอดคล้องกับลักษณะงาน	0.010
		(BE 14112) วางแผนผู้รับเหมาช่วงไม่สอดคล้องกับงาน	0.011
		(BE 1412) แผนการใช้เครื่องจักรไม่สอดคล้องกับประเภทงาน	0.021
		(BE 1412) แผนการใช้วัสดุไม่ตรงตามปริมาณและช่วงเวลา	0.009
		(IE 1413) การวางแผนขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่เหมาะสม	0.021
		(BE 14131) ผู้ควบคุมงานไม่เข้าใจขั้นตอนการก่อสร้าง	0.010
		(BE 14132) วางแผนการเร่งรัดงานผิดขั้นตอน	0.004
		(BE 14133) ไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที	0.005
		(BE 14134) ไม่มีการติดตามความคืบหน้า	0.003
		(IE 142) ความล่าช้าในการดำเนินงานเอกสาร	0.031
		(BE 1421) การจัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้างไม่ถูกต้อง	0.014
		(BE 1422) ผู้รับเหมาส่งเอกสารขออนุมัติล่าช้า หรือไม่ครบถ้วน	0.006
		(BE 1423) กระบวนการพิจารณา/อนุมัติของผู้ว่าจ้างล่าช้าเกินแผน	0.006
		(BE 1424) หน่วยงานรัฐตอบกลับหนังสือ/อนุมัติไม่ทันเวลา	0.005
		(IE 143) ปัญหาในการสื่อสาร	0.033
		(BE 1431) การสื่อสารภายในองค์กรขาดประสิทธิภาพ	0.017
		(BE 1432) ข้อมูลที่สื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับเหมาช่วงไม่ตรงประเด็น	0.016
		(IE 144) การบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย	0.025
		(BE 1441) มีแผนความปลอดภัย แต่ควบคุมไม่ทั่วถึง	0.005
		(BE 1442) ขาดมาตรการด้านความปลอดภัย	0.019
		(IE 145) ข้อบกพร่องด้านสัญญาก่อสร้าง	0.023
		(BE 1451) ขอบเขตงานในสัญญาไม่ชัดเจน	0.009
		(BE 1452) การตีความข้อกำหนดในสัญญาไม่ตรงกันระหว่างคู่สัญญา	0.014

	(IE 15) ปัจจัยด้านการเงิน	0.168
	(BE 1511) ผู้ว่าจ้างเบิกงบประมาณล่าช้า	0.065
	(BE 1512) บริษัทขาดสภาพคล่อง จ่ายเงินผู้รับเหมาล่าช้า	0.087
	(BE 1521) วัสดุราคาสูงขึ้น มีการชะลอการสั่งซื้อวัสดุเพื่อรักษาดำเนินทุน	0.016
(IE2)	ปัจจัยภายนอก	0.153
	(IE 21) ปัญหาจากผู้ว่าจ้าง	0.124
	(BE 211) การเปลี่ยนแปลงแบบหรือคำสั่งจากผู้ว่าจ้างหลังเริ่มงาน	0.022
	(BE 212) ความล่าช้าในการส่งมอบพื้นที่	0.064
	(BE 213) ความล่าช้าในการย้าย/จัดการระบบสาธารณูปโภค	0.037
	(IE 22) ปัญหาจากธรรมชาติ	0.029
	(BE 221) สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	0.013
	(BE 222) มาตรการป้องกัน COVID-19	0.009
	(BE 223) เหตุการณ์ไม่สงบหรือการชุมนุม	0.007



การคำนวณกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n =

ปัจจัย	1	2
1	1.00	4.32
2	0.23	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.23 5.32

ปัจจัย	1	2
1	0.812	0.812
2	0.188	0.188

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวทแยง 1.624 0.376

ผลรวมแนวทแยง	Eigenvector
1.624	0.812
0.376	0.188

ผลรวมแนวทแยง 2.00 1.00

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการบริหารโครงการ (ข้อ 1) ที่มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n =

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	1.55	1.20
2	0.65	1.00	0.85
3	0.83	1.17	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.48 3.72 3.06

ปัจจัย	1	2	3
1	0.404	0.416	0.394
2	0.261	0.268	0.279
3	0.335	0.315	0.327

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวทแยง 1.214 0.808 0.978

ผลรวมแนวทแยง	Eigenvector
1.214	0.405
0.808	0.269
0.978	0.326

ผลรวมแนวทแยง 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} =$ C.I. = R.I. = C.R. =

A x B = C 1.215 3.001

 0.808 3.001

 0.978 3.001

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน (ข้อ 1.1) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 5

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	1.00	1.05	2.19	1.55	3.50
2	0.54	1.00	1.32	1.16	3.46
3	0.46	0.76	1.00	0.80	2.05
4	0.65	0.86	1.25	1.00	2.29
5	0.28	0.29	0.49	0.44	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.92 4.76 6.25 4.95 12.37

ปัจจัย	1	2	3	4	5
1	0.343	0.309	0.351	0.313	0.289
2	0.185	0.210	0.211	0.234	0.279
3	0.156	0.159	0.160	0.162	0.166
4	0.221	0.181	0.199	0.202	0.185
5	0.096	0.061	0.078	0.088	0.081

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน 1.686 1.120 0.803 0.988 0.404

Eigenvector 0.337 0.224 0.161 0.198 0.081

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 5.03$ C.I. = 0.007 R.I. = 1.12 C.R. = 0.006

A x B = C 1.700 5.043
1.126 5.029
0.808 5.031
0.993 5.024
0.405 5.010

ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดหาการจัดหาบุคลากรเพิ่ม (ข้อ 1.1.1) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	2.35	4.12
2	0.43	1.00	2.88
3	0.24	0.35	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.67 3.70 8.00

ปัจจัย	1	2	3
1	0.600	0.636	0.515
2	0.255	0.270	0.360
3	0.146	0.094	0.125

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวนอน 1.751 0.885 0.364

Eigenvector 0.584 0.295 0.121

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 3.03$ C.I. = 0.014 R.I. = 0.58 C.R. = 0.024

A x B = C 1.778 3.047
0.893 3.026
0.366 3.009

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการเครื่องจักรเพิ่ม (ข้อ 1.1.2) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	3.69	4.43
2	0.27	1.00	1.81
3	0.23	0.55	1.00

ผลรวมแนวนอน: 1.50 5.24 7.24

ปัจจัย	1	2	3
1	0.668	0.704	0.611
2	0.181	0.191	0.250
3	0.151	0.105	0.138

ผลรวมแนวนอน: 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวตั้ง: 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.02$ C.I. = 0.010 R.I. = 0.58 C.R. = 0.016

A x B = C

2.008	3.038
0.625	3.013
0.395	3.007

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยการจัดการวัสดุเพิ่ม (ข้อ 1.1.3) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโรงไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.86	4.19
2	1.16	1.00	4.02
3	0.24	0.25	1.00

ผลรวมแนวนอน: 2.40 2.11 9.20

ปัจจัย	1	2	3
1	0.416	0.408	0.455
2	0.484	0.474	0.436
3	0.099	0.118	0.109

ผลรวมแนวนอน: 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวตั้ง: 3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{\max} = 3.00$ C.I. = 0.002 R.I. = 0.58 C.R. = 0.004

A x B = C

1.282	3.005
1.397	3.006
0.326	3.001

ส่วนที่ 7 การเปรียบเทียบความสำคัญของสาเหตุการซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน (ข้อ 1.1.3.1) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	0.27	0.55
2	3.74	1.00	2.59
3	1.83	0.39	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 6.58 1.65 4.14

ปัจจัย	1	2	3
1	0.152	0.162	0.132
2	0.569	0.605	0.627
3	0.279	0.233	0.242

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวบน Eigenvektor

0.445	0.148
1.801	0.600
0.754	0.251

3.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 3.01$ C.I. = 0.003 R.I. = 0.58 C.R. = 0.006

A x B = C

0.446	3.003
1.808	3.011
0.755	3.005

ส่วนที่ 8 การเปรียบเทียบความสำคัญของกระบวนการทำงาน (ข้อ 1.1.4) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 4

ปัจจัย	1	2	3	4
1	1.00	0.35	0.50	1.30
2	2.84	1.00	2.52	3.40
3	2.01	0.40	1.00	2.17
4	0.77	0.29	0.46	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 6.63 2.04 4.48 7.86

ปัจจัย	1	2	3	4
1	0.151	0.172	0.111	0.165
2	0.429	0.490	0.563	0.432
3	0.303	0.194	0.223	0.276
4	0.116	0.144	0.103	0.127

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวบน Eigenvektor

0.599	0.150
1.914	0.478
0.997	0.249
0.491	0.123

4.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 4.04$ C.I. = 0.013 R.I. = 0.9 C.R. = 0.014

A x B = C

0.601	4.013
1.949	4.074
1.006	4.037
0.494	4.026

ส่วนที่ 9 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านการเกิดอุบัติเหตุ (ข้อ 1.1.4.1) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n =

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.92
2	1.08	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 2.08 1.92

ปัจจัย	1	2
1	0.480	0.480
2	0.520	0.520

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวบน	Eigencevtor
0.959	0.480
1.041	0.520

2.00 1.00

ส่วนที่ 10 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายอื่นๆ(ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n =

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.23
2	4.35	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 5.35 1.23

ปัจจัย	1	2
1	0.187	0.187
2	0.813	0.813

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวบน	Eigencevtor
0.374	0.187
1.626	0.813

2.00 1.00

ส่วนที่ 11 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ข้อ 1.1.5) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 6

ปัจจัย	1	2	3	4	5	6
1	1.00	1.09	1.15	0.63	2.63	2.76
2	0.53	1.00	0.61	0.41	1.03	1.91
3	0.87	1.64	1.00	0.86	2.29	2.56
4	1.60	2.46	1.16	1.00	3.52	3.05
5	0.38	0.55	0.44	0.28	1.00	1.10
6	0.36	0.52	0.39	0.33	0.91	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 4.74 8.06 4.74 3.51 12.18 12.39

ปัจจัย	1	2	3	4	5	6
1	0.211	0.234	0.242	0.179	0.216	0.223
2	0.112	0.124	0.128	0.116	0.151	0.154
3	0.184	0.204	0.211	0.246	0.188	0.207
4	0.337	0.305	0.245	0.285	0.289	0.246
5	0.080	0.068	0.092	0.081	0.082	0.089
6	0.076	0.065	0.082	0.093	0.074	0.081

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน Eigenvektor

1.305	0.218
0.785	0.131
1.239	0.207
1.706	0.284
0.492	0.082
0.472	0.079

ผลรวมแนวอน 6.00 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 6.03$ C.I. = 0.006 R.I. = 1.24 C.R. = 0.005

A x B = C

1.313	6.037
0.788	6.025
1.246	6.031
1.721	6.052
0.494	6.021
0.474	6.024

ส่วนที่ 12 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า (ข้อ 1.3) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่เลือก)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	0.49
2	2.03	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 3.03 1.49

ปัจจัย	1	2
1	0.330	0.330
2	0.670	0.670

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน Eigenvektor

0.660	0.330
1.340	0.670

ผลรวมแนวอน 2.00 1.00

ส่วนที่ 13 การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายนอก (ข้อ 2) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)

n = 3

ปัจจัย	1	2	3
1	1.00	3.01	5.56
2	0.26	1.00	2.23
3	0.18	0.45	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.44 5.26 8.79

ปัจจัย	1	2	3
1	0.693	0.725	0.632
2	0.182	0.190	0.254
3	0.125	0.085	0.114

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
2.051	0.684
0.626	0.209
0.324	0.108

ผลรวมแนวอน 3.00 Eigencevtor 1.00

ตรวจสอบค่าความสอดคล้อง $\lambda_{max} = 3.02$ C.I. = 0.010 R.I. = 0.58 C.R. = 0.017

A x B = C

2.079	3.041
0.629	3.014
0.324	3.006

ส่วนที่ 14 การเปรียบเทียบความสำคัญของเจ้าของงาน (ข้อ 2.1) มีผลกระทบต่อ "ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า" (คนที่ เฉลี่ย)

n = 2

ปัจจัย	1	2
1	1.00	3.10
2	0.32	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.32 4.10

ปัจจัย	1	2
1	0.756	0.756
2	0.244	0.244

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
1.512	0.756
0.488	0.244

ผลรวมแนวอน 2.00 Eigencevtor 1.00

ส่วนที่ 15 การเปรียบเทียบความสำคัญของเศรษฐกิจ (ข้อ 2.2) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n =

ปัจจัย	1	2
1	1.00	3.17
2	0.32	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.32 4.17

ปัจจัย	1	2
1	0.760	0.760
2	0.240	0.240

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
1.521	0.760
0.479	0.240
2.00	1.00

ส่วนที่ 16 การเปรียบเทียบความสำคัญของเจ้าของงาน (ข้อ 2.3) มีผลกระทบต่อ “ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างรถไฟฟ้า” (คนที่ เฉลี่ย)

n =

ปัจจัย	1	2
1	1.00	1.64
2	0.61	1.00

ผลรวมแนวตั้ง 1.61 2.64

ปัจจัย	1	2
1	0.622	0.622
2	0.378	0.378

ผลรวมแนวตั้ง 1.00 1.00

ผลรวมแนวอน	Eigencevtor
1.243	0.622
0.757	0.378
2.00	1.00

(HE)' ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างเพิ่มขึ้น		น้ำหนัก
(IE1)'	การบริหารโครงการ	0.812
	(IE 11)' ค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงาน	0.329
	(IE 111)' การจัดหาบุคลากรเพิ่ม	0.111
	(BE 1111) จ่ายค่า OT เพื่อเร่งรัดงาน	0.065
	(BE 1112) การจัดหาแรงงาน และผู้รับเหมาช่วยเพิ่ม	0.033
	(BE 1113) การเพิ่มบุคลากรระดับปฏิบัติการ	0.013
	(IE 112)' การจัดหาเครื่องจักรเพิ่ม	0.074
	(BE 1121) เช่าเครื่องจักร เพิ่มขึ้น	0.049
	(BE 1122) ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร	0.015
	(BE 1122) ค่าเคลื่อนย้ายเครื่องจักร	0.010
	(IE 113)' การจัดหาวัสดุเพิ่ม	0.053
	(IE 1131)' การซื้อวัสดุเพิ่มมากกว่าแผน	0.023
	(BE 1131: วัสดุสูญหายเนื่องจากขาดมาตรการป้องกัน	0.003
	(BE 1131: การใช้วัสดุมากเกินไปจนความจำเป็น	0.014
	(BE 1131: วัสดุเสียหายจากการจัดเก็บ	0.006
	(BE 1132) การเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่	0.003
	(BE 1133) ค่าขนส่งเพิ่มเติมเพื่อเร่งรัดงาน	0.000
	(IE 114) กระบวนการทำงาน	0.065
	(IE 1141)' การเกิดอุบัติเหตุ	0.010
	(BE 1141: การเพิ่มมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ	0.005
	(BE 1141: ความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ	0.005
	(BE 1142) การบริหารทรัพยากรไม่มีประสิทธิภาพ	0.031
	(BE 1143) ขาดระบบติดตามการใช้จ่ายเทียบกับแผนงบประมาณ	0.016
	(BE 1144) การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยการทำงาน	0.008
	(IE 115) ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	0.027
	(BE 1151) ดอกเบี้ยจากการกู้ยืมธนาคาร	0.005
	(BE 1152) เบิกเงินเกินผลงานและ ผู้รับเหมาช่วงทั้งงาน	0.022

	(IE 12)'	ค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขข้อบกพร่องด้านคุณภาพงาน	0.219
	(BE 121)'	ใช้แรงงานในการแก้ไขงาน	0.048
	(BE 122)'	ใช้เครื่องจักร เครื่องจักรเบา และเครื่องจักรหนักที่มีจำนวนไม่พอต่อการใช้งาน	0.029
	(BE 123)'	ใช้วัสดุเพิ่ม เครื่องจักรเสื่อมสภาพ	0.045
	(BE 124)'	การเปลี่ยนแผนงานและเร่งรัดงาน	0.062
	(BE 125)'	ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ/ทดสอบซ้ำ	0.018
	(BE 126)'	มาตรการป้องกันเพิ่มเติม	0.017
	(IE 13)'	ค่าใช้จ่ายเนื่องจากงานล่าช้า	0.265
	(BE 131)'	ค่าปรับ เนื่องจากเกินเวลาสัญญาก่อสร้าง	0.087
	(BE 132)'	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลา	0.177
(IE2)'		ปัจจัยภายนอก	0.188
	(IE 21)'	เจ้าของงาน	0.128
	(BE 211)'	การเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างหลังจากเริ่มงาน	0.097
	(BE 212)'	การตีความสัญญาไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้รับเหมา	0.031
	(IE 22)	เศรษฐกิจ	0.039
	(BE 221)'	ราคาสวัสดุผันผวน	0.030
	(BE 222)'	การปรับขึ้นค่าแรงขั้นต่ำ	0.009
	(IE 23)'	ภัยธรรมชาติ	0.020
	(BE 231)'	มาตรการป้องกัน Covid	0.013
	(BE 232)'	มาตรการป้องกัน ฝุ่น	0.008

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ว่าที่ร้อยตรี ฉัตรชัย ไช้แก้ว
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อเวลาและค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้า
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติ	การศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2559 การทำงาน 1. วิศวกรสนาม บริษัท ไฟลอน จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2559 – 2562 2. วิศวกรสนาม บริษัท เนวรัตน์พัฒนาการ จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2562 – 2565 3. บริษัท โมเดิร์น เทจ จำกัด พ.ศ. 2565 – 2566 4. วิศวกรโยธาปฏิบัติการ สำนักงานวิศวกรรมทาง สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2566 – ปัจจุบัน