การพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษา

นายกิตติ เดือนหงาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

DEVELOPMENT OF PERFORMANCE EVALUATING SYSTEM FOR A DESIGN TEAM IN CONSULTING COMPANIES

Mr. Kitti Duanngai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบประเมินผลการผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษา
โดย	นายกิตติ เดือนหงาย
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชระ เพียรสุภาพ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง)

…….....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล จอกแก้ว)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ความร่วมมือ และกำลังใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชระเพียรสุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทาง และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่มาโดยตลอด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล จอกแก้ว และ ดร.กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าช่วยให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบโดยสมบูรณ์ รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิต ที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการสอบหัวข้อวิทยานิพนธ์แม้ว่าท่านจะประสบกับปัญหาด้านสุขภาพก็ตาม ขอให้อาจารย์มีสุขภาพที่แข็งแรง ปลอดจากโรคภัยในเร็ววัน

ผู้เขียนขอขอบพระคุณหน่วยงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนข้อมูลและความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ ทุกท่านที่มิได้กล่าวมาไว้ ณ ที่นี้

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอสำนึกและขอบพระคุณครอบครัวที่น่ารักทั้งบิดา มารดา และพี่สาวที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น กำลังใจ และคอยสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่างๆ เสมอมาแก่ผู้เขียนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ปัญหาของงานวิจัย 5

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 6

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 7

1.6 ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 นิยามของงานออกแบบ 9

2.2 งานออกแบบของโครงการก่อสร้าง 10

2.2.1 กระบวนการออกแบบ 10

2.2.2 ผลลัพธ์ของงานออกแบบ 16

2.3 รูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง 20

2.3.1 การบริหารแบบดั้งเดิม 20

2.3.2 การบริหารแบบเจ้าของเป็นผู้ก่อสร้าง 21

2.3.3 การบริหารแบบเบ็ดเสร็จวิธีการออกแบบ-ก่อสร้าง

หรือวิธีออกแบบ-บริหาร 22

2.3.4 การบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพ 23

หน้า

2.3.5 สรุปกระบวนการและผลลัพธ์
จากรูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง 24
2.4 งานวิจัยที่มุ่งลดปัญหาในงานออกแบบ 26
2.5 การวัดผลการดำเนินงาน 29
2.5.1 ความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงาน 29
2.5.2 เครื่องมือในการวัดผลการดำเนินงาน 30
2.5.3 ประเภทของดัชนีวัดผลการดำเนินงาน 32
2.6 การรวบรวมดัชนีวัดผลดำเนินงานและเกณฑ์การประเมินในเบื้องต้น 34
2.6.1 งานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลสำหรับบริษัทก่อสร้างทั่วไป 34
2.6.2 งานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลสำหรับผู้รับเหมาและผู้รับเหมาช่วง 36
2.6.3 งานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลสำหรับโครงการร่วมทุน 37
2.6.4 งานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลสำหรับบริษัทที่ปรึกษา 37
2.6.5 งานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลสำหรับงานออกแบบโครงการก่อสร้าง 38
2.6.4 สรุปรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานในเบื้องต้น 39
2.6.5 การรวบรวมเกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการออกแบบ 44
2.7 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ 45
2.7.1 ที่มาและความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ 45
2.7.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 49
2.7.3 ตัวแปรเชิงภาษา 53
2.7.4 กฎฟัซซี 53
2.7.5 การประยุกต์ใช้ระบบฟัซซีในการประเมินผลการดำเนินงาน 54
2.7.6 การทดสอบความถูกต้องของระบบ 57
2.8 การเก็บข้อมูลด้วยกระบวนการเดลฟาย 60
2.8.1 นิยามของเทคนิคเดลฟาย 60
2.8.2 ลักษณะงานวิจัยที่เหมาะสมต่อการใช้เทคนิคเดลฟาย 60

หน้า

2.8.3 กระบวนการเดลฟายแบบดั้งเดิม 61
2.8.4 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย 65
2.9 สรุปท้ายบท 67

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 68
3.1 บทนำ 68
3.2 ลักษณะของงานวิจัย 68
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 69
3.4 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 70
3.5 สัมภาษณ์ในเบื้องต้นกับผู้ประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ 71
3.6 การพัฒนารายการวัดและเกณฑ์การประเมินด้วยเทคนิคเดลฟาย 72
3.7 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยเทคนิคลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 74
3.8 การรวบรวมเกณฑ์การประเมินผลการดำเนินงาน 74
3.9 การพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานด้วยวิธีตรรกศาสตร์ครุมเครือ 75
3.10 การทดสอบระบบวัดผลดำเนินงาน 77
3.11 สรุปผลการศึกษา 77

บทที่ 4 การระบุรายการดัชนีวัดผลด้วยเทคนิคเดลฟาย 78
4.1 ลักษณะของการให้สัมภาษณ์และการเก็บข้อมูล 78
4.2 การกำหนดคุณสมบัติผู้ให้สัมภาษณ์และการเก็บข้อมูล 79
4.2.1 การจำแนกประเภทบริษัทที่ให้สัมภาษณ์ตามรูปแบบการให้บริการ 79
4.2.2 การจำแนกประเภทบริษัทที่ให้สัมภาษณ์ตามประสบการณ์ 80
4.3 ผลการเก็บข้อมูลรอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผล 81
4.3.1 การจัดสรรดัชนีให้สอดคล้องกับหัวข้อในการวัดผลดำเนินงาน 82
4.3.2 การสัมภาษณ์ด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผล 85
4.3.3 การสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม
เพื่อคัดเลือกเกณฑ์จำแนกลักษณะโครงการ 101

หน้า

4.4 การวิเคราะห์คะแนนระดับความเหมาะสมของดัชนีวัดผล 105
4.4.1 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีด้านต้นทุน 106
4.4.2 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีด้านเวลา 111
4.4.3 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย
ในดัชนีด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ 115
4.4.4 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย
ในดัชนีด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ 124
4.4.5 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย
ในดัชนีด้านการตอบสนองต่อคำร้องและประสานงาน 125
4.5 สรุปท้ายบท 129

บทที่ 5 การพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงาน 130
5.1 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของการประเมินผลการดำเนินงาน
ของฝ่ายออกแบบ 131
5.1.1 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก
ระหว่างดัชนีที่อยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกัน 132
5.1.2 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก
ระหว่างระหว่างหัวข้อหลักของการวัดผล 139
5.2 การรวบรวมเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีวัดผลของฝ่ายออกแบบ
และพัฒนากราฟความเป็นสมาชิก 143
5.2.1 การรวบรวมเกณฑ์จำแนกลักษณะโครงการ 143
5.2.2 การรวบรวมเกณฑ์ประเมินค่าของดัชนีวัดผลดำเนินงาน 152
5.3 การกำหนดเงื่อนไขในการประเมินโดยฝ่ายออกแบบ 177
5.4 ลักษณะของระบบประเมินผลการดำเนินงานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์ 178
5.5 ข้อเสนอแนะแนวทางการเก็บข้อมูล 180
5.6 สรุปท้ายบท 188

หน้า

บทที่ 6 การทดสอบระบบประเมินผลการดำเนินงาน 189
6.1 การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ 189
6.1.1 การทดสอบความแม่นยำ 189
6.1.2 การทดสอบความอ่อนไหว 191
6.2 การทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ 201
6.3 สรุปท้ายบท 205

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย 206
7.1 สรุปผลการวิจัย 206
7.2 ประโยชน์ของงานวิจัย 212
7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 213
7.4 ข้อเสนอแนะและการวิจัยในอนาคต 214

รายการอ้างอิง 215
ภาคผนวก 221
ภาคผนวก ก รายการผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม 222
ภาคผนวก ข แบบสอบถามการเก็บข้อมูลความเหมาะสม
ของดัชนีและการวิเคราะห์ฉันทามติ 226
ภาคผนวก ค ตัวอย่างและผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วย
วิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ 245
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเกณฑ์การประเมิน 257
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเกณฑ์การประเมิน 266
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ 273

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 276

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงกระบวนการออกแบบในโครงการก่อสร้าง 15
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบกระบวนการและผลลัพธ์ของ
การออกแบบในแต่ละรูปแบบการจัดการก่อสร้าง 25
ตารางที่ 2.3 แสดงการอ้างอิงที่มาของรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น
และหัวข้อในการวัดผล 40
ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการออกแบบ 44
ตารางที่ 2.5 หาค่าตัวแปรวิกฤต T ของวิธี
Wilcoxon Mactched Pair Signed Rank Test 59
ตารางที่ 2.6 การลดลงของความคลาดเคลื่อน
และจำนวนผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการเดลฟาย 63
ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนของบริษัทที่จำแนกตามลักษณะการให้บริการ 79
ตารางที่ 4.2 แสดงสัดส่วนของบริษัทที่จำแนกตามลักษณะสิ่งปลูกสร้างหลัก
ที่ให้บริการออกแบบ..... 80
ตารางที่ 4.3 แสดงสัดส่วนของโครงการที่จำแนกตามประเภทเจ้าของโครงการ..... 80
ตารางที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของผู้ให้สัมภาษณ์ที่จำแนกตามตำแหน่งงาน 81
ตารางที่ 4.5 แสดงสัดส่วนของผู้ให้สัมภาษณ์ที่จำแนกตามประสบการณ์ 81
ตารางที่ 4.6 การระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนีวัดผล..... 82
ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น 87
ตารางที่ 4.8 สรุปผลรายการดัชนีวัดผลดำเนินงาน
ของฝ่ายออกแบบที่ได้รับการปรับปรุใหม่..... 99
ตารางที่ 4.9 สรุปเกณฑ์ที่ควรใช้พิจารณาในการประเมินผลการดำเนินงาน
ระหว่างโครงการของฝ่ายออกแบบ.....102
ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม
ของดัชนีวัดผลด้านต้นทุน.....106

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม ของดัชนีวัดผลด้านเวลาและแผนงาน.....111
ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สอง ของดัชนีวัดผล Tp2.....113
ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม ของดัชนีวัดผล Tp2 ที่จำแนกเป็นโครงการภาครัฐและโครงการเอกชน.....114
ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม ของดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารออกแบบ.....115
ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม ของดัชนีวัดผลด้าน ผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ 124
ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สาม ของดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่างๆ.....126
ตารางที่ 4.17 รายการดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมต่อการ วัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ 128
ตารางที่ 5.1 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผล ด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ.....132
ตารางที่ 5.2 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผล ด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ 133
ตารางที่ 5.3 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผล ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ.....134
ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนัก ในดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ.....135
ตารางที่ 5.5 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ (กรณีไม่มีฝ่ายประมาณราคาทำหน้าที่แทนฝ่ายออกแบบ) 136

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนัก
ในดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ 137
ตารางที่ 5.7 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ
(กรณีมีฝ่ายประมาณราคาทำหน้าที่แทนฝ่ายออกแบบ) 138
ตารางที่ 5.8 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผล
ด้านการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายออกแบบ 139
ตารางที่ 5.9 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของการวัดผลดำเนินงาน
ของฝ่ายออกแบบแต่ละด้าน.....140
ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนัก
ของหัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน.....141
ตารางที่ 5.11 ตารางแสดงประเภทของลักษณะสิ่งปลูกสร้าง 147
ตารางที่ 5.12 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมิน.....177
ตารางที่ 5.13 ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัด.....180
ตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของระบบจำนวนสองชุด.....190
ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบจากการป้อนข้อมูลสองชุด.....190
ตารางที่ 6.3 ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ในแต่ละโครงการออกแบบที่เป็นกรณีศึกษา 202
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบสมมติฐาน
ด้วยวิธี Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Test.....204
ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม 223
ตารางที่ ข-2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 2.....237
ตารางที่ ข-2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 2
โดยแยกพิจารณาดัชนี Tp2.....238
ตารางที่ ข-2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 3.....239
ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ
ระหว่างการสัมภาษณ์รอบที่ 2 และ 3.....241

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ค-2.1 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP.....253
ตารางที่ ค-2.2 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP (ต่อเนื่อง) 253
ตารางที่ ค-2.3 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP (ต่อเนื่อง) 255
ตารางที่ ฉ.1 การเปรียบเทียบผลจากระบบและผลจากผู้ประเมิน.....274

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงสัดส่วนของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพของการดำเนินการ 3
ภาพที่ 1.2 แบบจำลองแสดงระบบการดำเนินงานในช่วงการออกแบบ 4
ภาพที่ 1.3 กระบวนการดำเนินงานวิจัยโดยรวม 8
ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงกระบวนการภายในโครงการออกแบบ 14
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์กรแบบดั้งเดิม 21
ภาพที่ 2.3 การบริหารและการจัดองค์กรแบบเจ้าของเป็นผู้ก่อสร้าง 22
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างการบริหารและจัดองค์กรแบบเบ็ดเสร็จวิธีออกแบบ – ก่อสร้าง 22
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์การแบบเบ็ดเสร็จวิธีออกแบบ-จัดการ 23
ภาพที่ 2.6 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์กรแบบ การจัดการงานก่อสร้าง 24
ภาพที่ 2.7 การจำแนกงานวิจัยในอดีตที่มุ่งพัฒนางานออกแบบในด้านต่างๆ 27
ภาพที่ 2.8 ประเภทของดัชนีวัดผลดำเนินงาน 33
ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างเซตแบบฉบับของโครงการที่ล่าช้า 46
ภาพที่ 2.10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตโครงการที่ล่าช้า 46
ภาพที่ 2.11 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี 47
ภาพที่ 2.12 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแบบทวิยุต A 48
ภาพที่ 2.13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตฟัซซีแบบต่อเนื่อง A 49
ภาพที่ 2.14 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปตัวซี 50
ภาพที่ 2.15 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปตัวเอส 51
ภาพที่ 2.16 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปไพน์ 52
ภาพที่ 2.17 การใช้เงื่อนไขแบบ ถ้า-แล้ว (If-Then) ในการอนุมานคำตอบ 54
ภาพที่ 2.18 แบบจำลองระบบฟัซซีในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ 55

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.19 การแปลงข้อมูลเป็นฟัซซีเซต 56
ภาพที่ 2.20 การหาค่าระดับคุณภาพด้วยวิธีจุดศูนย์ถ่วง 57
ภาพที่ 2.21 กระบวนการเดลฟาย 61
ภาพที่ 2.22 ผลการศึกษาความคลาดเคลื่อนที่ลดลงจากการเพิ่มจำนวนผู้ให้ข้อมูล 63
ภาพที่ 2.23 กระบวนการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย 65
ภาพที่ 3.1 การออกแบบขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 69
ภาพที่ 5.1 แบบจำลองระบบการวัดผลและประเมินผลการดำเนินงาน
ของฝ่ายออกแบบ 130
ภาพที่ 5.2 การกระจายตัวของข้อมูลต้นทุนวัสดุของงานโครงสร้าง 144
ภาพที่ 5.3 การกระจายตัวของกราฟความเป็นสมาชิกของโครงการแต่ละขนาด 146
ภาพที่ 5.4 สัดส่วนของจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์
จำแนกตามการระบุความยากง่ายในการออกแบบ 148
ภาพที่ 5.5 กราฟความเป็นสมาชิกของสิ่งปลูกสร้าง
ที่จำแนกตามระดับความยากในการออกแบบ 151
ภาพที่ 5.6 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp1
จำแนกตามขนาดได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 153
ภาพที่ 5.7 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Cp1 154
ภาพที่ 5.8 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp3
จำแนกตามขนาดได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 155
ภาพที่ 5.9 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Cp3 156
ภาพที่ 5.10 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp1
จำแนกตามขนาด ได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 157
ภาพที่ 5.11 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Tp1 158
ภาพที่ 5.12 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp2
จำแนกตามขนาด ได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 159

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 5.13 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Tp2 160

ภาพที่ 5.14 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp4
จำแนกตามขนาด ได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 161

ภาพที่ 5.15 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp4 162

ภาพที่ 5.16 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp6
จำแนกตามขนาด ได้แก่ ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับแบบ 163

ภาพที่ 5.17 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp6 164

ภาพที่ 5.18 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp7
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 165

ภาพที่ 5.19 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp7 166

ภาพที่ 5.20 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep1
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 167

ภาพที่ 5.21 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep1 168

ภาพที่ 5.22 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep2
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 168

ภาพที่ 5.23 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep2 169

ภาพที่ 5.24 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep3
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 170

ภาพที่ 5.25 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep3 171

ภาพที่ 5.26 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp1
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 172

ภาพที่ 5.27 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Rp1 173

ภาพที่ 5.28 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp2
จำแนกตามขนาด ได้แก่ค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ 175

ภาพที่ 5.29 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Rp2 176

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 5.30 ลักษณะของระบบประเมินผลการดำเนินงานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์ 178
ภาพที่ 5.31 กระบวนการทำงานของระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ 179
ภาพที่ 5.32 ตัวอย่างแผนงานย่อยและผู้รับผิดชอบของแต่ละหมวดงานออกแบบ 184
ภาพที่ 6.1 การทดสอบความอ่อนไหวของตัวแปรมูลค่างานโครงสร้าง 192
ภาพที่ 6.2 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp1 192
ภาพที่ 6.3 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp3 193
ภาพที่ 6.4 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp1 194
ภาพที่ 6.5 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp2 195
ภาพที่ 6.6 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp4 195
ภาพที่ 6.7 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp6 196
ภาพที่ 6.8 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp7 197
ภาพที่ 6.9 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp1 198
ภาพที่ 6.10 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp2 198
ภาพที่ 6.11 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep1 199
ภาพที่ 6.12 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep2 200
ภาพที่ 6.13 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep3 201
ภาพที่ 6.14 แสดงความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์จากผู้ประเมิน
และผลลัพธ์จากระบบของแต่ละกรณีศึกษา 203
ภาพที่ จ.1 หน้าต่าง MS-DOS 267
ภาพที่ จ.2 หน้าต่างหลักของระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ 268
ภาพที่ จ.3 การป้อนข้อมูลและการแสดงผลของหน้าต่างส่วนที่ 3 ในระบบ 270
ภาพที่ จ.4 การแสดงผลการคำนวณแบบฟัซซี 271
ภาพที่ จ.5 การแสดงคะแนนผลการดำเนินงานในแต่ละหัวข้อการวัดผล 272

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ขั้นตอนในการดำเนินงานของโครงการก่อสร้างสามารถจำแนกออกเป็นหลายช่วงเวลา เช่น ช่วงก่อนดำเนินโครงการ ช่วงก่อนดำเนินงานก่อสร้าง ช่วงระหว่างการดำเนินงานก่อสร้าง ช่วงหลังการดำเนินงานก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเกี่ยวข้องกับบทบาทหน้าที่ของบุคคลหลายฝ่าย ตัวอย่างเช่นฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผู้รับเหมาก่อสร้าง ฝ่ายที่ปรึกษาโครงการ และเจ้าของโครงการ เพื่อให้โครงการประสบผลสำเร็จทั้งในด้านระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพของโครงการ ผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายจึงต้องมีกระบวนการในการทำงานที่สอดคล้องกันและมีการประสานงานที่ดี อย่างไรก็ตามโครงการก่อสร้างมีลักษณะที่ซับซ้อนและผู้เกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายต่างมีความต้องการที่แตกต่างกัน โดยลักษณะดังกล่าวส่งผลให้เกิดอุปสรรคขึ้นภายในกระบวนการดำเนินงานของโครงการและส่งผลให้โครงการก่อสร้างมักมีระยะเวลาที่ล่าช้า ต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น และเกิดปัญหาด้านคุณภาพของโครงการ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการพยายามปรับปรุงกระบวนการภายในโครงการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยอาศัยการบริหารคุณภาพ (Quality Management) ภายในองค์กร

การบริหารคุณภาพภายในองค์กร เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพทั้งในระดับกระบวนการ ระดับโครงการ และระดับนโยบายของฝ่ายบริหาร แต่สำหรับการพัฒนาคุณภาพในระดับกระบวนการของโครงการก่อสร้างมักมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงกระบวนการของการดำเนินงานก่อสร้าง มากกว่ากระบวนการด้านการวางแผนการ การประมาณต้นทุน การออกแบบ และการเตรียมเอกสารสัญญาก่อนดำเนินงานก่อสร้าง เนื่องจากต้นทุนของโครงการในส่วนของงานเตรียมการด้านเอกสารสัญญา การวางแผน และการออกแบบ มีมูลค่าเพียง 3-4% ของมูลค่าโครงการทั้งหมด โดยต้นทุนเฉพาะงานออกแบบมีเพียง 1% ของมูลค่าโครงการทั้งหมด (Andi และ Minato, 2003: 537) ถึงแม้ว่าต้นทุนของการเตรียมการดังกล่าวจะมีมูลค่าน้อย แต่กระบวนการของงานในช่วงดังกล่าวกลับส่งผลกระทบอย่างมากต่อการดำเนินงานก่อสร้าง ดังนี้

(1) การออกแบบที่ผิดพลาดส่งผลอย่างยิ่งต่อต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการก่อสร้าง (Andi และ Minato, 2003: 537)

(2) ปัญหาด้านคุณภาพของการออกแบบ เช่น ความผิดพลาดของแบบ ความไม่สมบูรณ์ของแบบ ความขัดแย้งของแบบในการก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดปัญหาในด้านต้นทุนและแผนการดำเนินงาน (schedule) ระหว่างการก่อสร้าง (Raykun และ Yaw-Guang, 1993: 18)

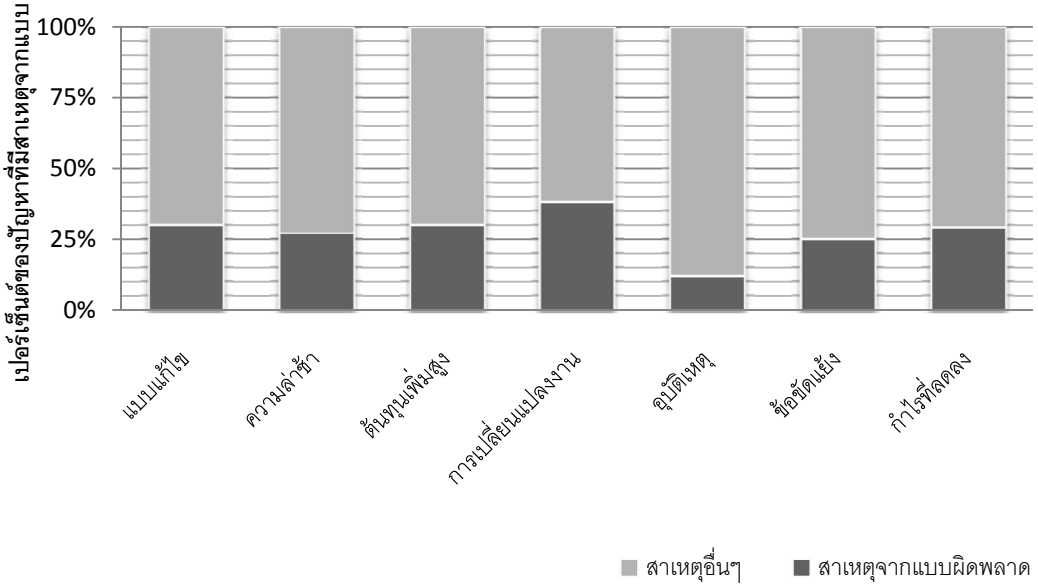
(3) การออกแบบที่ไม่สมบูรณ์เป็นสาเหตุหลักของการอ้างสิทธิทางด้านสัญญา (Claims) และการเปลี่ยนแปลงงานระหว่างการก่อสร้าง (Change Orders) (Vlatas, 1986)

(4) การออกแบบที่ไม่สมบูรณ์เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงงานระหว่างการก่อสร้างมากกว่า 50% (Kirby, 1988)

(5) ความผิดพลาดของการเตรียมการในช่วงการออกแบบ เช่น แบบที่ผิดพลาด การร่างสัญญาที่ขาดประสิทธิภาพ การขาดการเจรจาและการเอาใจใส่ของตัวแทนจากเจ้าของโครงการ เป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดในช่วงการก่อสร้าง เช่น ความล่าช้า การที่ต้นทุนเกินงบประมาณ จำนวนงานบกพร่องที่ต้องแก้ไข การอ้างสิทธิ์และการเกิดข้อขัดแย้งต่างๆ (Ng, 1995: 519)

(6) ความผิดพลาดของการออกแบบทางวิศวกรรมโครงสร้าง (Design Error) เช่น แบบโครงสร้างที่ขัดแย้งกับแบบสถาปัตยกรรมหรืองานระบบ การใช้ข้อมูลในการออกแบบที่ไม่ตรงกับข้อมูลจริงหน้างาน ส่งผลให้เกิดปัญหาในกระบวนการก่อสร้าง (ณฤทธิ์ นาคเสวตร, 2551)

จากผลกระทบของการออกแบบต่อกระบวนการก่อสร้าง ซึ่งแสดงในภาพที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าปัญหาของกระบวนการก่อสร้างโดยเฉลี่ยร้อยละ 30 มีสาเหตุมาจากการออกแบบ ดังนั้นการออกแบบจึงเป็นเรื่องสำคัญและควรให้ความสนใจอย่างยิ่ง

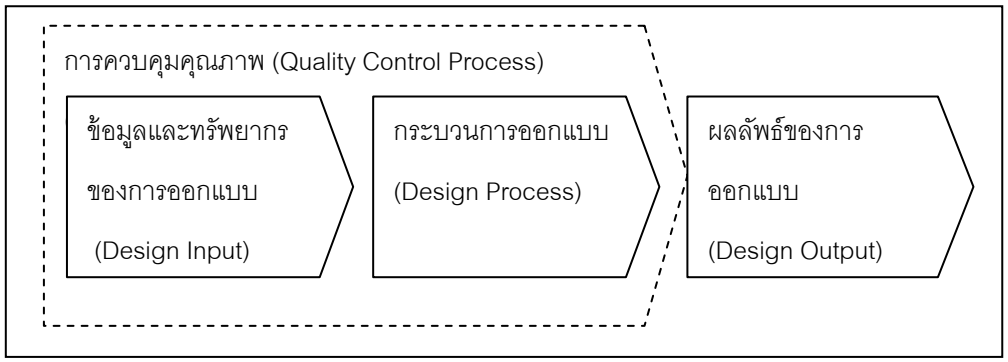


ภาพที่ 1.1 แสดงสัดส่วนของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงานก่อสร้าง (ที่มา: Andi และ Minato, 2003: 537)

การศึกษาด้านคุณภาพของการดำเนินงานในช่วงของการออกแบบในอดีต สามารถแบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การพัฒนาด้านข้อมูลและทรัพยากรของการออกแบบ การพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบ และการพัฒนาด้านผลลัพธ์ของการออกแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1.2 โดยงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาด้านคุณภาพของข้อมูลและทรัพยากรของการออกแบบ (Design Input) เกี่ยวข้องกับ คุณภาพของบุคลากร คุณภาพของข้อกำหนดและมาตรฐานในการออกแบบ และคุณภาพของข้อมูลความต้องการของลูกค้า เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของแรงงานในการออกแบบที่คาดหวังกับผลประกอบการ (Helfert และ Vith, 1999) การระบุสมรรถนะหลักที่จำเป็นของสมาชิกในฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้างในมุมมองของเจ้าของโครงการ (Crafford, 2007) การศึกษารายการความต้องการเกี่ยวกับคุณภาพของการออกแบบของเจ้าของโครงการในสัญญาก่อสร้างแบบเบ็ดเสร็จ (Gransberg และ Windel, 2008) เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของกระบวนการออกแบบ (Design Process) เช่น การสำรวจกิจกรรมที่เกี่ยวกับการจัดการคุณภาพของการออกแบบของบริษัทที่ปรึกษา (Bubshait และ Abdulrazzak, 1996) การเสนอวิธีการประเมินผลการดำเนินงานออกแบบ (Busby และ Williamson, 2000) เป็นต้น

ลำดับสุดท้ายคือการศึกษาด้านคุณภาพของผลลัพธ์ของการออกแบบ (Design Output) เช่น การสำรวจปัญหาด้านคุณภาพของเอกสารที่จัดเตรียมโดยฝ่ายออกแบบ เช่น แบบรูป ข้อกำหนดซึ่งส่งผลกระทบต่อฝ่ายก่อสร้างและศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาดังกล่าว (Andi และ Minato, 2003: 537) เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 แบบจำลองแสดงระบบการดำเนินงานในช่วงการออกแบบ
ที่มา: ปรับปรุงจาก (Tan และ Lu, 1993)

แม้ว่าการศึกษาในอดีตที่ผ่านมาเกี่ยวข้องกับแนวคิดและเครื่องมือในการปรับปรุงขั้นตอนการออกแบบในหลายลักษณะดังแสดงในภาพที่ 1.2 แต่การที่จะประยุกต์ใช้แนวคิดและเครื่องมือดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีการวัดผลการดำเนินงาน (Performance Measurement) เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ และเพื่อให้ทราบว่ายังมีข้อบกพร่องในส่วนใดบ้างที่จำเป็นต้องปรับปรุงต่อไป (Busby และ Williamson, 2000: 336-337) จากงานวิจัยในอดีตมีการเสนอเครื่องมือเพื่อวัดผลการดำเนินงานออกแบบ ได้แก่ เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) โดยงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เครื่องมือดังกล่าวในการประเมินคุณลักษณะของเอกสารการออกแบบและกระบวนการที่เกี่ยวข้องต่อเอกสารการออกแบบ ว่าสามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้รับเหมาได้มากน้อยเพียงใด (Alarcón และ Mardones, 1998) และอีกวิธีหนึ่งซึ่งมีความนิยมได้แก่ พัฒนาวิธีการวัดผลด้วยตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ (Qualitative Performance Indicator) อย่างไรก็ตามวิธีการทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้นมีข้อจำกัดที่ขาดการระบุหลักเกณฑ์เชิงปริมาณ (Quantitative) ที่มีความชัดเจนต่อการตัดสินใจ โดยระดับผลการดำเนินงานมักขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้ประเมิน ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในการประเมิน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการพัฒนาวิธีการวัดผลด้วยดัชนีวัดผลเชิงปริมาณ (Quantitative Key Performance Indicator) โดยอาศัย

การระบุตัวชี้วัดเชิงปริมาณที่มีความเฉพาะเจาะจงในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ (Busseri และ Palmer, 2000)

1.2 ปัญหาของงานวิจัย

ในอดีตวิธีการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบมีหลายวิธีการ ซึ่งขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในวิธีการดังกล่าวคือการระบุรายการดัชนีชี้วัดเพื่อวัดผลการดำเนินงานในฝ่ายออกแบบ ตัวอย่างของดัชนีชี้วัด เช่น ความร่วมมือของฝ่ายออกแบบ การเอาใจใส่ของฝ่ายบริหาร เป็นต้น วิธีการดังกล่าวอาศัยการประเมินเชิงคุณภาพโดยการให้คะแนนจากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบเป็นหลัก ดังนั้นผลการประเมินจึงขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้ประเมินที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผลที่ได้จากประเมินแม้ว่าจะสามารถสะท้อนการดำเนินงานโดยรวมแต่ไม่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนได้ว่าควรปรับปรุงกระบวนการออกแบบในจุดใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบโดยอาศัยการพิจารณา การวัด หรือการประมาณผลลัพธ์จากงานออกแบบเป็นหลัก

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเสนอวิธีการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจากการระบุรายการดัชนีวัดผลเชิงปริมาณซึ่งรายการดัชนีดังกล่าวสามารถใช้วัดหรือประมาณค่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบ ซึ่งมีความชัดเจนต่อการตัดสินใจมากกว่าการใช้ดัชนีเชิงคุณภาพที่อาศัยการให้คะแนนในการประเมินผลการดำเนินงานเป็นหลัก รวมทั้งการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานที่พิจารณาถึงลักษณะของโครงการ เช่นความยากง่ายของโครงการ และขนาดของโครงการ ฯลฯ แทนการประเมินที่ใช้ทัศนคติที่ขาดความชัดเจน ซึ่งระบบดังกล่าวได้จากการรวบรวมเกณฑ์ของผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบและวิเคราะห์ผลการวัดโดยอาศัยแนวคิดตรรกศาสตร์ครุมเครือ (Fuzzy Logic) ที่เหมาะสมต่อการประเมินปัญหาหรือแนวทางที่มีลักษณะครุมเครือไม่ชัดเจน และขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล เพื่อให้ได้เกณฑ์ที่มีมาตรฐานที่สามารถใช้ประเมินจากผู้ประเมินที่แตกต่างกัน และระหว่างองค์กรที่มีพื้นฐานแตกต่างกันได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ

(1) เพื่อระบุรายการดัชนีชี้วัดเชิงปริมาณสำหรับการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรม

(2) เพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรมที่มุ่งลดความไม่แน่นอนอันเกิดเนื่องจากการประเมินด้วยทัศนคติ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานที่ประกอบด้วยรายการดัชนีชี้วัดเชิงปริมาณที่อาจใช้วัดหรือประมาณค่าผลลัพธ์สุดท้ายของการดำเนินงาน (Lagging Indicator) และแบบจำลองแบบฟัซซีเพื่อใช้ประเมินผลที่ได้จากการวัดด้วยดัชนีข้างต้น โดยระบบดัชนีดังกล่าวใช้ประเมินงานออกแบบในช่วงการเตรียมเอกสารก่อนการประมูลโครงการในรูปแบบสัญญาแบบดั้งเดิม (Design Bid Build) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเก็บข้อมูลจากผู้ที่ทำงานในฝ่ายออกแบบ เช่น วิศวกร ผู้จัดการโครงการ และฝ่ายบริหาร ของบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรมที่รับทั้งออกแบบและควบคุมงานก่อสร้าง หรือฝ่ายออกแบบสำหรับบริษัทที่รับเฉพาะงานออกแบบ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยผู้ให้ข้อมูลต้องมีประสบการณ์ในการออกแบบและเตรียมเอกสารประมูลมากกว่า 5 ปีขึ้นไป และเนื่องจากงานวิจัยต้องการพัฒนาระบบในการประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมของกลุ่มบุคลากรในฝ่ายออกแบบ จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลต้องทำงานในฝ่ายออกแบบที่มีจำนวนสมาชิกมากกว่า 10 คน และไม่พิจารณาผู้ออกแบบที่ทำงานแบบรับจ้างอิสระ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ศึกษาข้อมูลเชิงเอกสาร โดยค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review) เพื่อค้นคว้าความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิจัย โดยรวบรวมจากบทความทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ และเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง และเพื่อรวบรวมรายการดัชนีวัดการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจากงานวิจัยในอดีต

(2) สัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบที่มีประสบการณ์มากกว่า 5 ปีขึ้นไป จำนวน 19 ท่าน เพื่อเลือกรายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ด้วยเทคนิคเดลฟาย (Delphi technique)

(3) รวบรวมเกณฑ์การประเมินจากผู้มีประสบการณ์ออกแบบที่มีประสบการณ์มากกว่า 5 ปีขึ้นไปจำนวน 19 ท่าน และสร้างกราฟความเป็นสมาชิก (Membership Function) เพื่อใช้แทนเกณฑ์การประเมินที่มีความหลากหลายให้รวมเป็นเกณฑ์เดียวกัน โดยกราฟดังกล่าวจะใช้ในการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานต่อไป

(4) เก็บข้อมูลการอนุมานแบบการระบุเงื่อนไขตามหลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) จากผู้ออกแบบจำนวน 10 ท่าน

(5) พัฒนาระบบการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) จากข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รายการดัชนีวัดผล กราฟความเป็นสมาชิก และกฎการอนุมานแบบเงื่อนไข ที่ได้รวบรวมมาจากผู้ให้สัมภาษณ์ในการระบุดัชนีชี้วัดที่กล่าวไว้ตอนต้น ด้วยโปรแกรม MATLAB

(6) การทดลองใช้งานและทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Validation) โดยใช้กรณีศึกษาเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ และผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

(7) สรุปผลการศึกษาและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

(1) รายการดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบเชิงปริมาณ สำหรับโครงการออกแบบในช่วงเตรียมเอกสารก่อนการประมูล ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลการดำเนินงานในฝ่ายออกแบบ นอกเหนือจากการประเมินด้วยดัชนีชี้วัดเชิงคุณภาพ

(2) ระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

บทที่ 2
การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปัจจัยและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพในงานออกแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของงานออกแบบ ปัญหาด้านคุณภาพของงานออกแบบและแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งความรู้เหล่านี้มีความจำเป็นต่องานวิจัย ในการพัฒนาแนวทางหรือเครื่องมือสำหรับใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการออกแบบต่อไป โดยการศึกษาในช่วงแรกจะเป็นการระบุนิยามของงานออกแบบ ลักษณะของงานออกแบบ รวมทั้งการระบุความสัมพันธ์ของฝ่ายออกแบบกับรูปแบบของการบริหารงานก่อสร้าง ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระบวนการออกแบบ การศึกษาเครื่องมือในการวัดผลการดำเนินงาน (Performance Measurement) และในหัวข้อสุดท้ายเป็นการอธิบายทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างเกณฑ์ในการประเมิน

2.1 นิยามของงานออกแบบ

นิยามของคำที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบถูกกล่าวไว้หลายความหมาย โดยงานวิจัยของ Kline et al. (2003) กล่าวว่า “การออกแบบทางวิศวกรรม” เป็นการพัฒนากระบวนการอย่างมีระบบ ซึ่งมีการสื่อสารระหว่างกัน และมีขั้นตอนในการทำงานที่เป็นแบบแผน เพื่อให้บรรลุตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ ซึ่งมักรวมถึงการสนองความต้องการของลูกค้าทั้งที่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจน และความต้องการที่ไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนแต่ลูกค้าคาดว่าจะได้รับ นอกเหนือจากการให้นิยามการออกแบบทางวิศวกรรมโดยทั่วไปแล้ว การให้คำนิยามสำหรับการออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธาได้แก่งานวิจัยของ ทวี อ่ำสุริยา (2546) นิยามคำว่า “งานออกแบบโครงการ (Project Design)” หมายถึง งานบริการในขั้นที่ตัดสินใจดำเนินโครงการแล้ว โดยทำการรวบรวมข้อมูลทางภาคสนาม เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ

นอกจากนี้ยังปรากฏนิยามด้านการออกแบบทางวิศวกรรมโยธา จากกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 ซึ่งกำหนดให้งานออกแบบและคำนวณ เป็นงานหนึ่งในประเภทงานวิศวกรรมควบคุม และให้นิยาม “งานออกแบบและคำนวณ” หมายถึง การใช้หลักวิชาและความชำนาญเพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการ

ก่อสร้าง การสร้าง การผลิต หรือการวางผังโรงงานและเครื่องจักร โดยมีรายการคำนวณ แสดงเป็นรูป แบบ ข้อกำหนด หรือประมาณการ

สำหรับการนิยามการออกแบบทางวิศวกรรมโยธาของสมาคมทางวิศวกรรม ได้แก่ นิยามจาก สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย ซึ่งระบุงานเกี่ยวกับการคำนวณออกแบบเป็นหนึ่งในลักษณะงานบริการวิชาชีพวิศวกรรมของที่ปรึกษา โดยให้นิยามงาน “คำนวณและออกแบบ” หมายถึง การใช้ความรู้ตามหลักวิชาการและความชำนาญในสาขาวิศวกรรม เพื่อให้ได้รายละเอียดในการสร้าง โดยแสดงเป็นแบบรูป ข้อกำหนดและประมาณการ

อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงสำหรับงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้คำว่า “งานออกแบบ” มีความหมายครอบคลุมถึง การรวบรวมข้อมูลทางภาคสนาม การใช้ความรู้ตามหลักวิชาการในการคำนวณ โดยแสดงเป็นรายการคำนวณ และออกแบบรายละเอียดในการก่อสร้าง โดยแสดงเป็นแบบรูป ข้อกำหนดและประมาณการ

2.2 งานออกแบบโครงการก่อสร้าง

ผลลัพธ์ของงานออกแบบมีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานก่อสร้าง เช่น แบบก่อสร้างมีหน้าที่ในการระบุขนาดและตำแหน่งของสิ่งปลูกสร้าง หรือรายการประกอบแบบมีหน้าที่ในการแสดงความต้องการของเจ้าของที่มีต่อโครงการไปยังผู้ก่อสร้าง ซึ่งคุณภาพของงานออกแบบส่งผลต่อคุณภาพของการดำเนินงานก่อสร้าง เช่นการออกแบบที่ผิดพลาดส่งผลให้ก่อสร้างผิดพลาดและเกิดการแก้ไขงานซึ่งทำให้ต้นทุนการก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาโครงการที่ล่าช้า ดังนั้นเพื่อพัฒนาคุณภาพของงานออกแบบ จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงกระบวนการออกแบบว่าประกอบด้วยกิจกรรมใดบ้าง และผลลัพธ์ของงานออกแบบคืออะไร ซึ่งกระบวนการและผลลัพธ์ของการออกแบบจะอธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

2.2.1 กระบวนการออกแบบโครงการก่อสร้าง

เพื่อระบุกระบวนการออกแบบโครงการก่อสร้าง ในหัวข้อนี้จึงเป็นการรวบรวมเอกสารและงานวิจัย ที่มีการระบุบทบาทหน้าที่ของฝ่ายออกแบบ ซึ่งสามารถจำแนกขั้นตอนการออกแบบในหลายลักษณะ โดยหากจำแนกตามผลลัพธ์ของงานออกแบบสามารถจำแนกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก (ทวี อ่ำสุริยา, 2546) ได้แก่

(1) งานออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตพื้นที่ของโครงการ งานวางแผน งานสำรวจข้อมูลในสนาม งานคำนวณ งานจัดผัง และงานประมาณราคาเบื้องต้น

(2) งานออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) เป็นขั้นตอนกำหนดรายละเอียดของโครงการ และสำรวจข้อมูลภาคสนาม เช่น งานสำรวจแผนที่ภูมิประเทศ การเจาะสำรวจธรณีวิทยา การจัดทำรูปแบบรายละเอียดการก่อสร้าง และการเตรียมข้อมูลทางด้านวิศวกรรม การคำนวณแบบ การสำรวจธรณีวิทยา การจัดทำรูปแบบรายละเอียดการก่อสร้าง และการเตรียมข้อมูลทางด้านวิศวกรรมเพื่อคำนวณแบบ

นอกจากการจำแนกขั้นตอนการออกแบบตามผลลัพธ์การออกแบบแล้ว ยังสามารถจำแนกตามช่วงเวลาในการดำเนินโครงการ ซึ่งสมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย ได้อธิบายขั้นตอนของงานออกแบบในแต่ละช่วงของการดำเนินโครงการดังนี้

(1) ขั้นศึกษาและออกแบบขั้นต้น: เป็นขั้นตอนเมื่อเริ่มโครงการเพื่อวางแผนงานคำนวณออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการของโครงการ โดยมีสาระสำคัญของงานดังนี้

- ร่วมหารือกับผู้ว่าจ้างและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาปนิก วิศวกรอื่น และที่ปรึกษาบริหารโครงการ เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุประสงค์และข้อกำหนดความต้องการของโครงการ
- ดูสถานที่ก่อสร้าง การศึกษาแผนผังที่ดินและแผนงานก่อสร้าง
- ให้คำแนะนำในงานสำรวจสถานที่
- เสนอรายงานแนวทางในการคำนวณออกแบบงานวิศวกรรม แบบรูป ข้อกำหนดและประมาณการเบื้องต้น
- เสนอแนวทางเลือกพร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบในเรื่องที่เป็นสาระสำคัญและมีความจำเป็นที่ต้องให้ผู้ว่าจ้างตัดสินใจ
- ให้คำแนะนำเพื่อให้ผู้ว่าจ้างจัดทำการศึกษาและวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น แหล่งน้ำ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สภาพดิน การจราจร ซึ่งต้องใช้ผู้ชำนาญการเฉพาะ

- ให้คำแนะนำในเรื่องผลกระทบจากข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรม

(1) ขั้นคำนวณออกแบบงานก่อสร้าง งานผลิตและติดตั้ง: เมื่อได้รับเห็นชอบกับรายงานแนวทางในการคำนวณออกแบบงานวิศวกรรม แบบรูป ข้อกำหนดและประมาณการเบื้องต้นและได้รับอนุมัติจากผู้ว่าจ้างให้ดำเนินการต่อในขั้นงานคำนวณออกแบบรายละเอียด จึงดำเนินการดังนี้

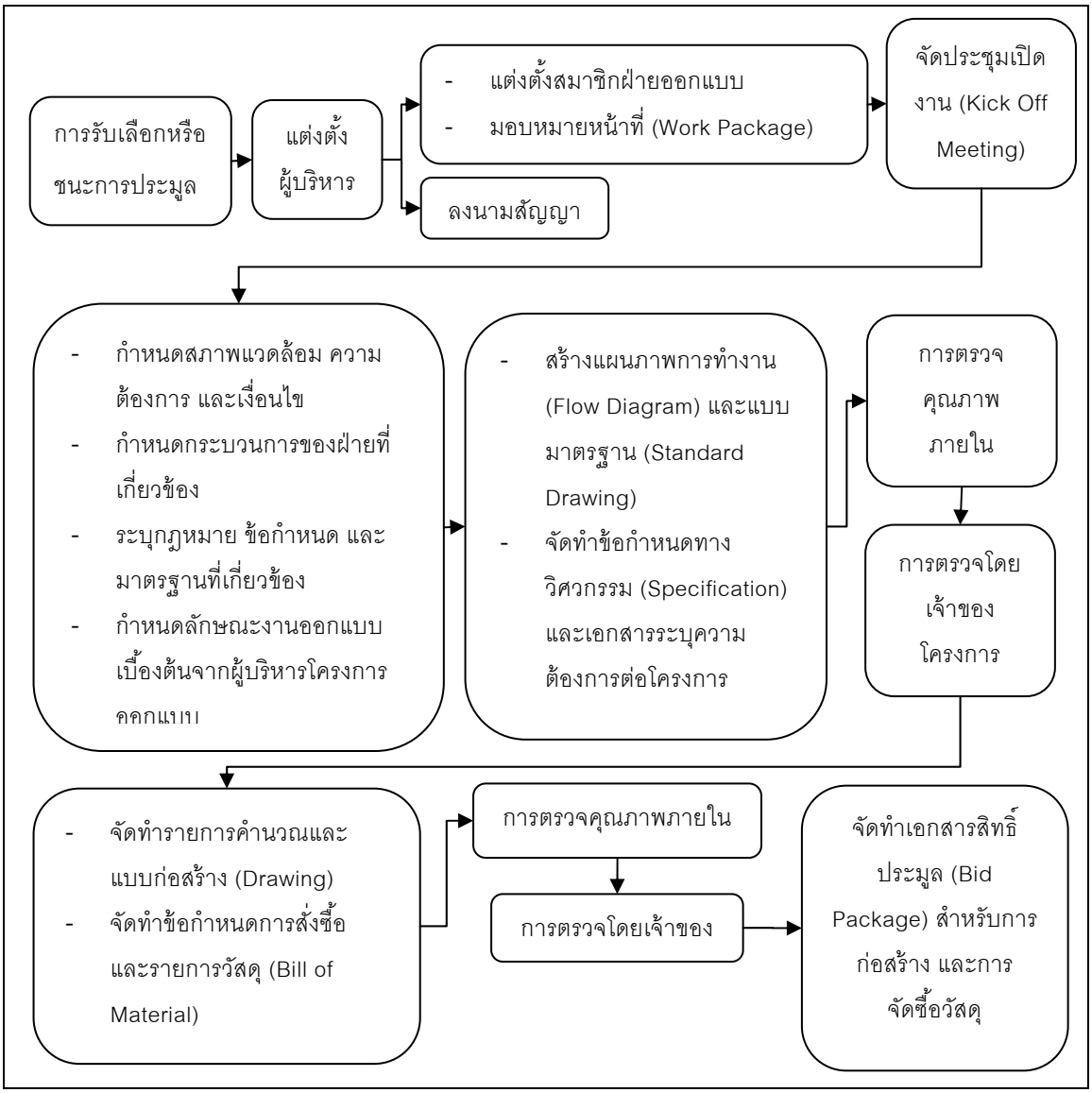
- ประสานงานกับผู้ว่าจ้างและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาปนิก วิศวกรอื่น และที่ปรึกษาบริหารโครงการ เพื่อให้งานคำนวณออกแบบสอดคล้องกับความต้องการของโครงการ
- ดำเนินการคำนวณออกแบบรายละเอียด จัดทำแบบรูป ข้อกำหนดและประมาณราคาในขั้นรายละเอียด
- จัดพิมพ์แบบรูปและเอกสารที่จำเป็นสำหรับการยื่นขออนุญาตก่อสร้าง
- ลงนามรับรองในฐานะผู้ปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรมในงานที่ตนดำเนินการและเป็นผู้รับผิดชอบ
- ตรวจสอบงานคำนวณออกแบบรายละเอียด แบบรูป ข้อกำหนดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ข้อกำหนดทางกฎหมาย สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และข้อกำหนดความต้องการของโครงการ
- จัดเตรียมเอกสารเพื่อการจัดทำบัญชีวัสดุอุปกรณ์และราคาค่าก่อสร้าง
- จัดเตรียมเอกสารในงานที่รับผิดชอบสำหรับนำไปใช้ในการประกวดราคา

(2) ขั้นดำเนินการ: หมายถึงการให้บริการภายหลังจากที่ได้ส่งมอบงานคำนวณออกแบบรายละเอียดแล้ว ซึ่งประกอบด้วยงานดังนี้

- งานให้คำปรึกษาในระหว่างการประกวดแบบและคัดเลือกผู้รับจ้างก่อสร้าง
- งานให้คำปรึกษาในระหว่างการก่อสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความสอดคล้องกับแบบรูปและข้อกำหนด
- งานอนุมัติวัสดุอุปกรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความสอดคล้องกับแบบรูปและข้อกำหนด

- จัดทำแบบรูปหรือรายละเอียดเพิ่มเติมตามความจำเป็น เพื่อช่วยงานก่อสร้างให้สอดคล้องกับแบบรูปและข้อกำหนด
- ตรวจสอบงานก่อสร้างเป็นครั้งคราว
- ร่วมประชุมในระหว่างการก่อสร้างตามความจำเป็น
- ให้ความร่วมมือในเรื่องของการประสานงานกับผู้ว่าจ้าง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ที่ปรึกษาบริหารโครงการและที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง

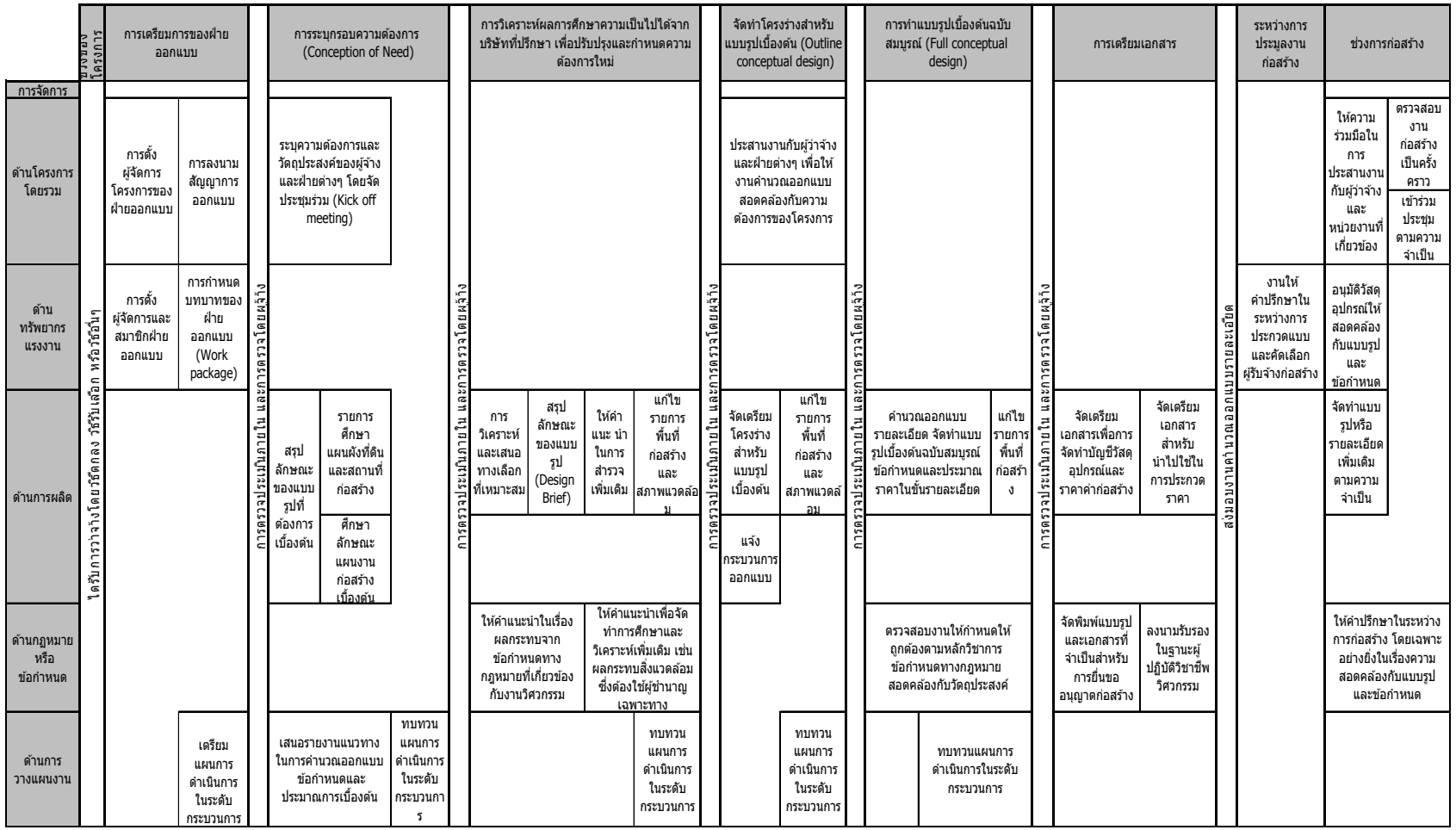
ในการระบุกระบวนการของการออกแบบ นอกจากการระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาขั้นตอนของการออกแบบในข้างต้น ยังจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ของกิจกรรมดังกล่าวซึ่ง Tan และ Lu (1995) ได้แสดงกระบวนการต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมและความสัมพันธ์ของกิจกรรมภายในโครงการช่วงการออกแบบ (Design project) ก่อนดำเนินการก่อสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงกระบวนการภายในโครงการออกแบบ ที่มา: Tan และ Lu (1995)

นอกจากนี้งานวิจัยของ Cooper et al. (1996) เสนอแบบจำลองของกระบวนการออกแบบและการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกัน เพื่อใช้เป็นแม่แบบสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการในโครงการก่อสร้าง โดยแบ่งช่วงเวลาของโครงการออกเป็น 4 ช่วง คือช่วงก่อนดำเนินโครงการ ช่วงก่อนการก่อสร้าง ช่วงระหว่างการก่อสร้าง และช่วงหลังการก่อสร้าง จากกิจกรรมและความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ได้จากงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปกระบวนการภายในช่วงเวลาของการดำเนินงานในโครงการของที่ปรึกษาฝ่ายออกแบบได้ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงกระบวนการออกแบบในโครงการก่อสร้าง ที่มา: ปรับปรุงจาก (Cooper et al., 1996)



จากตารางที่ 2.1 กระบวนการออกแบบในโครงการก่อสร้างสามารถแสดงในมุมมองด้านช่วงเวลาดำเนินโครงการและด้านการบริหาร โดยหัวตารางด้านบนแสดงช่วงเวลาในการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการออกแบบ เริ่มตั้งแต่ช่วงก่อนดำเนินโครงการ จนกระทั่งถึงช่วงเวลาระหว่างดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลาการดำเนินโครงการสามารถจำแนกตามประเภทการบริหาร ดังแสดงในหัวตารางด้ายซ้าย เช่น การบริหารด้านโครงการโดยรวม การบริหารด้านทรัพยากรและแรงงาน เป็นต้น จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของฝ่ายออกแบบที่มีต่อโครงการก่อสร้างโดยรวมและกิจกรรมการออกแบบที่มีความหลากหลาย

2.2.2 ผลลัพธ์ของการออกแบบ

ในหัวข้อก่อนหน้านี้เป็นการแสดงกระบวนการของการออกแบบ ซึ่งกระบวนการต่างๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างผลลัพธ์ของการออกแบบ (Design Output) โดยรายละเอียดของผลลัพธ์สามารถแสดงได้ในหัวข้อต่อไปนี้

(1) แบบรูปหรือแบบก่อสร้าง (Drawing)

ประเภทของแบบก่อสร้างอาจแบ่งได้ตามวัตถุประสงค์ที่ใช้งานในขั้นตอนต่างๆ ของการก่อสร้าง ได้แก่ แบบก่อสร้างของผู้ออกแบบ (Construction Drawing) แบบสนาม (Shop Drawing) แบบเหมือนจริง (As- Build Drawing) แต่สำหรับแบบที่เกี่ยวข้องต่อการจัดเตรียมเอกสารก่อนดำเนินการก่อสร้าง ได้แก่ ลักษณะของแบบก่อสร้างที่ผู้ออกแบบจัดทำขึ้น (Construction Drawing) (มนต์ชัย ธีระวันทนีย์, 2547) ซึ่งมีประโยชน์ในการก่อสร้างได้แก่

- การยื่นขออนุญาตต่อทางราชการ (Permit Drawing)
- การประมาณราคาก่อสร้าง หรือใช้ในการประมูลงานก่อสร้าง (Bidding)
- แบบและเอกสารคู่สัญญาเพื่อประกอบการทำสัญญาก่อสร้างระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้รับจ้างก่อสร้าง (Contract Drawing)

(2) ข้อกำหนด หรือเอกสารประกอบแบบ (Specification)

ข้อกำหนดหรือเอกสารประกอบแบบในภาษาอังกฤษใช้คำว่า “Specification” แต่สำหรับในประเทศไทยมีคำที่ใช้แตกต่างกันไป เช่นคำว่า

รายการประกอบแบบ รายการก่อสร้าง และข้อกำหนด เป็นต้น แต่สำหรับราชบัณฑิตยสถาน และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์บัญญัติศัพท์เป็น “ข้อกำหนด” โดยความหมายของคำว่า “ข้อกำหนด” ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 กล่าวว่าเป็นข้อความที่ระบุเป็นหลักเกณฑ์ หรือวิธีการให้บุคคลที่เกี่ยวข้องต้องปฏิบัติ หรือดำเนินการในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แต่ความหมายของ “ข้อกำหนด” ที่ใช้ในโครงการก่อสร้าง หมายถึงเอกสารที่แสดงถึงความต้องการของเจ้าของงานโดยผ่านทางผู้ออกแบบเพื่อให้ผู้รับเหมาก่อสร้างดำเนินการก่อสร้างให้แล้วเสร็จภายใต้งบประมาณที่ได้มีการตกลงกันไว้ในสัญญาก่อสร้าง (มนต์ชัย ธีระวันทนีย์, 2547) โดยข้อกำหนดสามารถแบ่งออกเป็น 3 หมวดหลัก คือ

(2) หมวดเอกสารเสนอราคาและเอกสารสัญญา (Bidding Proposal Form and Contractual Document) เอกสารในส่วนนี้เกี่ยวข้องในขั้นตอนการจัดหาผู้รับเหมาก่อสร้าง และการทำสัญญาจ้าง ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้ (วินิต ช่อวิเชียร และ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร, 2526)

- ประกาศแจ้งข่าวประกวดราคา หรือหนังสือเชิญประกวดราคา รวมถึงการระบุเงื่อนไขในการประกวดราคาแก่ผู้รับเหมาผู้รับเหมาที่เข้าเสนอราคา เช่น วันและเวลาที่นัดหมาย เอกสารที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ
- รูปแบบมาตรฐานส่วนเอกสารเสนอราคา ในส่วนนี้เจ้าของงานอาจกำหนดรูปแบบมาตรฐานให้ผู้รับเหมากรอกรายละเอียดลงในแบบที่กำหนด
- รูปแบบของสัญญาจ้างรวมถึงหนังสือค้ำประกัน

(3) หมวดเงื่อนไขของสัญญา (Conditions of Contract)

ในหมวดนี้กล่าวถึงอำนาจหน้าที่ ความรับผิดชอบ ความผูกพันทางกฎหมายระหว่างทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในเงื่อนไขของสัญญาการก่อสร้างจะประกอบด้วย 2 ส่วน (วินิต ช่อวิเชียร และ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร, 2526) คือ

- เงื่อนไขทั่วไป (General Conditions) เป็นข้อกำหนดพื้นฐานสำหรับการบริหารโครงการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย บทนิยาม และการ

ตีความ ข้อกำหนดและเงื่อนไขในการเสนอราคา เกณฑ์การตัดสินให้ชนะการประมูลและการทำสัญญา ขอบเขตของงาน การควบคุมงาน การควบคุมวัสดุ ความสัมพันธ์กันตามกฎหมายและความรับผิดชอบต่อสาธารณะ การดำเนินงานและความก้าวหน้า การวัดผลงานและการจ่ายเงิน ค่าจ้างแรงงานและเงื่อนไขการจ้างแรงงาน เป็นต้น

- เงื่อนไขพิเศษเฉพาะงาน (Special Conditions) เป็นเงื่อนไขพิเศษเฉพาะงานก่อสร้างในโครงการใดโครงการหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น สถานที่และลักษณะของงาน รายละเอียดและความต้องการของงาน เวลาเริ่มและแล้วเสร็จของงาน ขั้นตอนที่งานส่วนต่างๆ จะต้องแล้วเสร็จ ระยะเวลาและวิธีการจ่ายเงิน การวัดและการประเมินผลงาน การปรับปรุงราคาในกรณีปริมาณงานเปลี่ยนแปลง การจ่ายเงินล่วงหน้าและการจ่ายเงินคืน เงินประกันการเสียหายในการก่อสร้าง เงินประกันการเสียหายในการก่อสร้าง เงินค่าปรับเมื่อทำงานช้ากว่าแผน ข้อมูลต่างๆ ที่เจ้าของงานจะต้องจัดหา เป็นต้น (วินิต ช่อวิเชียร และ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร, 2526)

(4) หมวดข้อกำหนดทางด้านเทคนิค (Technical Conditions)

ในส่วนนี้มักถูกเรียกว่า ข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Construction Specification) ซึ่งอธิบายถึงรายละเอียดด้านเทคนิคที่เกี่ยวกับงานก่อสร้างในแต่ละส่วน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานด้านวัสดุ อุปกรณ์ ช่างฝีมือ ตลอดจนวิธีการก่อสร้าง ข้อกำหนดงานก่อสร้างด้านเทคนิคนี้อาจแบ่งหัวข้อได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดของสหรัฐอเมริกาคือ CSI-format (Construction Specification Institute) ซึ่งแบ่งออกเป็น 16 หมวด ได้แก่ ข้อกำหนดทั่วไป งานสนาม งานคอนกรีต งานก่อและฉาบ งานโลหะ งานไม้และพลาสติก งานป้องกันความร้อนและความชื้น งานประตูหน้าต่างพื้นผิวและฝ้าเพดาน งานตกแต่ง งานพิเศษเฉพาะทาง เครื่องมืออุปกรณ์ งานเฟอร์นิเจอร์ งานก่อสร้างพิเศษ ระบบลำเลียงขนส่ง งานระบบเครื่องกล และงานระบบไฟฟ้า เป็นต้น (วิสูตร จิระดำเกิง, 2540)

(5) บัญชีรายการแสดงปริมาณวัสดุและราคา (Bill of Quantities)

บัญชีรายการแสดงปริมาณวัสดุและราคาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ บัญชีวัสดุก่อสร้าง และบัญชีรายการค่าก่อสร้าง วินิต ช่อวิเชียร และ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร (2526) ดังนี้

- บัญชีวัสดุก่อสร้าง เป็นเอกสารแสดงการหาปริมาณงานและวัสดุที่ต้องใช้ รวมทั้งที่ต้องเผื่อจากการเสียหาย หัวเรื่องของบัญชีวัสดุประกอบไปด้วย ชื่อห้างร้านหรือบริษัท ชื่อรายการประมาณการ ลำดับแผ่นที่ ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนวัสดุมักทำเป็นช่องหรือตาราง

- บัญชีรายการค่าก่อสร้าง เป็นเอกสารแสดงปริมาณวัสดุและแรงงาน รวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นที่ต้องใช้สำหรับงานก่อสร่างนั้น โดยแยกเป็นหมวดต่างๆ เรียงตามลำดับรายการที่แสดงในบัญชีวัสดุก่อสร้าง หัวเรื่องมีลักษณะเหมือนบัญชีวัสดุ แต่จะแสดงรายละเอียดจำนวนวัสดุและค่าแรงตามลำดับรายการงานก่อสร้างในรูปของช่องหรือตาราง ในบางครั้งของการเสนอราคาค่าก่อสร้าง เจ้าของงานอาจจัดทำเอกสารสำหรับเสนอราคาก่อสร้างมาให้ โดยลงรายการของงานต่างๆ และจำนวนวัสดุที่ต้องใช้ ผู้ประมาณการต้องตรวจสอบรายการวัสดุอีกครั้ง ซึ่งอาจจำเป็นต้องแก้ไขเพิ่มเติม จากนั้นจึงลงรายการราคาค่าวัสดุ ค่าแรงงาน ค่าใช้จ่ายอื่นๆ แล้วรวมยอดเป็นราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด

จากหัวข้อที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการของการออกแบบเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่หลากหลาย และเกี่ยวข้องต่อการบริหารในหลายๆ ด้าน นอกจากนี้ผลลัพธ์ของการออกแบบยังมีความสำคัญต่อการก่อสร้าง และมีความสำคัญในการใช้เป็นส่วนประกอบในเอกสารสัญญา ดังนั้นเพื่อให้โครงการประสบความสำเร็จและตรงตามความต้องการของเจ้าของโครงการ การควบคุมคุณภาพของกระบวนการออกแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ

2.3 รูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง

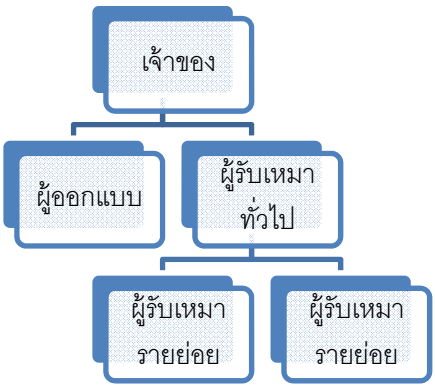
รูปแบบการบริหารงานก่อสร้างมีความหลากหลาย ซึ่งมีลักษณะของกระบวนการและขอบเขตความรับผิดชอบต่องานออกแบบที่แตกต่างกัน ในหัวข้อนี้จึงได้ศึกษาว่ารูปแบบการบริหารงานก่อสร้างมีผลต่อกระบวนการและผลลัพธ์ของการออกแบบหรือไม่ ซึ่งรูปแบบของการบริหารงานก่อสร้าง (Project delivery system) ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง สามารถแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ (Barrie และ Paulson, 1984) ได้แก่

(1) แบบดั้งเดิม (Traditional Approach)
(2) แบบเจ้าของเป็นผู้ก่อสร้าง (Owner – Builder)
(3) แบบเบ็ดเสร็จ แบ่งย่อยได้ 2กรณี คือ ออกแบบ-ก่อสร้าง และ ออกแบบ- บริหาร (Turnkey; Design – Build or Design Manage)
(4) แบบบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพ (Professional Construction Management)

2.3.1 การบริหารแบบดั้งเดิม (Traditional Approach)

การดำเนินงานภายใต้วิธีแบบดั้งเดิม หรือเรียกอีกอย่างว่า “Design-Bid-Build” เจ้าของโครงการเป็นผู้ว่าจ้างผู้ออกแบบ มาทำ แบบรูปและรายการประกอบแบบ และว่าจ้างผู้รับเหมาในการก่อสร้าง ภายใต้สัญญากับเจ้าของ เช่น สัญญาจ้างเหมาก่อสร้างราคาตายตัวหรือเหมารวม (Fixed Price or Lum-Sum) สัญญาแบบราคาต่อหน่วย (Unit Price) เป็นต้น งานส่วนใหญ่จะถูกทำโดยผู้รับเหมาย่อยแต่ละรายซึ่งขึ้นตรงต่อผู้รับเหมาทั่วไปและแรงงานของผู้รับเหมาทั่วไปเอง

การบริหารแบบดั้งเดิมผู้ออกแบบมีหน้าที่ในการสำรวจสถานที่ การเก็บข้อมูล และการคำนวณ เพื่อจัดเตรียมแบบรูป ข้อกำหนดการก่อสร้าง รายการประกอบแบบ นอกจากนี้ยังต้องเตรียมเอกสารในการประมูล และอาจทำหน้าที่บางอย่างของการตรวจสอบ ตักเตือน หรือควบคุมงานระหว่างการก่อสร้าง เพื่อให้การก่อสร้างตรงตามแบบที่กำหนด การแก้ไขและการขอให้เพิ่มรายละเอียดของแบบในระหว่างการก่อสร้าง ผู้รับเหมาจะเป็นผู้ส่งคำร้องไปยังผู้ออกแบบ ซึ่งแบบแก้ไขหรือเพิ่มเติมที่เสร็จสิ้นจะนำไปอนุมัติจากตัวแทนของเจ้าของโครงการ ซึ่งโครงสร้างของการบริหารโครงการรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถแสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์กรแบบดั้งเดิม ที่มา: (Barrie และ Paulson, 1984)

2.3.2 การบริหารแบบเจ้าของเป็นผู้ก่อสร้าง (Owner – Builder)

การบริหารแบบนี้จะมีการทำงานทั้งงานออกแบบ และงานก่อสร้างด้วยบริษัทของเจ้าของเอง ซึ่งอาจมีการใช้ที่ปรึกษาในบางส่วนหรือทั้งหมดของการออกแบบรายละเอียด ในการก่อสร้างฝ่ายก่อสร้างจะทำหน้าที่ควบคุมผู้รับเหมาหลัก ผู้รับเหมาย่อย และแรงงานของตัวเอง มีการใช้รูปแบบของสัญญาเช่นเดียวกับการบริหารแบบดั้งเดิม

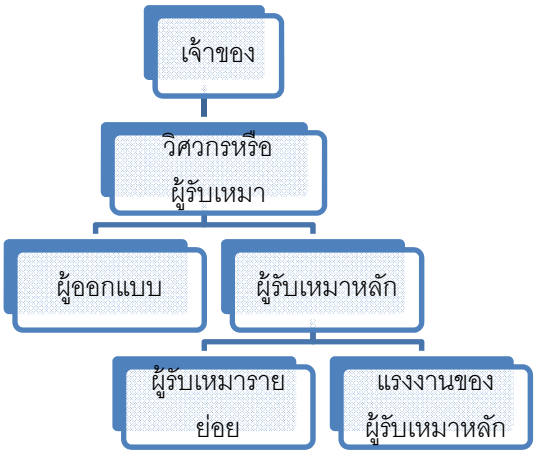
ฝ่ายออกแบบของเจ้าของโครงการ มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูล และการคำนวณ เพื่อจัดเตรียมแบบรูป ข้อกำหนดการก่อสร้าง และรายการประกอบแบบ ช่วงก่อนการดำเนินงานก่อสร้างเช่นเดียวกัน แต่อาจไม่ต้องเตรียมเอกสารในการประกวดราคาเนื่องจากรูปแบบการบริหารลักษณะนี้ใช้การว่าจ้างมากกว่าการประมูล นอกจากนี้ฝ่ายออกแบบอาจต้องประสานงานกับฝ่ายก่อสร้างกรณีมีการแก้ไขแบบ หรือการออกแบบรายละเอียดเพิ่มเติม ระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งโครงสร้างของการบริหารโครงการรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถแสดงดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์กรแบบเจ้าของเป็นผู้ก่อสร้าง

ที่มา : (Barrie และ Paulson, 1984)

2.3.3 การบริหารแบบเบ็ดเสร็จ วิธีออกแบบก่อสร้างหรือ ออกแบบ-บริหาร (Turnkey : Design – Build or Design - Manage)

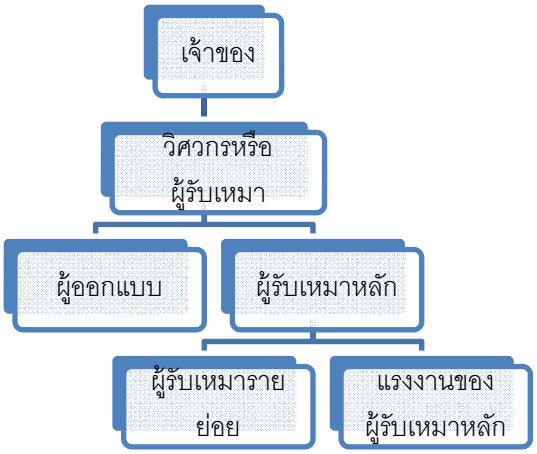
การบริหารแบบเบ็ดเสร็จ (Turnkey) แยกออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีออกแบบ-ก่อสร้าง และวิธีออกแบบ-บริหาร การบริหารแบบออกแบบ-ก่อสร้าง เจ้าของงานจะว่าจ้างบริษัทเดียวให้มีหน้าที่เป็นทั้งวิศวกรและผู้รับเหมาให้รับผิดชอบทั้งการออกแบบและการก่อสร้าง โดยทำการว่าจ้างรวมเป็นสัญญาเดียว ซึ่งผู้รับเหมาหลักอาจจ้างผู้รับเหมารายย่อย โดยโครงสร้างของการบริหารโครงการรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างการบริหารและจัดองค์กรแบบเบ็ดเสร็จ วิธีออกแบบ – ก่อสร้าง

ที่มา: (Barrie และ Paulson, 1984)

สำหรับการบริหารแบบเบ็ดเสร็จ วิธีออกแบบ-บริหาร เจ้าของว่าจ้างบริษัทเดียวซึ่งมีหน้าที่เป็นทั้งวิศวกรและผู้บริหารงานก่อสร้าง ให้รับผิดชอบทั้งการออกแบบและการก่อสร้าง โดยว่าจ้างรวมเป็นเป็นสัญญาเดียว การก่อสร้างจะถูกดำเนินการโดยผู้รับเหมาซึ่งทำหน้าที่คล้ายรูปแบบการบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพ คือการหาผู้รับเหมาแต่ละรายให้มาทำงานแต่ละอย่าง ภายใต้รูปแบบเบ็ดเสร็จนี้การก่อสร้างสามารถดำเนินงานได้ในขณะทำการออกแบบ เพื่อให้ระยะเวลาโครงการลดลงได้ โดยแยกงานออกเป็นส่วนๆ หากแบบก่อสร้างส่วนใดเสร็จก็นำมาก่อสร้างก่อน โดยโครงสร้างของการบริหารโครงการรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถแสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์การแบบ เบ็ดเสร็จ วิธีออกแบบ-บริหาร

ที่มา : (Barrie และ Paulson, 1984)

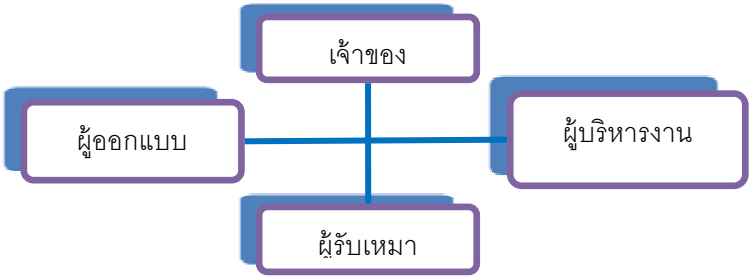
การบริหารแบบเบ็ดเสร็จฝ่ายออกแบบของบริษัทผู้รับเหมามีหน้าที่เช่นเดียวกับฝ่ายออกแบบของรูปแบบเจ้าของ-ผู้รับเหมา คือการจัดทำแบบรูป ข้อกำหนด และประมาณการ โดยอาจเตรียมเอกสารเสนอราคาในกรณีมีการประมูล และอาจประสานงานกับฝ่ายก่อสร้างกรณีมีการแก้ไขแบบ หรือการออกแบบรายละเอียดเพิ่มเติม ระหว่างการก่อสร้างเช่นเดียวกัน

2.3.4 การบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพ (Professional Construction Management)

การบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพเกี่ยวข้องกับกลุ่มบุคคล 3 กลุ่มคือ เจ้าของ ผู้ออกแบบ และผู้บริหารงานก่อสร้าง โดยเจ้าของมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในการดำเนินงานก่อสร้าง และเจ้าของว่าจ้างผู้ออกแบบมาทำแบบรูป และรายการประกอบแบบ และว่าจ้างผู้บริหารงานก่อสร้างมาทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาบริหาร และบริหารงานก่อสร้าง ส่วนการก่อสร้างเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมาแต่ละ

รายซึ่งทำ สัญญากับเจ้าของ ซึ่งอาจกำหนดเป็นสัญญาแบบราคาเหมารวม หรือราคาต่อหน่วย โดยมีผู้บริหารงานก่อสร้างเป็นตัวแทนของฝ่ายเจ้าของโครงการ

ผู้ออกแบบมีหน้าที่จัดทำแบบรูป ข้อกำหนด และประมาณการ โดยไม่ต้องเตรียมเอกสารเสนอราคา และประสานงานกับฝ่ายก่อสร้างกรณีมีการแก้ไขแบบ หรือการออกแบบรายละเอียดเพิ่มเติม ระหว่างการก่อสร้าง โดยโครงสร้างของการบริหารโครงการรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถแสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างการบริหารและการจัดองค์กรแบบ การบริหารงานก่อสร้าง
ที่มา : (Barrie และ Paulson, 1984)

2.3.5 สรุปกระบวนการและผลลัพธ์จากรูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง

จากลักษณะของรูปแบบการบริหารงานก่อสร้างที่ได้อธิบายข้างต้น สามารถสรุปเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการและผลลัพธ์ของการออกแบบในแต่ละรูปแบบการบริหารงานก่อสร้างได้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการบริหารงานก่อสร้างที่แตกต่างกันส่งผลต่อผลลัพธ์ของงานออกแบบที่อาจมีความแตกต่างกันเล็กน้อย เช่น ฝ่ายออกแบบของผู้รับเหมาในรูปแบบก่อสร้างแบบเบ็ดเสร็จ อาจไม่ต้องเตรียมเอกสารเสนอราคา เนื่องจากฝ่ายที่เป็นตัวแทนจากเจ้าของโครงการ เช่น บริษัทที่ปรึกษาเป็นผู้จัดเตรียมเอกสารดังกล่าว นอกจากนี้ในกระบวนการออกแบบฝ่ายออกแบบในรูปแบบการจัดจ้างที่แตกต่างกันจะมีขอบเขตความรับผิดชอบต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ดังนั้นจึงควรประเมินฝ่ายออกแบบโดยทั่วไป แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยไม่สามารถพัฒนาระบบประเมินผลสำหรับฝ่ายออกแบบของทุกรูปแบบการจัดจ้างได้ ดังนั้นจึงกำหนดขอบเขตของการศึกษาในงานวิจัยนี้ให้พัฒนาระบบการประเมินผลการดำเนินงานสำหรับฝ่าย

ออกแบบของบริษัทที่ปรึกษาโดยทั่วไป เฉพาะงานออกแบบในช่วงเตรียมเอกสารก่อนการประมูล ซึ่งตรงกับรูปแบบการจัดจ้างแบบดั้งเดิม (Design-Bid-Build)

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบกระบวนการและผลลัพธ์ของการออกแบบ ในแต่ละรูปแบบการบริหารก่อสร้าง

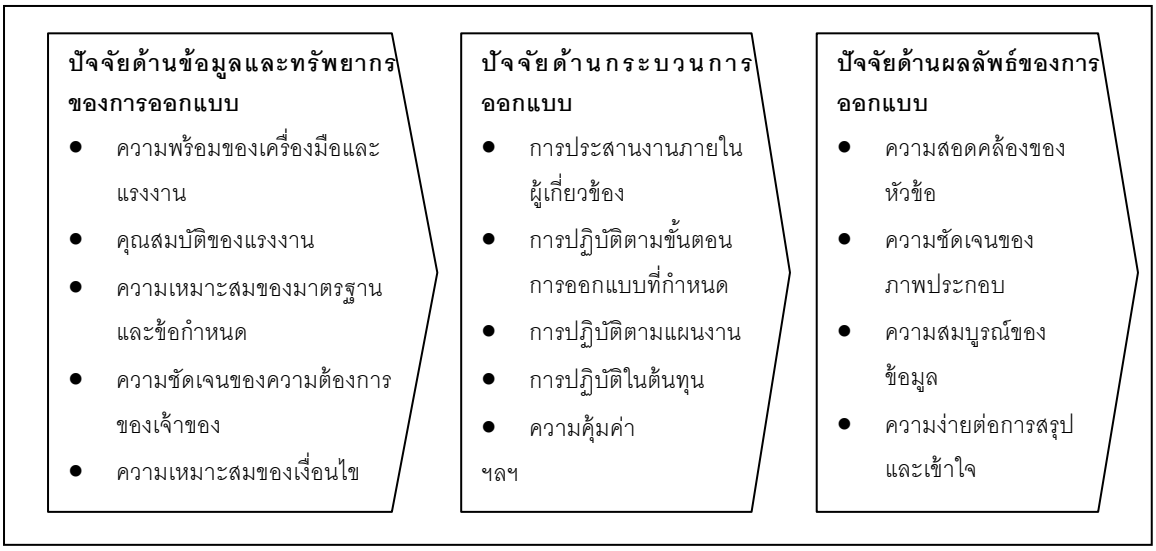
รูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง	ฝ่ายออกแบบของ	ความแตกต่างของงานออกแบบในด้าน							
		ผลลัพธ์ของการออกแบบ						กระบวนการออกแบบ	
		แบบก่อสร้าง	เอกสารเสนอราคา/เอกสารสัญญา	เงื่อนไขของสัญญา	ข้อกำหนดทางด้านเทคนิค	บัญชีวัสดุก่อสร้าง	บัญชีรายการค่าก่อสร้าง	ก่อนดำเนินการก่อสร้าง	ระหว่างดำเนินการก่อสร้าง
แบบดั้งเดิม (Design-Bid- Build)	บริษัทที่ปรึกษา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	ไม่แตกต่าง	ผู้รับเหมาต้องให้ผู้ออกแบบเป็นผู้แก้ไขแบบ
แบบเจ้าของเป็นผู้สร้าง (Owner-Builder)	เจ้าของโครงการ	✓	(ไม่มีการประมูล)	✓	✓	✓	✓	ไม่แตกต่าง	กระบวนแก้ไขแบบเป็นการติดต่อภายในองค์กรเดียวกัน
แบบเบ็ดเสร็จ (Turn – Key) ออกแบบ-แบบก่อสร้าง	ผู้รับเหมาหรือบริษัทที่ปรึกษา	✓	(เตรียมเอกสารเสนอราคาหากมีประมูล)	✓	✓	✓	✓	ไม่แตกต่าง	กระบวนแก้ไขแบบเป็นการติดต่อภายในองค์กรเดียวกัน

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบกระบวนการและผลลัพธ์ของการออกแบบ
ในแต่ละรูปแบบการบริหารก่อสร้าง (ต่อ)

รูปแบบการบริหารงานก่อสร้าง	ฝ่ายออกแบบของ	ความแตกต่างของงานออกแบบในด้าน							
		ผลลัพธ์ของการออกแบบ						กระบวนการออกแบบ	
		แบบก่อสร้าง	เอกสารเสนอราคา/เอกสารสัญญา	เงื่อนไขของสัญญา	ข้อกำหนดทางด้านเทคนิค	บัญชีวัสดุก่อสร้าง	บัญชีรายการค่าก่อสร้าง	ก่อนดำเนินการก่อสร้าง	ระหว่างดำเนินการก่อสร้าง
แบบเบ็ดเสร็จ (Turn – Key) ออกแบบ-บริหาร	ผู้รับเหมาหรือบริษัทที่ปรึกษา	✓	(เตรียมเอกสารเสนอราคาหากมีประมูล)	✓	✓	✓	✓	ไม่แตกต่าง	ผู้รับเหมาต้องให้บริษัทที่ปรึกษา (Turn-key) เป็นผู้แก้ไขแบบ
แบบบริหารงานก่อสร้างโดยวิชาชีพ (Professional Firms)	บริษัทที่ปรึกษา	✓	(ไม่มีการประมูล)	✓	✓	✓	✓	ไม่แตกต่าง	ผู้รับเหมาต้องให้ผู้ออกแบบเป็นผู้แก้ไขแบบ

2.4 งานวิจัยที่มุ่งลดปัญหาในงานออกแบบ

จากการรวบรวมงานวิจัยที่มุ่งลดปัญหาหรือพัฒนางานออกแบบให้ประสบผลสำเร็จ ผู้วิจัยสามารถรวบรวมและจำแนกงานวิจัยดังกล่าวออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ งานวิจัยที่มุ่งพัฒนาในด้านข้อมูลและทรัพยากรที่ใช้ในการออกแบบ เช่น ความสามารถของผู้บริหารโครงการ ความสามารถของฝ่ายออกแบบ งานวิจัยที่มุ่งพัฒนากระบวนการออกแบบ เช่น การประสานงานภายใน การปฏิบัติตามกระบวนการออกแบบที่กำหนด และลำดับสุดท้ายคืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ของการออกแบบ เช่น ความสมบูรณ์ ความชัดเจน ความถูกต้อง และความเรียบร้อยของผลงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การจำแนกงานวิจัยในอดีตที่มุ่งพัฒนางานออกแบบในด้านต่างๆ

จากภาพที่ 2.7 งานวิจัยที่มุ่งพัฒนาด้านข้อมูลและทรัพยากรของการออกแบบ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับแรงงาน ข้อมูลจากการสำรวจ และข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบ ได้แก่ งานวิจัยของ Busseri และ Palmer (2000) ศึกษาการประเมินผู้ออกแบบที่มีต่อผลงานออกแบบ โดยรายการประเมินฝ่ายออกแบบประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ เช่น การตัดสินใจ การให้ความใส่ใจกับประโยชน์ส่วนรวมของฝ่ายออกแบบ ความพึงพอใจในกระบวนการ การบริหารด้านเวลา และการให้ความใส่ใจกับความคิดของแต่ละบุคคล เป็นต้น ผลจากการศึกษาระบุว่าลักษณะของฝ่ายออกแบบส่งผลต่อคุณภาพของผลงานออกแบบ และการประเมินผู้ออกแบบสามารถช่วยให้ฝ่ายออกแบบมีผลงานที่ดีขึ้น

งานวิจัยที่มุ่งพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบภายใน เช่นงานวิจัยของ Thomas (1999) เสนอแบบจำลองสำหรับการวัดผลิตภาพ (Productivity) ของงานออกแบบในสัญญาออกแบบทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม โดยได้เสนอวิธีการวัดอัตราการทำงานของฝ่ายอกแบบจากการคำนวณปริมาณเอกสารงานออกแบบที่ได้รับการจัดหมวดหมู่ในโครงการเพื่อให้สะดวกต่อการคิดปริมาณงาน หลังจากนั้นจึงเทียบปริมาณงานข้างต้นกับระยะเวลาการออกแบบเพื่อหาอัตราการทำงานโดยเฉลี่ย

งานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาผลลัพธ์ของการออกแบบ ได้แก่ งานวิจัยของ Samofalov และ Papinigis (2010) ศึกษาปัญหาด้านการจัดเตรียมเอกสารงานออกแบบของประเทศลิทูเนีย โดยปัญหาที่พบเช่น เอกสารจัดทำอย่างไม่ถูกต้องตามแบบที่โครงการกำหนด การไม่ระบุข้อมูลที่

จำเป็นลงในคำแนะนำเพิ่มเติมของแบบ การขาดการระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ เช่น ปล่องลิฟท์ เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยของ Tilley (1997) ยังเสนอการวัดคุณภาพของผลลัพธ์งานออกแบบจากเอกสารคำร้อง (Request for Information: RFI) ซึ่งเอกสารดังกล่าวแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ เอกสารแบบทดแทน จำนวนเอกสารและข้อมูลขออนุมัติ คำร้องในการเพิ่มรายละเอียดให้แบบที่ไม่ชัดเจน คำร้องเพื่อขอการยืนยัน และเอกสารคำร้องในวัตถุประสงค์อื่นๆ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนางานออกแบบในภาพรวม โดยระบุปัจจัยที่ส่งผลให้โครงการออกแบบประสบความสำเร็จ เช่น งานวิจัยของ Tan และ Lu (1993) ได้จัดกลุ่มของปัจจัยออกเป็น ปัจจัยด้านด้านข้อมูลและทรัพยากรของการออกแบบ เช่น ความสามารถประสบการณ์ แรงจูงใจ และการทำงานร่วมกันของผู้ออกแบบ เป็นต้น ปัจจัยด้านกระบวนการออกแบบ เช่น ความสอดคล้องต่อกระบวนการและนโยบายการออกแบบ ความสอดคล้องหมายกำหนดการณ์และตารางงาน ปัจจัยด้านผลลัพธ์ของการออกแบบ เช่น ความสมบูรณ์ถูกต้องและความต่อเนื่องของหัวข้อในเอกสาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่มุ่งพัฒนาปัจจัยหลายๆด้านเช่นกัน ได้แก่ งานวิจัยของ Andy และ Minato (2002) ได้จำแนกปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการเตรียมเอกสารของงานออกแบบในประเทศญี่ปุ่น โดยปัจจัยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการออกแบบ เช่น การคำนึงถึงต้นทุนตลอดการใช้งาน ความมีประสิทธิภาพของการใช้วัสดุ ความประหยัด การตรงความต้องการ เป็นต้น และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการจัดเตรียมเอกสาร ได้แก่ ความสมบูรณ์ ความชัดเจน ความสอดคล้อง ความถูกต้อง เป็นต้น ในขณะที่งานวิจัยของ Darwish (2007) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของการออกแบบและการจัดเตรียมเอกสารการออกแบบในประเทศซาอุดิอาระเบียพบปัจจัยที่สำคัญได้แก่ การเปลี่ยนแปลงงานในตอนสุดท้ายโดยลูกค้า ระยะเวลาที่กำหนดในการออกแบบ การรอคอยการตัดสินใจจากลูกค้า การลดเวลาของการออกแบบโดยคัดลอกหรือปรับปรุงจากงานเก่า ตามลำดับ และงานวิจัยของ Torbica และ Stroh (2001) ศึกษารายการประเมินความพึงพอใจต่อบริษัทรับสร้างบ้าน โดยแบ่งหัวข้อการประเมินเป็น ความพึงพอใจในการออกแบบ การพึงพอใจต่อฝ่ายก่อสร้าง ซึ่งเน้นการประเมินที่การประเมินลักษณะและรูปแบบบ้านหลังจากที่ลูกค้าได้พักอาศัยและสุดท้ายเป็นการประเมินในหัวข้อความพึงพอใจต่อบริการ

อย่างไรก็ตามแม้ว่างานวิจัยในอดีตมีการเสนอเครื่องมือ แนวทาง ที่มุ่งพัฒนาทั้งทรัพยากร กระบวนการ และผลลัพธ์ของงานออกแบบจะมีหลากหลายประเภท แต่กระบวนการหนึ่งที่มี

ความสำคัญต่อการสะท้อนผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้เครื่องมือ และแนวทาง จากงานวิจัยเหล่านั้นว่าประสบผลสำเร็จได้จริงหรือไม่ คือการวัดผลดำเนินงาน ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

2.5 **การวัดผลการดำเนินงาน** (Performance measurement)

นอกจากการศึกษารายการปัจจัยคุณภาพที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว การพัฒนาคุณภาพของกระบวนการออกแบบยังเกี่ยวข้องต่อการศึกษาแนวคิดหรือขั้นตอนที่สามารถช่วยสนับสนุนการพัฒนาดังกล่าว เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องต่อปัจจัยด้านคุณภาพ ซึ่งขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่งได้แก่การวัดคุณภาพของกระบวนการออกแบบ ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงแนวคิด ความสำคัญและเครื่องมือในการวัดผลคุณภาพที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อพัฒนาเครื่องมือวัดคุณภาพของกระบวนการออกแบบที่เหมาะสม

2.5.1 **ความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงาน**

การพัฒนาคุณภาพของกระบวนการออกแบบเกี่ยวข้องต่อทฤษฎี และแนวคิดต่างๆ ซึ่งแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวสามารถนำมากำหนดเป็นนโยบาย และกิจกรรมในการบริหารคุณภาพอย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตามกิจกรรมที่มักปฏิบัติภายในองค์กรต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญและสามารถสนับสนุนการพัฒนาอย่างต่อเนื่องได้แก่ การวัดผลการดำเนินงานภายในองค์กร (Performance Measurement) ซึ่งการวัดผลการดำเนินงานเป็นขั้นตอนในการประเมินผลการทำงานภายในกรอบเวลาที่กำหนด โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ระบุความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงานไว้หลายประการ โดยความสำคัญในด้านการกำหนดแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการ เนื่องจากการวัดผลการดำเนินงานเป็นการแสดงให้เห็นว่าการทำงานอยู่ในระดับไหนและจะพัฒนาไปในทิศทางใด การวัดผลการดำเนินงานยังเป็นการแนะแนวทางในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไปยังเป้าหมายที่ตั้งไว้ และเป็นการระบุความบกพร่องหรือความขาดประสิทธิภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Rose, 1995: 63) นอกจากนี้การวัดผลการดำเนินงานยังเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการสื่อสารไปยังแรงงาน ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งสำคัญ และสิ่งใดควรทำให้สำเร็จ นอกจากนั้นเพื่อให้การวัดเกิดประสิทธิผลสูงสุด ควรมีการบริหารว่าสิ่งใดควรวัดและวัดเพื่อเหตุผลใด (Willis T. และ Willis W.,1995:39) สำหรับจุดประสงค์ในการวัดผลการดำเนินงานในฝ่ายออกแบบทางวิศวกรรมสามารถแบ่งได้ดังนี้(Busby และ Williamson, 2000: 336-337)

(1) *เพื่อการกำหนดเป้าหมายและผลตอบรับ (Goal Setting and Feedback)* การวัดผลลัพธ์อย่างเป็นระบบสามารถช่วยให้กำหนดเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง และผลตอบกลับที่ได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงาน

(2) *เพื่อกระตุ้นการทำงาน (Motivation)* ผลการวัดสามารถแสดงหลักเกณฑ์ที่ชัดเจนในการปรับปรุงพฤติกรรมที่ขาดประสิทธิภาพของผู้ออกแบบ

(3) *เพื่อการบริหาร (Management)* การวัดผลการดำเนินงานมักปฏิบัติในหลายองค์กร และเป็นที่ยอมรับว่าสถานภาพขององค์กรสามารถแสดงได้ด้วยการวัดผลการดำเนินงาน และองค์กรไม่สามารถควบคุมในสิ่งที่วัดผลไม่ได้ ดังนั้นองค์กรต่างๆ จึงควรบริหารองค์กรโดยอ้างอิงผลการดำเนินงาน และการเปรียบเทียบกับเป้าหมาย

(4) *เพื่อการพิจารณาที่ครอบคลุม (Comprehensiveness)* ในองค์กรที่ดำเนินการทางวิศวกรรมจำเป็นต้องวัดผลการดำเนินงานในปัจจัยที่สำคัญเพื่อกำหนดแนวทางพัฒนา การวางนโยบายและกระบวนการทางวิศวกรรมอย่างเหมาะสม

จากความสำคัญดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวัดผลการดำเนินงาน ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะอธิบายเทคนิคและวิธีการวัดผลการดำเนินงานที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

2.5.2 **เครื่องมือในการวัดผลการดำเนินงาน**

ในอดีตการประเมินผลการดำเนินงานมุ่งเน้นไปในด้านต้นทุนและระยะเวลาเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อแนวทางการบริหารคุณภาพเริ่มเป็นที่นิยมจึงมีความพยายามในการวัดผลการดำเนินงานโดยอ้างอิงปัจจัยในด้านอื่นๆ มากยิ่งขึ้น จนกระทั่งในปัจจุบันการพัฒนาเครื่องมือและแบบจำลองมีหลายลักษณะเพื่อใช้สำหรับการวัดผลการดำเนินงาน ในหัวข้อต่อไปเป็นการอธิบายเทคนิคและเครื่องมือสำหรับการวัดผลการดำเนินงานของกระบวนการออกแบบ ที่นิยมใช้ดังนี้

(1) เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)

เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ได้รับการพัฒนาจาก Yoji Akao ในปี 1972 ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวัดผลดำเนินงานเพื่อจัดการงานออกแบบ งานวางแผน และพัฒนาผลิตภัณฑ์ งานบริการ และพัฒนากระบวนการภายใน ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยระบุความต้องการของลูกค้าให้ชัดเจน และช่วยประเมินคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

ว่าสามารถสนองตอบความต้องการของลูกค้าได้มากเพียงใด (อมรรัตน์ ปินตา และ อรรถกร เก่งพล, 2546:37) แม้ว่าการประยุกต์ใช้วิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพส่วนใหญ่เป็นการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์ต่อกระบวนการ แต่มีงานวิจัยที่ใช้วิธีการดังกล่าวในการประเมินผลการดำเนินงานของกระบวนการออกแบบ โดยพัฒนาตารางที่เรียกว่า บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลโดยเปรียบเทียบระหว่างปัญหาที่ฝ่ายก่อสร้างได้รับ กับกระบวนการออกแบบที่ส่งผลต่อปัญหาดังกล่าวเช่น กระบวนการเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูล กระบวนการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงงาน การระบุข้อกำหนด การจัดทำรายการงานจากโครงการในอดีตที่อ้างอิงได้ง่าย ซึ่งจากวิธีการแปลงหน้าที่คุณภาพสามารถระบุลำดับความสำคัญของกระบวนการที่ควรปรับปรุงก่อนได้ (Alarcón และ Mardones, 1998) แต่แม้ว่าวิธีการดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นว่าควรปรับปรุงในกระบวนการใด แต่ยังขาดการระบุหลักเกณฑ์ในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่มีความแม่นยำ โดยการประเมินด้วยวิธีดังกล่าวมักขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้ประเมินซึ่งมีความไม่แน่นอน เช่น ฝ่ายออกแบบมักประเมินผลเข้าข้างตนเองทำให้ผลการวัดคุณภาพมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง เป็นต้น ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงอาจมีความคลาดเคลื่อน เพื่อให้การประเมินมีความแม่นยำโดยไม่ขึ้นอยู่กับผู้ประเมินจึงมีการพัฒนาการระบุตัวชี้วัดคุณภาพซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

(2) การระบุดัชนีวัดผลดำเนินงาน (Key Performance Indicator)

การระบุดัชนีวัดผลดำเนินงาน เป็นขั้นตอนหนึ่งในเทคนิคการบริหารที่เรียกว่า บาลานซ์สกอร์การ์ด(Balanced Scorecard: BSC) ซึ่งนำเสนอโดย Kaplan และ Norton (1996) ให้เป็นเครื่องมือในการนำกลยุทธ์ขององค์กรไปสู่ภาคการปฏิบัติ โดยอาศัยการวัดผลการดำเนินงาน ผ่านการระบุปัจจัย และกำหนดเกณฑ์การประเมิน เพื่อคำนวณเป็นคะแนนที่แน่นอน ซึ่งมีงานวิจัย Tatsiana และ Saad (2008) ที่ใช้ดัชนีวัดผลดำเนินงาน สำหรับการวัดผลกระบวนการออกแบบโดยเสนอกรอบความคิดสำหรับการระบุดัชนีวัดผลในระดับกระบวนการออกแบบ โดยขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การเรียบเรียงรายการดัชนีวัดผลและระบุปัญหา การระบุดัชนีวัดผลสำหรับกระบวนการออกแบบ เป็นต้น นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Budawara (2009) ที่ได้พัฒนาแบบจำลองสำหรับการประเมินผลการออกแบบ (MDPM: Model for Design Performance Measurement) โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP: Analytical Hierarchical Process) เพื่อเรียบเรียงและระบุระดับความสำคัญของดัชนีวัดผลที่มีต่อการออกแบบ โดยกลุ่มของตัวชี้วัดมีทั้งสิ้น 9 กลุ่ม เช่น ความเข้าใจต่อความต้องการลูกค้า กระบวนการออกแบบ การประยุกต์การออกแบบเข้ากับการ

จัดการห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยของ Kline et al. (2003) ได้ระบุรายการลักษณะที่ดีของกระบวนการออกแบบ โดยรายการดังกล่าวพัฒนาจากฝ่ายประเมินที่แต่งตั้งขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญหลายๆ ฝ่าย รายการที่ได้แต่ละรายการจะนำมาเปรียบเทียบกับระดับทักษะของผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการประเมิน จากนั้นคะแนนการประเมินที่ได้จะนำมาคูณกับระดับความสำคัญของแต่ละรายการประเมินเพื่อให้ได้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวม

2.5.3 ประเภทของดัชนีวัดผลการดำเนินงาน

การระบุดัชนีวัดผลการดำเนินงานสามารถแบ่งได้ด้วยเกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยหากแบ่งตามลักษณะการวัดผลจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ (Chan, A. P. C. และ Chan, A., 2004)

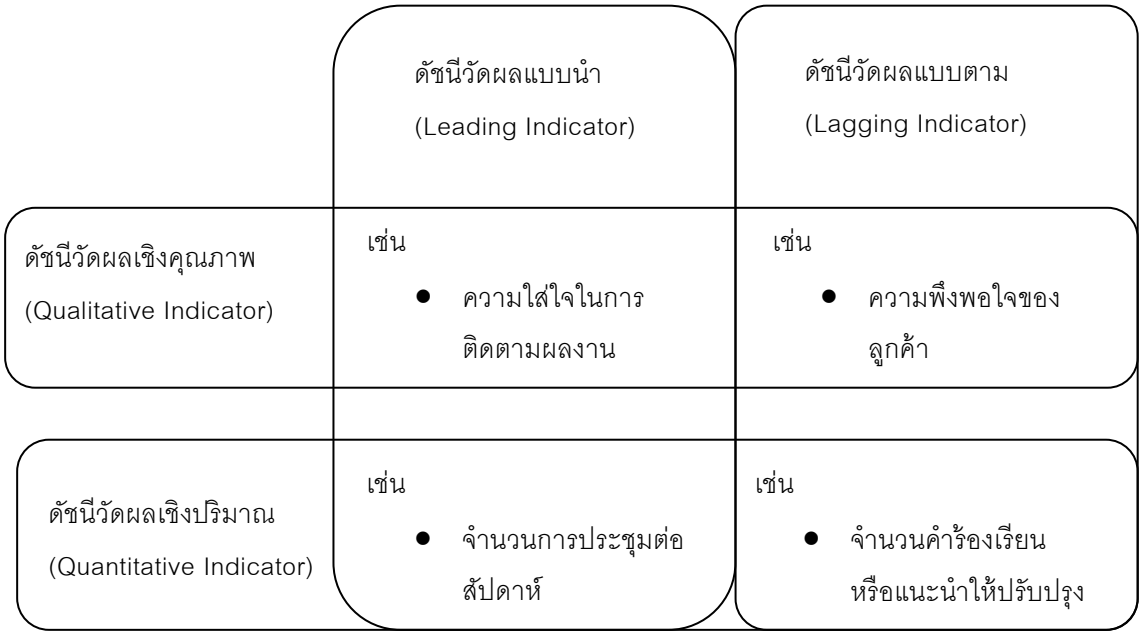
(1) ดัชนีวัดผลเชิงคุณภาพ: โดยงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับการระบุดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบเชิงคุณภาพ เช่น Haponava และ Al-Jibouri (2009) และ Budawara (2009)
(2) ดัชนีวัดผลเชิงปริมาณ: ดัชนีที่ใช้วัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในเชิงปริมาณ เช่น Tilley (1997) และ Thomas (1999)

นอกจากนี้ประเภทของดัชนีวัดผลอาจจำแนกตามวัตถุประสงค์ในการวัด ซึ่งงานวิจัยในอดีตได้กล่าวถึงประเภทของดัชนีที่เกี่ยวกับการวัดผล ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภท (Roy et al., 2000; Unahabhokha, Platts และ Tan, 2007)

(1) ดัชนีวัดผลแบบนำ: ดัชนีวัดผลการดำเนินงานที่วัดผลระหว่างกระบวนการ ซึ่งอาจใช้เพื่อทำนายผลลัพธ์สุดท้ายของโครงการ ก่อนที่โครงการจะเสร็จสิ้นจริง
(2) ดัชนีวัดผลแบบตาม:ดัชนีวัดผลการดำเนินงานที่มุ่งวัดที่ผลลัพธ์สุดท้ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการออกแบบ

อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบไม่ได้ศึกษาโดยแยกพิจารณาประเภทของดัชนีออกเป็นดัชนีนำและดัชนีตาม แต่จะศึกษาดัชนีวัดผลโดยภาพรวม ดังนั้นดัชนีทั้ง

สองประเภทจึงอาจจะประกอบอยู่ในรายการดัชนีวัดผลเดียวกัน จากประเภทของดัชนีต่างๆ ขั้นต้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ประเภทของดัชนีวัดผลดำเนินงาน

งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการระบุรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานออกแบบมักเกี่ยวข้องกับการระบุดัชนีวัดผลในเชิงคุณภาพ อย่างไรก็ตามดัชนีวัดผลในเชิงคุณภาพมีข้อจำกัดที่ต้องอาศัยการประเมินจากผู้ประเมิน เช่นประเมินโดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารงานคุณภาพ แต่เนื่องจากผู้ประเมินแต่ละบุคคลย่อมมีทัศนคติต่อผลการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผลการประเมินมีความคลาดเคลื่อน ในขณะที่บริษัทซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ หรือต้องการกำลังดำเนินการเพื่อขอรับรองคุณภาพเลือกใช้ดัชนีวัดผลเชิงปริมาณ เนื่องจากมีความแม่นยำต่อการวัดผลมากกว่า นอกจากนี้ในการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9000 ยังระบุให้องค์กรที่ต้องการการรับรองคุณภาพมีเครื่องมือสำหรับวัดผลการดำเนินงานที่ชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษารายการวัดผลเชิงปริมาณสำหรับวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

2.6 การรวบรวมรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานและเกณฑ์การประเมินในเบื้องต้น

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่ามีการระบุดัชนีวัดผลดำเนินงานเชิงปริมาณในเบื้องต้น ซึ่งแต่ละดัชนีมีวัตถุประสงค์ในการวัดในหัวข้อที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยที่ได้รวบรวมมามีทั้งงานวิจัยที่มุ่งศึกษาในฝ่ายออกแบบโดยเฉพาะ และบางงานวิจัยที่ไม่ได้มุ่งศึกษาเฉพาะในงานออกแบบ เช่น ศึกษาการวัดผลดำเนินงานของบริษัทที่ปรึกษาศึกษาการวัดผลดำเนินงานสำหรับโครงการก่อสร้างโดยรวม ศึกษาการวัดผลดำเนินงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสามารถจำแนกได้ดังนี้

2.6.1 งานวิจัยที่ระบุรายการดัชนีวัดผลสำหรับบริษัทก่อสร้างทั่วไป

งานวิจัยในอดีตที่มีการระบุดัชนีวัดผลดำเนินงานก่อสร้าง อาจแบ่งย่อยเป็นการวัดผลในระดับองค์กร และการวัดผลในระดับโครงการ ซึ่งงานวิจัยที่ระบุดัชนีวัดผลในระดับองค์กรมีดังนี้

Alarcón et al. (2001) ได้เสนอกรอบความคิดในการประเมินผลการดำเนินงานของบริษัทก่อสร้างในระดับองค์กร โดยในกรอบความคิดดังกล่าวแบ่งเป็นสองขั้นตอนหลักได้แก่ การวัดด้วยดัชนีชี้วัดและการวิเคราะห์ผลจากการดูแนวโน้มของกราฟของค่าดัชนีวัดผลดังกล่าว โดยรายการดัชนีวัดผลได้อ้างอิงจากงานวิจัยของมหาวิทยาลัย Catholic University and the Technological Development Corporation (CDT) ซึ่งใช้การรวบรวมรายการดัชนีจากงานวิจัยในอดีตและการสัมมนาเพื่อเลือกรายการวัดผลที่เหมาะสม รายการดัชนีวัดผล 22 ดัชนีสามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการวัดผลเป็น 3 ช่วง ได้แก่ การวัดผลของกระบวนการจัดการในองค์กร การวัดผลตัวแปรเพิ่มเติมที่อาจส่งผลต่อความสำเร็จขององค์กร และการวัดที่ผลลัพธ์สุดท้ายจากกระบวนการขององค์กร เช่น การแปรผันของต้นทุน การแปรผันของแผนงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากงานวิจัยในปัจจุบันมุ่งศึกษาการวัดผลดำเนินงานจากผลลัพธ์สุดท้าย (Lag Indicator) ที่มีความแม่นยำ ผู้วิจัยจึงเลือกเฉพาะดัชนีในกลุ่มดัชนีที่วัดผลลัพธ์สุดท้ายจากกระบวนการขององค์กรจากงานวิจัยนี้มาใช้อ้างอิงเท่านั้น โดยไม่พิจารณาดัชนีที่วัดการพัฒนาระหว่างกระบวนการ (Lead Indicator) เช่น ความถี่ในการประชุม เนื่องจากดัชนีดังกล่าวจะไม่ได้ชี้ชัดผลลัพธ์ที่แน่นอน

สำหรับงานวิจัยที่มีการระบุดัชนีวัดผลดำเนินงานในระดับโครงการมีหลายงานวิจัย ได้แก่ Dawood และ Sikka (2009) เสนอการวัดผลดำเนินงานด้วยแบบจำลอง 4 มิติ ซึ่งเป็นการประยุกต์แบบจำลอง 3 มิติที่เกี่ยวกับปริมาณงานก่อสร้าง เช่น แบบจำลองของโปรแกรม Autocad เข้ากับ

ตัวแปรด้านแผนงานและเวลา ซึ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวจะช่วยให้การเก็บข้อมูลเพื่อวัดผลดำเนินงานสามารถทำได้ง่ายขึ้น โดยรายการดัชนีวัดผลที่ได้ระบุทั้งสิ้น 18 ดัชนีเป็นดัชนีวัดผลเชิงปริมาณที่สามารถจำแนกประเภทตามช่วงของโครงการก่อสร้างได้แก่ ดัชนีวัดผลที่สามารถใช้ได้ทั้งในช่วงก่อนดำเนินงานก่อสร้างและระหว่างการก่อสร้าง เช่น การแปรผันของต้นทุน การแปรผันของเวลา จำนวนแบบที่ผิดพลาด จำนวนเอกสารคำร้อง (RFI) เป็นต้น ดัชนีที่สามารถวัดเฉพาะในช่วงการก่อสร้าง เช่น จำนวนอุบัติเหตุ เป็นต้น และสุดท้ายคือดัชนีวัดผลสำหรับโครงการช่วงระหว่างและหลังการก่อสร้าง เช่น จำนวนการเปลี่ยนแปลงงาน (Change Order) เป็นต้น เพื่อให้ตรงกับขอบเขตของงานวิจัยในปัจจุบันผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกรายการดัชนีเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับในช่วงก่อนการดำเนินงานก่อสร้างมาใช้อ้างอิงเท่านั้น

Cha และ Kim (2011) ระบุรายการดัชนีเชิงปริมาณเพื่อวัดผลการดำเนินงาน และเกณฑ์การประเมิน สำหรับโครงการก่อสร้าง โดยศึกษาเฉพาะโครงการที่อยู่อาศัย ดัชนีวัดผลใช้การรวบรวมรายการดัชนีจากกงานวิจัยในอดีตและการสัมภาษณ์จำนวน 22 โครงการ ดัชนีที่ระบุมีทั้งสิ้น 27 ดัชนี โดยแบ่งหัวข้อการวัดผลเป็น 8 หัวข้อได้แก่ ด้านต้นทุน ด้านเวลา ด้านคุณภาพ ด้านความปลอดภัย ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านผลิตภาพ ด้านการรับความเสี่ยง และด้านการป้องกันภัย เป็นต้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยปัจจุบันศึกษาดัชนีที่เกี่ยวกับงานออกแบบดังนั้นในบางดัชนีที่ชัดเจนว่าใช้ได้เฉพาะกับงานก่อสร้างเท่านั้นจะไม่พิจารณาอ้างอิงสำหรับการวิจัยนี้ เช่น ด้านความปลอดภัย ด้านการป้องกันภัย ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

Cox, Issa และ Ahrens (2003) ได้ระบุรายการดัชนีวัดผลดำเนินการในระดับโครงการก่อสร้างจากการรวบรวมงานวิจัยในอดีตและการสำรวจผู้บริหารโครงการและหัวหน้าฝ่ายก่อสร้าง ซึ่งดัชนีที่ได้ระบุไว้มีทั้งสิ้น 13 ดัชนี เป็นดัชนีวัดผลเชิงคุณภาพ 4 ดัชนี เช่น ความปลอดภัย ภาวะขาดแรงงาน แรงจูงใจและทัศนคติในการทำงาน เป็นต้น และดัชนีวัดผลเชิงปริมาณ 9 ดัชนี เช่น ปริมาณแรงงาน (man-hours) ที่ใช้ต่อการติดตั้งผลงานหนึ่งชิ้น เปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้าของผลงาน เป็นต้น นอกจากนี้ดัชนีบางรายการเกี่ยวข้องกับการวัดผลในการก่อสร้างโดยตรงและไม่สามารถประยุกต์ใช้กับการวัดผลในงานออกแบบได้ เช่น จำนวนแรงงานที่ใช้เพื่อปรับปรุงเอกสารงานแก้ไขหลังการตรวจรับงานก่อสร้าง (Punch List) ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะงานวิจัย การวัดการบริหารทรัพยากรโดยวัดสัดส่วนระหว่างผลิตภาพต่อเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ระหว่างงานก่อสร้าง เป็นต้น เพื่อให้ตรงกับขอบเขตของงานวิจัยในปัจจุบันผู้วิจัยจึงไม่พิจารณาดัชนีเชิงคุณภาพ หรือดัชนีที่ใช้วัดการดำเนินงานในช่วงการก่อสร้างอย่างชัดเจน

2.6.2 งานวิจัยที่ระบุรายการดัชนีวัดผลสำหรับผู้รับเหมาและผู้รับเหมาช่วง

Luu, Kim และ Huynh (2008) เสนอกรอบความคิดในการวัดและประเมินผลการดำเนินงานของผู้รับเหมาก่อสร้างหลัก โดยขั้นตอนแรกในกรอบความคิดดังกล่าวได้แก่การระบุดัชนีวัดผลดำเนินงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้พัฒนารายการดัชนีวัดผลเบื้องต้นจากผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทรับเหมา 9 ท่านและตัวแทนนักวิจัยอีก 5 ท่าน ดัชนีวัดผลเบื้องต้นประกอบด้วยดัชนี 30 รายการ หลังจากนั้นให้ผู้ที่ทำงานในบริษัทรับเหมาและมีประสบการณ์มากกว่า 5 ปีประเมินความสำคัญของดัชนีวัดผลที่พัฒนาเป็นรายการเบื้องต้นดังกล่าวด้วยแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า ผลที่ได้คือรายการดัชนีสำหรับวัดผลการดำเนินงานของผู้รับเหมาในระดับโครงการ 9 ดัชนี เป็นดัชนีเชิงปริมาณ 2 ดัชนี คือดัชนีวัดผลด้านต้นทุน และดัชนีวัดผลด้านเวลา และที่เหลือเป็นดัชนีเชิงคุณภาพ เช่น ความพึงพอใจของลูกค้า เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้อ้างอิงเฉพาะดัชนีวัดผลเชิงปริมาณเท่านั้น

Ng (2007) พัฒนาแบบจำลองการวัดผลดำเนินงานด้วยเครื่องมือบาลานซ์สกอการ์ด (Balanced Scorecard) สำหรับประเมินผลการดำเนินงานของผู้รับเหมาช่วง โดยการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวใช้การทบทวนงานวิจัยอดีตเพื่อรวบรวมรายการวัดผลและเกณฑ์การประเมินในเบื้องต้น และใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีวัดผลเชิงปริมาณและเกณฑ์การประเมินเพื่อวิเคราะห์หาดัชนีวัดผลที่เหมาะสม ซึ่งเกณฑ์ที่ได้สามารถใช้คำนวณหาคะแนนการดำเนินงานโดยภาพรวมได้แต่มีลักษณะคงที่ และรายการดัชนีวัดผลที่ได้มีทั้งสิ้น 10 รายการ ซึ่งบางรายการไม่สามารถใช้อ้างอิงเพื่อวัดผลดำเนินงานในฝ่ายออกแบบได้เนื่องจากเกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างโดยตรง เช่น ดัชนีด้านสิ่งแวดล้อม ดัชนีด้านการควบคุมวัสดุอุปกรณ์และแรงงานก่อสร้าง เป็นต้น

2.6.3 งานวิจัยที่ระบุรายการดัชนีวัดผลสำหรับโครงการร่วมทุน

Yeung, Chan A. P. C และ Chan D. W. M. (q2009) พัฒนาแบบจำลองระบบวัดและประเมินผลโครงการก่อสร้างแบบร่วมทุน โดยพัฒนารายการดัชนีวัดผลที่ทบทวนจากงานวิจัยในอดีต และการเก็บข้อมูลคะแนนความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 39 ท่าน เพื่อคัดเลือกดัชนีวัดผลด้วยกระบวนการเดลฟายจำนวน 4 รอบ รายการดัชนีที่ได้สามารถแบ่งเป็น 7 หัวข้อ ได้แก่ การวัดผลด้านเวลา การวัดผลด้านต้นทุน การวัดผลด้านความร่วมมือของฝ่ายบริหาร การวัดผลด้านคุณภาพ การวัดผลด้านความน่าเชื่อถือ การวัดผลด้านการสื่อสาร การวัดผลด้านการพัฒนาและเทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งดัชนีที่ระบุในงานวิจัยดังกล่าวมีทั้งดัชนีเชิงปริมาณ เช่น การแปรผันของเวลาจากเวลาที่ตกลงร่วมกัน เป็นต้น แต่บางดัชนีเป็นการวัดผลเชิงคุณภาพที่ใช้การประเมินด้วยมาตราส่วนประมาณค่า เช่น เปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจของผู้ซื้อสิ่งปลูกสร้างในโครงการ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ตรงกับขอบเขตของงานวิจัยปัจจุบันผู้วิจัยจึงเลือกเฉพาะดัชนีวัดผลเชิงปริมาณเท่านั้น

2.6.4 งานวิจัยที่ระบุรายการดัชนีวัดผลสำหรับบริษัทที่ปรึกษา

Thomas et al. (1999) เสนอแบบจำลองสำหรับวัดผลิตภาพของสัญญาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม โดยแบบจำลองดังกล่าวมุ่งวัดที่ผลลัพธ์สุดท้ายมากกว่าการวัดภายในกระบวนการดังนั้นดัชนีที่ใช้วัดจึงเกี่ยวข้องกับปริมาณของผลงาน จำนวนแรงงานที่ใช้ และต้นทุนที่เกิดจากผลงานเป็นหลัก ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวใช้การคำนวณปริมาณผลลัพธ์ของโครงการจากการแปลงเอกสารงานออกแบบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เทียบกับปริมาณงานมาตรฐานที่ได้พัฒนาขึ้นเอง และคำนวณปริมาณงานดังกล่าวกับปริมาณแรงงาน (Man-hours) ซึ่งจะได้ค่าผลิตภาพแรงงานของโครงการออกมา

2.6.5 งานวิจัยที่ระบุรายการดัชนีวัดผลสำหรับงานออกแบบโครงการก่อสร้าง

Georgy, Chang และ Zhang (2005) พัฒนาแบบจำลองระบบฟัซซีเพื่อทำนายผลการดำเนินงานของสัญญาออกแบบจากลักษณะเบื้องต้นของโครงการ โดยรายการดัชนีวัดผลที่ใช้เป็นตัวแปรผลลัพธ์ของระบบที่ได้จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตและสำรวจผู้มีประสบการณ์ในบริษัทที่ปรึกษา ซึ่งดัชนีวัดผลดังกล่าวสามารถจำแนกตามช่วงของโครงการเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การวัดผลในช่วงการออกแบบรายละเอียด มีดัชนีที่เกี่ยวข้องเช่น ปริมาณงานออกแบบที่มีการแก้ไข จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ดำเนินตามข้อปฏิบัติการออกแบบขององค์กร การล่าช้าของแผนงานออกแบบ เป็นต้น การวัดในช่วงการจัดจ้างและดำเนินงานก่อสร้าง เช่น การล่าช้าของแผนงานก่อสร้างเนื่องจากแบบที่ผิดพลาด ต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแบบผิดพลาดหรือครุมเครือ เป็นต้น และการวัดในช่วงการเจรจาตกลงก่อนเริ่มการก่อสร้าง (Start up) เช่น แผนการเริ่มก่อสร้างล่าช้าเนื่องจากแบบ เป็นต้น จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าทุกดัชนีเกี่ยวกับงานออกแบบทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังกล่าวคือการพัฒนาระบบทำนายผลลัพธ์ของการดำเนินงาน ซึ่งยังขาดการศึกษาความเหมาะสมของการใช้งานดัชนีดังกล่าวอย่างเป็นระบบ และยังขาดการพัฒนาเกณฑ์ในการประเมิน รายการดัชนีที่อ้างอิงจากงานวิจัยนี้จึงต้องศึกษาความเหมาะสมในรายละเอียดต่อไป

Fayek และ Sun (2001) พัฒนาแบบจำลองระบบฟัซซีเพื่อทำนายผลการดำเนินงานของสัญญาออกแบบจากลักษณะเบื้องต้นของโครงการเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยรายการดัชนีวัดผลที่ใช้เป็นตัวแปรผลลัพธ์ของระบบได้จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตและสำรวจผู้มีประสบการณ์ในการออกแบบ แต่งานวิจัยนี้จะไม่แบ่งประเภทของดัชนีตามช่วงของโครงการ แต่จะจำแนกดัชนีตามหัวข้อการบริหารโครงการออกแบบได้แก่ การดำเนินงานด้านต้นทุน การดำเนินงานด้านเวลาและแผนงาน และการดำเนินงานด้านความถูกต้องของเอกสารงานออกแบบ เป็นต้น

Tilley (1997) เสนอกรอบความคิดในการวัดความบกพร่องในเอกสารงานออกแบบด้วยการวัดจำนวนเอกสารคำร้องต่าง (RFI) ที่ออกโดยฝ่ายก่อสร้าง เช่น ผู้รับเหมา เป็นต้น ซึ่งเอกสารคำร้องดังกล่าวสามารถจำแนกออกเป็นคำร้องเพื่อการขอยืนยันจากฝ่ายออกแบบ คำร้องเพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดจากแบบที่ครุมเครือ คำร้องเพื่อขออนุญาต เช่น การส่งตัวอย่างวัสดุให้ฝ่ายออกแบบรับรองก่อนซื้อ และคำร้องเพื่อขอเปลี่ยนแปลงแบบให้เหมาะสม เป็นต้น

2.6.4 สรุปรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น

ดัชนีวัดผลที่ได้รวบรวมจากงานวิจัยที่แสดงข้างต้นมีวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวัดแตกต่างกัน บางรายการไม่สามารถประยุกต์ใช้ในการวัดผลดำเนินงานสำหรับฝ่ายออกแบบได้ นอกจากนั้นบางดัชนีมีการกล่าวซ้ำกันในหลายงานวิจัย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับรายการดัชนีที่ได้ให้มีความเหมาะสม โดยมีหลักเกณฑ์ในการเรียบเรียงดังนี้

(1) รวมดัชนีที่มีความซ้ำซ้อนกันให้เป็นดัชนีเดียว
(2) ตัดดัชนีที่ไม่สามารถประยุกต์ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้ เช่น ดัชนีที่วัดจำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง เป็นต้น
(3) ตัดดัชนีที่มุ่งวัดผลในกระบวนการ (Leading Indicator) เช่น ความถี่ในการประชุม เป็นต้น เนื่องจากงานวิจัยนี้พิจารณาดัชนีที่มุ่งวัดผลลัพธ์สุดท้ายของการดำเนินงาน (Lagging Indicator) ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่า
(4) ดัชนีวัดผลที่นอกเหนือจากเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้นจะต้องคงไว้ โดยไม่ใช้ทัศนคติของผู้วิจัยในการตัดทอนดัชนีเหล่านั้นออกจากรายการ

ผลจากการคัดกรองดัชนีวัดผลด้วยเกณฑ์ข้างต้นจะได้รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในเบื้องต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.3 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในบางดัชนีปรากฏหัวข้อของการวัดผลมากกว่าหนึ่งหัวข้อ ตัวอย่างเช่น ดัชนีวัดเปอร์เซ็นต์ของต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบ ดัชนีดังกล่าวมีงานวิจัยที่ระบุหัวข้อของการวัดผลที่ต่างกันได้แก่ ใช้ดัชนีดังกล่าวเพื่อวัดผลด้านต้นทุน และใช้ดัชนีเพื่อวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารออกแบบ เป็นต้น นอกจากนี้บางดัชนีไม่ปรากฏวัตถุประสงค์ของการวัดผลการดำเนินงานว่าต้องการวัดผลในหัวข้อใดเนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวใช้ดัชนีวัดผลการดำเนินงานโดยรวมแต่ไม่ได้แบ่งหัวข้อการวัดผลย่อยๆ ดังนั้นงานวิจัยในลำดับถัดไปจะให้ผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบจำแนกดัชนีวัดผลดังกล่าวว่าอยู่ในหัวข้อการวัดผลใด และควรปรับปรุงรายละเอียดของดัชนีต่างๆ อย่างไร ซึ่งจะแสดงในขั้นตอนการเก็บข้อมูลด้วยกระบวนการเดลฟายรอบแรกในบทที่ 4

ตารางที่ 2.3 แสดงการอ้างอิงที่มาของรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นและหัวข้อในการวัดผล

		จำแนกตามช่วงของโครงการ			จำแนกตามหัวข้อการบริหารในโครงการหรือองค์กร							
ดัชนีที่	คำอธิบาย	ช่วงการออกแบบรายละเอียด	ช่วงการก่อสร้าง	ช่วงการส่งมอบและการใช้งาน	ทั่วไป	บริหาร	การจัดซื้อจัดจ้างและการจัดหาพัสดุ	การบริหารสัญญาและการเงิน	การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม	การจัดการด้านความปลอดภัย	การจัดการด้านคุณภาพ	การจัดการด้านทรัพยากรบุคคล
1	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของแรงงาน (man-hours)				b, e							
2	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนจากงบประมาณ	a		a	b, g, h, l, k, e							
3	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change)				b							
4	เปอร์เซ็นต์ต้นทุนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change)				b		b					
5	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบ (Design rework)				b							
6	สัดส่วนระหว่างต้นทุนงานก่อสร้างและออกแบบ				b							

ตารางที่ 2.3 แสดงการอ้างอิงที่มาของรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นและหัวข้อในการวัดผล (ต่อ)

		จำแนกตามช่วงของโครงการ			จำแนกตามหัวข้อการบริหารในโครงการหรือองค์กร							
ดัชนีที่	คำอธิบาย	ช่วงการก่อสร้าง	ช่วงการดำเนินงาน	ช่วงการวางแผนและออกแบบ	การให้บริการ	บุคลากร	การจัดการความเสี่ยง	การจัดซื้อจัดจ้าง	ด้านกฎหมาย	ทั่วไป	ด้านการเงิน	ด้านเทคนิค
7	สัดส่วนกำไรของโครงการ หรือเปอร์เซ็นต์ค่าจ้างต่อต้นทุน				I							
8	การแปรผันของเวลาจากที่กำหนดในแผนงาน	a	a	a		b,J,g,h,I,k,J						
9	ปริมาณเอกสารที่ส่งล่าช้ากว่ากำหนด					b						
10	ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา					I						
11	ความล่าช้าของวันเริ่มก่อสร้าง (Start-up) เนื่องจากแบบผิดพลาด			a								
12	จำนวนครั้งของการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้าง						b					
13	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ						b					

ตารางที่ 2.3 แสดงการอ้างอิงที่มาของรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นและหัวข้อในการวัดผล (ต่อ)

		จำแนกตามช่วงของโครงการ			จำแนกตามหัวข้อการบริหารในโครงการหรือองค์กร							
ดัชนีที่	คำอธิบาย	ช่วงการออกแบบรายละเอียด	ช่วงการก่อสร้าง	ช่วงการส่งมอบงานและปิดโครงการ	การบริหารโครงการ	บริหารงาน	การจัดการเอกสารและการสื่อสาร	การบริหารความเสี่ยง	การจัดซื้อจัดจ้าง	ความปลอดภัย	การบริหารคุณภาพ	การบริหารต้นทุน
14	จำนวนครั้งของรายงานความไม่สอดคล้อง (Non-conformance report)	a					l , g, k					
15	จำนวนครั้งของการแก้ไขแบบระหว่างการก่อสร้าง	a					l, b					f
16	ความล่าช้าของแผนงานก่อสร้างเนื่องจากแบบผิดพลาด		a									
17	จำนวนเอกสารคำร้องเกี่ยวกับแบบ (RFI)						d	J				
18	จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาให้การก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากแบบ						b, k	J				
19	จำนวนข้อพิพาทและการฟ้องร้องดำเนินคดี									f		
20	จำนวนครั้งที่แผนงานมีการซ้ำซ้อน							J				

ตารางที่ 2.3 แสดงการอ้างอิงที่มาของรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นและหัวข้อในการวัดผล (ต่อ)

		จำแนกตามช่วงของโครงการ			จำแนกตามหัวข้อการบริหารในโครงการหรือองค์กร							
ดัชนีที่	คำอธิบาย	การควบคุมการเปลี่ยนแปลง	การควบคุมการดำเนินงาน	การวางแผนโครงการ	ทีมงานโครงการ	ขอบเขตงาน	การบริหารการเปลี่ยนแปลงของขอบเขตงาน	การบริหารความเสี่ยง	การบริหารต้นทุน	การบริหารเวลา	ผลิตภาพ	คุณภาพ
21	จำนวนครั้งที่เจ้าของโครงการขออ้างสิทธิ์ (Claim) ในผลงานที่ดำเนินการแล้ว						k					
22	ปริมาณแรงงาน (Man-hours) ที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น										c, e	
23	ปริมาณผลกำไรต่อปริมาณแรงงานที่ใช้ (man-hours)										I,I	
24	จำนวนวันใช้ก่อนตอบสนองต่อคำแนะนำหรือร้องเรียนจากฝ่ายต่างๆ								f			

a. (Georgy, Chang และ Zhang, 2005)

b. (Fayek และ Sun, 2005)

c. (Thomas et al., 1999)

d. (Tiley, 1997)

e. (Cox, Issa และ Ahren, 2003)

f. (Ng, 2007)

g. (Yeung, Chan และ Chan, 2009)

h. (Luu, Kim และ Huynh, 2008)

I. (Cha และ Kim, 2011)

J. (Dawood และ Sikka, 2009)

k. (Alarcon et al., 2001)

2.6.5 การรวบรวมเกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการออกแบบ

ในการประเมินผลการดำเนินงานในระดับโครงการจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะของแต่ละโครงการที่แตกต่างกัน โดยในหัวข้อนี้เป็นการรวบรวมเกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการที่ปรากฏในงานวิจัยในอดีตซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการออกแบบ

เกณฑ์การจำแนกลักษณะของโครงการ	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ประเภทของสิ่งปลูกสร้าง เช่น สะพาน อาคาร ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005) (Cha และ Kim, 2011)
ประเภทของสัญญาจ้างที่ปรึกษา เช่น สัญญาเหมารวม ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005) (Georgy, Chang และ Zhang, 2005)
ขอบเขตของสัญญา เช่น ออกแบบเท่านั้น ออกแบบและบริหาร ออกแบบและก่อสร้าง ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005) (Cha และ Kim, 2011)
ประเภทของสัญญาจ้างก่อสร้าง เช่น แบบเหมารวม แบบราคาต่อหน่วย ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005)
ขอบเขตของสัญญาก่อสร้าง เช่น ก่อสร้างเท่านั้น บริหารโครงการ ออกแบบและก่อสร้าง ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005)
รูปแบบการประมูลสัญญาก่อสร้าง เช่น การประมูลแบบเปิดหรือไม่จำกัดจำนวนผู้ประมูล การประมูลแบบมีการคัดเลือกเบื้องต้น ฯลฯ	(Fayek และ Sun, 2005)
ขนาดหรือมูลค่าของโครงการ	(Georgy, Chang และ Zhang, 2005) (Cha และ Kim, 2011)
ประเภทเจ้าของโครงการ เช่น ภาครัฐ ภาคเอกชน ฯลฯ	(Cha และ Kim, 2011)

เกณฑ์ที่แสดงในตารางที่ 2.4 เป็นเพียงเกณฑ์ที่ปรากฏในงานวิจัยในอดีต ดังนั้นจำเป็นต้องมีการระบุเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการจำแนกลักษณะของโครงการออกแบบ ซึ่งจะใช้การสัมภาษณ์กับผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบในกระบวนการเดลฟายรอบแรกซึ่งจะแสดงในบทถัดไป

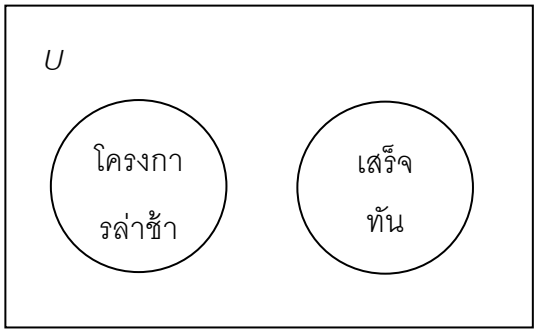
2.7 **ตรรกศาสตร์คลุมเครือ** (Fuzzy Logic)

จากข้อจำกัดของเครื่องมือในการวัดผลการดำเนินงานที่ได้กล่าวในขั้นต้น จึงเป็นที่มาของการพัฒนาเครื่องมือวัดผลโดยใช้ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งมีข้อดีคือผลที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับทัศนคติของบุคคล และสามารถระบุได้ว่าควรปรับปรุงที่กระบวนการใดเนื่องจากไม่ได้ประเมินจากปัจจัยโดยรวมแต่ประเมินที่ระดับกระบวนการ นอกจากนี้ผลการประเมินสามารถเปรียบเทียบระหว่างองค์กรได้ ซึ่งรายละเอียดของทฤษฎีและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ แสดงในหัวข้อต่อไปนี้

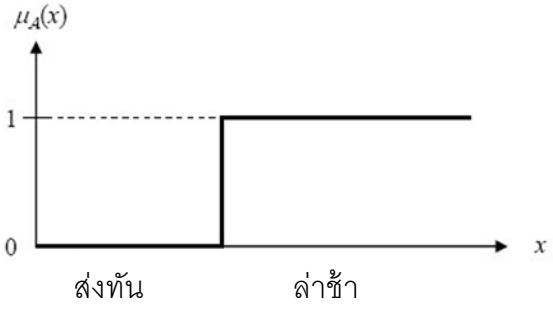
2.7.1 **ที่มาและความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ**

ตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นทฤษฎีที่คิดค้นโดย Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 โดยเป็นตรรกะสำหรับการแก้ปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานที่ว่า ในความเป็นจริงไม่ได้มีเฉพาะปัญหาที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายปัญหาเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (exact) (Zimmermann, 1934) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัย เด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเอกพจน์สัมพันธ์ (Universe) ออกเป็น 2 ประเภท คือ เซทแบบฉบับ (Crisp set) ซึ่งสมาชิกภายในเซตนี้เป็นเหตุการณ์ที่ชัดเจน และ ฟัซซีเซต (Fuzzy set) ที่มีสมาชิกเป็นเหตุการณ์ที่มีความคลุมเครือ รายละเอียดของเซตทั้ง 2 ประเภทแสดงได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) *ในเซตแบบฉบับ (classical set) หรือเซตทวินัย (crisp set):* เซตในทฤษฎีเซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใด เซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่ง ๆ จะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่า คือ 0 ไม่เป็นสมาชิก และ 1 เป็นสมาชิก {0,1} ตัวอย่างเช่น เซตของโครงการที่ล่าช้าจะสามารถบอกได้ว่าอย่างแน่ชัดว่าโครงการใดเกิดความล่าช้าขึ้นโดยพิจารณาเทียบกับกำหนดส่งงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของเซตแบบฉบับของโครงการที่ล่าช้า



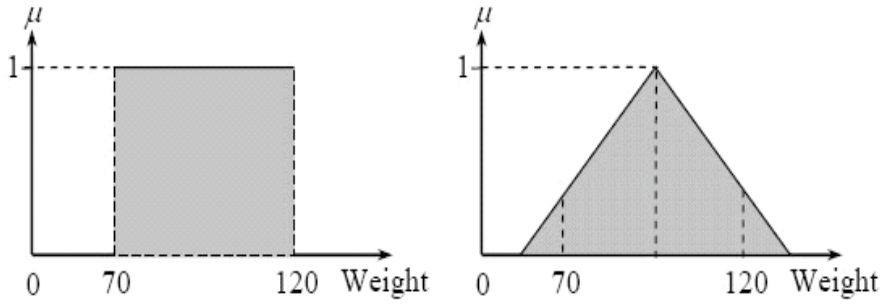
ภาพที่ 2.10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตโครงการที่ล่าช้า

ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของเซตย่อยสองเซต คือเซตของโครงการที่ล่าช้าและเซตของโครงการที่ส่งงานทันกำหนด จะเห็นได้ว่าโครงการหนึ่งจะเป็นสมาชิกภาพได้เพียงเซตเดียวเท่านั้น ล่าช้าหรือส่งทัน ดังภาพที่ 2.10 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตโครงการที่ล่าช้า จากภาพจะเห็นได้ว่า โครงการที่ล่าช้าจะมีค่าความเป็นสมาชิกในเซตของโครงการที่ส่งทันเป็น 0 ส่วนโครงการที่ส่งงานทันจะมีค่าความเป็นสมาชิกภาพของเซตโครงการที่ส่งทันเป็น 1 ค่าความเป็นสมาชิกของทั้งสองเซตจะตัดขาดจากกันอย่างทันทีทันใด รูปแบบคณิตศาสตร์ของเซตแบบฉบับแสดงในสมการที่ 2.1

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \tag{2.1}$$

เมื่อ A เป็นเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย x เป็นสมาชิกในเซต μ_A เป็นค่าความเป็นสมาชิกในเซต และ $\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต A

(2) *ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) :* เป็นเซตที่มีลักษณะครอบคลุมถึงทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบเกี่ยวเนื่องกัน ไม่ได้เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ตัวอย่างเช่นการนิยามคำว่าคนอ้วนในเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัม โดยนิยามแบบฟัซซีเซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน



ภาพที่ 2.11 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี

นิยามของฟัซซีเซต *A* สามารถแสดงในรูปแบบสมการของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้ดังสมการที่ 2.2

$$\mu_{\underline{A}}(x): X \rightarrow [0,1] \tag{2.2}$$

เมื่อ $\mu_{\underline{A}}$ เป็นค่าของความเป็นสมาชิกของแต่ละสมาชิก *x* ในฟัซซีเซต $\underline{A}$ โดย *x* เป็นสมาชิกของ X ซึ่งนอกจากนิยามของฟัซซีเซต *A* จะสามารถเขียนในรูปฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแล้ว ยังสามารถเขียนในรูปเซตของคู่ลำดับ (tuples) ได้ดังสมการ ที่ 2.3

$$\underline{\mathrm{A}} = \left\{(x, \mu_{\underline{\mathrm{A}}}(x) \middle| x \epsilon X\right\} \tag{2.3}$$

เมื่อ $\underline{A}$ หมายถึงฟัซซีเซต $\underline{A}$

x หมายถึงสมาชิกของเซต (set membership)

μ_Aหมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function)

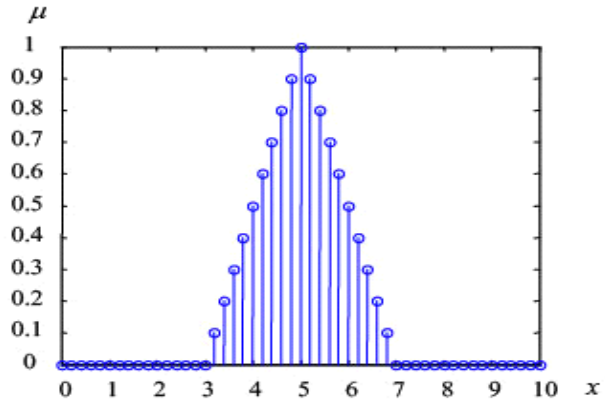
$\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย$\underline{A}(x)$

X หมายถึงเอกภพ สัมพัทธ์ (universe) หรือประชากร

ถ้า X = $\{x_1,x_2,x_3,...,x_n\}$ เป็นเซตจำกัด และ $\underline{A}$ เป็นฟัซซีเซตใน X ซึ่งเป็นชนิดวิยุต (discrete) จะสามารถเขียน สัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซตได้ในสมาการที่ 2.4

$$\underline{A} = \{\frac{\mu_{\underline{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\underline{A}}(x_1)}{x_1} + \cdots + \frac{\mu_{\underline{A}}(x_n)}{x_n}\} \quad (2.4)$$

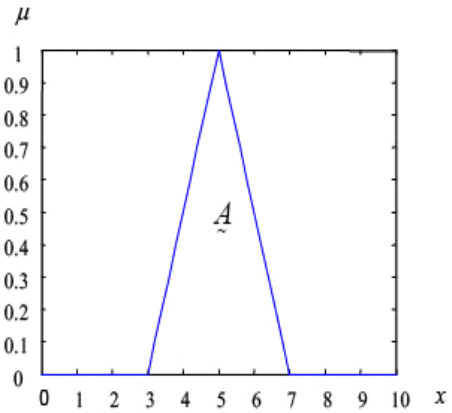
เมื่อพจน์ $\mu_A(xi)|xi$, i = 1,2,3...,n หมายถึงค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(xi)$ ของ xi ในเซต $\underline{A}$ และเครื่องหมายบวกหมายถึงยูเนียน (Union)



ภาพที่ 2.12 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแบบทวิยุต $\underline{A}$

ถ้าเอกภพสัมพัทธ์ X เป็นต่อเนื่อง (continuous) สัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซต $\underline{A}$ เขียนได้เป็น

$$\underline{A} = \{\int \frac{\mu_{\underline{A}}(x)}{x}\} \quad (2.5)$$



ภาพที่ 2.13 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตฟัซซีแบบต่อเนื่อง $\underline{A}$

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0

และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1], โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต และ 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันที่สามารถเปลี่ยนค่าของตัวแปรใดๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต (Zimmermann, 1934)

2.7.2 **ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก** (Membership Function)

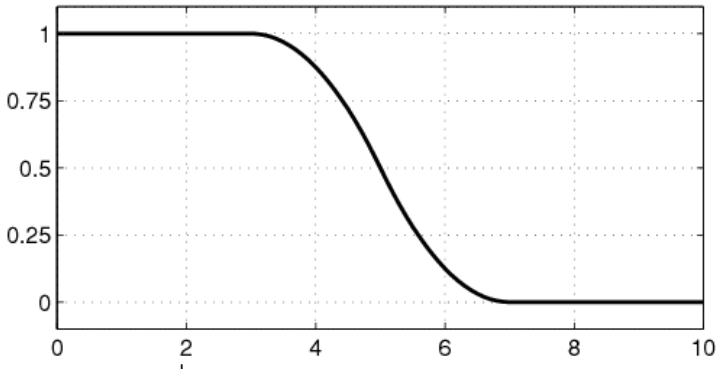
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เป็นฟังก์ชันใช้สำหรับการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปร (Variable) เช่น จากการสำรวจเพื่อสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซต “เย็นสบาย” ของตัวแปร “อุณหภูมิ” พบว่าจุดยอดของฟังก์ชันตรงกับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสซึ่งหมายความว่าที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นสมาชิกของเซต “เย็นสบาย” เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ จากลักษณะของกราฟดังกล่าวจะสามารถใช้อนุมานได้ว่า ถ้าค่าตัวแปรอุณหภูมิอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส ตัวแปรดังกล่าวจะมีระดับความเป็นสมาชิกของเซต “เย็นสบาย” จะอยู่ที่เท่าไร เป็นต้น ซึ่งในการพัฒนาฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจำเป็นต้องทราบชนิดของฟังก์ชันที่เลือกใช้ (Chirstensen, 1980 อ้างถึงใน Ross,2004: 202-206)

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function) และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function) เนื่องจากสามารถสร้างได้ง่ายจึงเหมาะกับการใช้ในกรณีที่ต้องสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจำนวนมากในแต่ละเกณฑ์การประเมิน และยังเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าการสรุปค่าทางสถิติ โดยมีสมการของฟังก์ชันดังนี้

(1) ฟังก์ชันรูปตัวซี (Z-shaped membership function): มีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์คือ {*a*, *b*} มีรูปแบบสมการคือ

$$f(x:a,b) = \begin{cases} 1 & ,x \le a \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,\frac{a+b}{2} \le x \le b \\ 0 & ,x \ge b \end{cases} \quad (2.6)$$

ลักษณะการกระจายค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแสดงดังภาพที่ 2.14

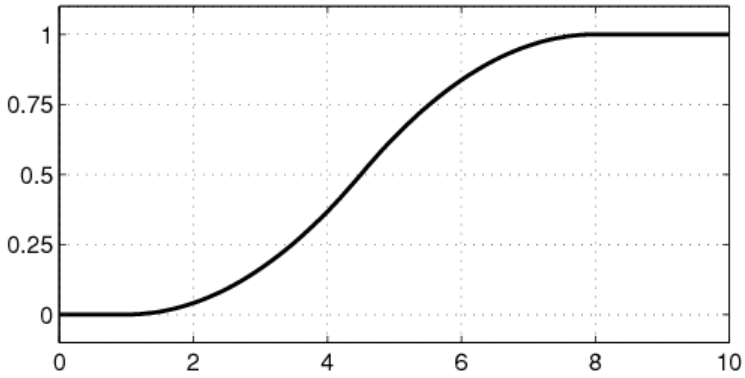


ภาพที่ 2.14 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปตัวซี

(2) ฟังก์ชันรูปตัวเอส (S-shaped membership function): มีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์ คือ {*a*, *b*} มีรูปแบบสมการคือ

$$f(x:a,b) = \begin{cases} 10 & ,x \le a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,\frac{a+b}{2} \le x \le b \\ 1 & ,x \ge b \end{cases} \quad (2.7)$$

ลักษณะการกระจายค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแสดงดังภาพที่ 2.15

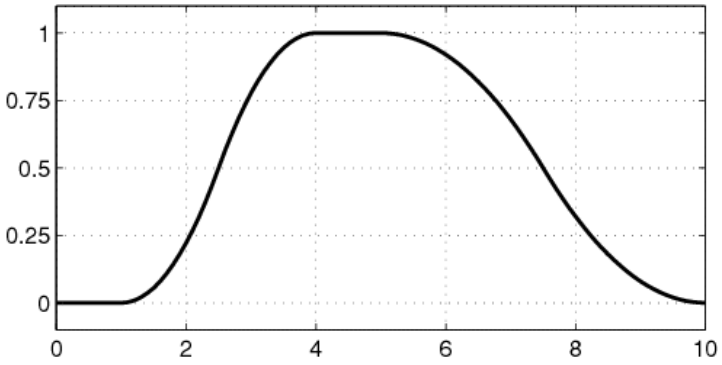


ภาพที่ 2.15 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปตัวเอส

(3) ฟังก์ชันรูปไพน์ (¶-shaped membership function): มีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ {*a*, *b*, *c*, *d*} มีรูปแบบสมการคือ

$$f(x:a,b) = \begin{cases} 0 & ,x \le a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,\frac{a+b}{2} \le x \le b \\ 1 & ,b \le x \le c \\ 1-2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,c \le x \le \frac{c+d}{2} \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & ,\frac{c+d}{2} \le x \le d \\ 0 & ,x \ge d \end{cases} \quad (2.8)$$

ลักษณะการกระจายค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแสดงดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปไพน์

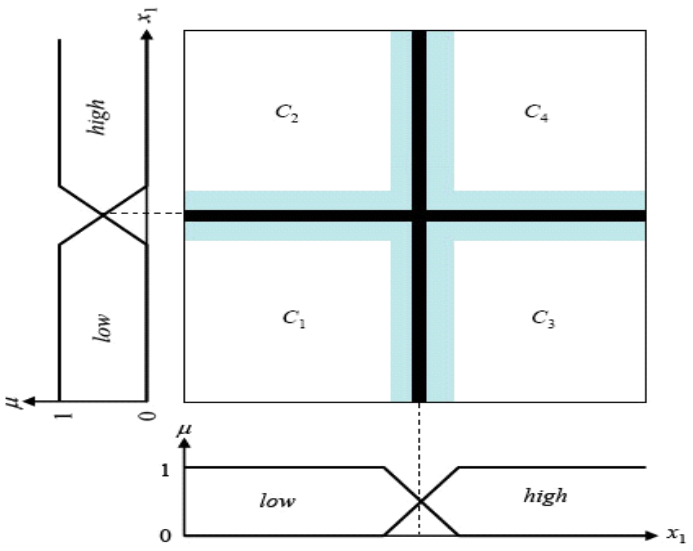
จากรูปแบบของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ได้แสดงข้างต้นแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปตัวซีและฟังก์ชันรูปตัวเอสมีสมการที่คล้ายคลึงกันดังแสดงในสมการที่ 2.6 และ 2.7 และมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพียง 2 ตัว ได้แก่ จุดตัดแกน x และจุดที่กราฟเริ่มขนานกับแกน x และกรณีฟังก์ชันรูปตัวไพน์มีพารามิเตอร์ถึง 4 ตัวได้แก่ ช่วงที่เป็นไปได้ของข้อมูลซึ่งได้แก่จุดฐาน 2 จุดได้แก่ {a b} และช่วงส่วนยอดของกราฟที่คงที่ ได้แก่ {b c} ซึ่งค่าของพารามิเตอร์แต่ละตัวรวบรวมจากข้อมูลของผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบ การแจกแจงของข้อมูลดังกล่าวแสดงในบทที่ 5

2.7.3 **ตัวแปรเชิงภาษา** (Linguistic Variable)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ได้อธิบายจากหัวข้อที่ผ่านมาถูกสร้างขึ้นเพื่อแปลงข้อมูลจากตัวแปรเชิงปริมาณให้กลายเป็นค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรเชิงภาษา ซึ่งตัวแปรเชิงภาษามีลักษณะแตกต่างจากค่าของตัวแปรแบบพีชคณิตที่มีลักษณะเป็นปริมาณ เนื่องจากตัวแปรเชิงภาษามีค่าของตัวแปรเป็นถ้อยคำ หรือวลี (Jantzen, 1998: 7) ตัวอย่างเช่น หาก “อายุ” คือตัวแปรเชิงภาษา ดังนั้นนอกจาก “อายุ” จะสามารถแสดงค่าเป็นปริมาณได้ เช่น 20 ปี 30 ปี เป็นต้น แต่ก็สามารถกำหนดช่วงของตัวแปรดังกล่าวด้วยถ้อยคำ เช่น “เด็ก” “หนุ่ม” “แก่” ซึ่งช่วงดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นฟัซซีเซต กล่าวคือไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่ามีช่วงอยู่ระหว่างค่าใด ซึ่งการแปลงตัวแปรเชิงปริมาณให้อยู่ในรูปตัวแปรเชิงภาษามีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาที่ใช้ประสบการณ์และความรู้สึก เนื่องจากการให้เหตุผลสำหรับคำตอบของปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้ง่ายในตัวแปรเชิงภาษา เช่น “สูง” “กลาง” “ต่ำ” มากกว่าการพิจารณาจากปริมาณที่แน่นอนด้วยตัวแปรพีชคณิต

2.7.4 **กฎฟัซซี** (fuzzy rules)

จากหัวข้อที่ผ่านมาเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวจะสามารถแปลงค่าตัวแปรเชิงปริมาณของปัญหาที่คลุมเครือและวิเคราะห์ได้ยาก ให้กลายเป็นค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรเชิงภาษาที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบโดยผู้เชี่ยวชาญ อย่างไรก็ตามค่าระดับความเป็นสมาชิกที่ได้จำเป็นต้องนำไปอนุมานเพื่อการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งการอนุมานเหตุผลมีหลายวิธีการ เช่น การอนุมานด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) การอนุมานด้วยเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) แต่วิธีการที่นิยมและการประยุกต์ใช้งานมากที่สุดได้แก่ กฎฟัซซีแบบถ้า-แล้ว (fuzzy if-then rule) ตัวอย่างการใช้กฎฟัซซีแสดงดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 การใช้เงื่อนไขแบบ ถ้า-แล้ว (If-Then) ในการอนุมานคำตอบ

จากภาพที่ 2.17 สามารถเขียนเป็นกฎในรูปประโยคภาษาได้ดังนี้

กฎข้อ 1: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) ผลลัพธ์เป็น C_1

กฎข้อ 2: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า high แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) ผลลัพธ์เป็น C_2

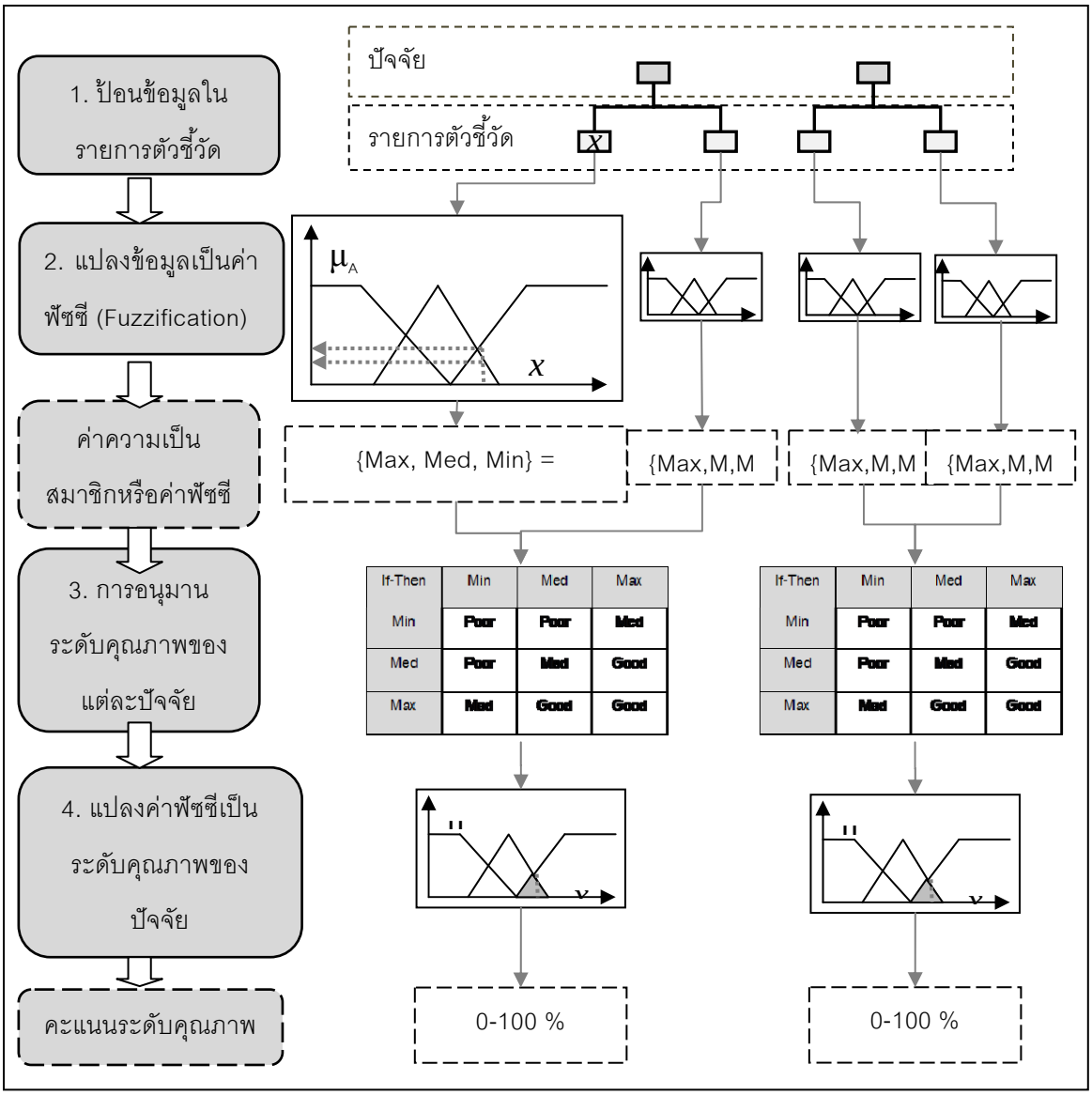
กฎข้อ 3: ถ้า x_1 มีค่า high และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) ผลลัพธ์เป็น C_3

กฎข้อ 4: ถ้า x_1 มีค่า high และ x_2 มีค่า high แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) ผลลัพธ์เป็น C_4

ตัวอย่างเช่น การใช้การอนุมานด้วยเงื่อนไขในการหาสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกแครอท เช่น กฎ: ถ้า x_1 (ตัวแปร “อุณหภูมิ”) มีค่า “ต่ำ”และ ถ้า x_2 (ตัวแปร “ความชื้น”) มีค่า “ต่ำ” แล้วดังนั้นสามารถอนุมานได้ว่า x_3 (ตัวแปร “ความเหมาะสมการปลูกแครอท”) มีค่า “เหมาะสมระดับปานกลาง” เป็นต้น

2.7.5 การประยุกต์ใช้ระบบฟัซซีในการประเมินผลการดำเนินงาน

เพื่อความเข้าใจต่อการประยุกต์ใช้งานตรรกศาสตร์คลุมเครือมากยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการอธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากหัวข้อที่ผ่านมา ในหัวข้อนี้จะแสดงแบบจำลองการวัดผลคุณภาพของกระบวนการออกแบบที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ โดยแบบจำลองดังกล่าวอ้างอิงจาก(El-Baz, 2011) ซึ่งแสดงขั้นตอนการใช้งานระบบระบบฟัซซีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แบบจำลองระบบฟัซซีในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

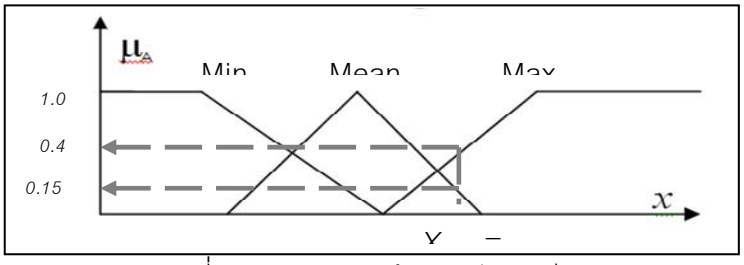
ที่มา: ปรับปรุงจาก (El-Baz, 2011)

ขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนในการประยุกต์ใช้งานระบบฟัซซีได้แก่

(1) *ผู้ประเมินป้อนค่าสำหรับแต่ละรายการประเมินลงในระบบ*

(2) *การแปลงข้อมูลเป็นค่าฟัซซี (Fuzzification):* สามารถแปลงข้อมูลเชิงปริมาณให้เป็นค่าฟัซซีที่แสดงระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรเชิงภาษา โดยการกำหนดจุดตัดกราฟระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก กับค่าของรายการประเมินในแกน

นอน ค่าในแกนตั้งที่ได้ก็คือค่าฟัซซีของรายการดังกล่าว ตัวอย่างของการแปลงข้อมูลแสดงในภาพที่ 2.18 จากรูปดังกล่าวค่าความเป็นสมาชิกของเซตตัวแปรเชิงภาษา {Min, Mean, Max} = {0, 0.15, 0.4} ตามลำดับ

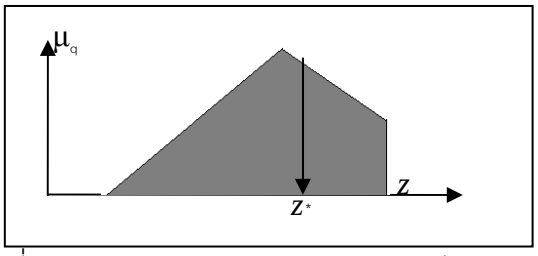


ภาพที่ 2.19 การแปลงข้อมูลเป็นฟัซซีเซต

(3) *การอนุมานระดับคุณภาพ:* ค่าฟัซซีของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ได้จากรายการประเมินสามารถแปลงเป็นค่าฟัซซีของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ได้จากคะแนนระดับคุณภาพ จากการอนุมานแบบเงื่อนไข ถ้า-แล้ว (If-Then rule) ซึ่งได้แสดงรายละเอียดในหัวข้อ 2.7.4

(4) *การแปลงค่าฟัซซีกลับเป็นค่าระดับคุณภาพ (Defuzzification):* หลักการในการแปลงค่าฟัซซีกลับมาเป็นตัวเลขสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ค่ามาก (Max membership) การใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight average method) แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแปลงจุดศูนย์ถ่วง (Centroid method) ซึ่งนำเสนอโดย (Sugeno, 1985 อ้างถึงใน Ross, 2004) เนื่องจากเป็นวิธีที่คำนึงถึงผลของรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมากที่สุดดังสมการ 2.16 ซึ่งจุดศูนย์ถ่วงแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2.20

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) \cdot dz} \qquad (2.16)$$



ภาพที่ 2.20 การหาค่าระดับคุณภาพด้วยวิธีจุดศูนย์ถ่วง

2.7.6 การทดสอบความถูกต้องของระบบ

สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของระบบ เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากระบบฟัซซีและค่าที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งงานวิจัยนี้อาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับสถิติเพื่อสรุปข้อมูลจากประชากรที่มีความหลากหลาย สำหรับประเภทของสถิติอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สถิติบรรยาย (Descriptive Statistic) เช่น การแจกแจงความถี่ การวัดการกระจายของข้อมูล เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้สรุปเพื่อพิจารณาแนวโน้มของข้อมูลได้แต่ไม่สามารถใช้สรุปผลในเชิงเปรียบเทียบได้ และอีกประเภทคือสถิติอ้างอิงหรือสถิติอนุมาน (Hypothesis Testing) ซึ่งเป็นการใช้สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้สถิติบรรยายเพื่อแสดงความคลาดเคลื่อนระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากระบบและผลลัพธ์จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นจึงใช้สถิติเชิงอนุมานเพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่างผลลัพธ์จากระบบและผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

สถิติอ้างอิงหรือสถิติอนุมานสามารถแยกย่อยเป็น พารามิเตอร์ (Parametric Test) และสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-parametric Test) ซึ่งสถิติพารามิเตอร์ (Parametric Test) ซึ่งเป็นการทดสอบสมมติฐานจากข้อมูลตัวแทน (Parameter) ของชุดข้อมูลแต่มีเงื่อนไขว่าชุดข้อมูลดังกล่าวต้องมีการแจกแจงของประชากรแบบปกติหรือใกล้เคียงปกติ เช่น t-test หรือ ANOVA เป็นต้น แต่ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติและตัวอย่างมีขนาดเล็กจะไม่สามารถใช้การทดสอบที่อาศัยพารามิเตอร์ได้ จึงต้องใช้วิธีการทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-parametric Test) และเนื่องจากข้อมูลที่ทดสอบมาจากข้อมูลลักษณะของโครงการเดียวกัน ดังนั้นจึงถือว่าเป็นข้อมูลแบบสองตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ Sign Test และ Wilcoxon Matched Pairs Signed - Ranks Test ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธี Wilcoxon Matched Pair Signed Ranks Test เนื่องจากเป็นวิธีที่พิจารณาถึงขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในรูปของผลต่างลำดับ ในขณะที่วิธี Sign Test พิจารณาจากเครื่องหมายบวกและลบของค่าผลต่างข้อมูลเท่านั้น

ในการทดสอบขั้นตอนแรกต้องพิจารณาว่าควรตั้งสมมติฐานสำหรับทดสอบอย่างไรเพื่อจะได้ทราบว่าจะต้องทำการทดสอบแบบทางเดียวหรือสองทาง เช่นถ้าต้องการทราบว่าข้อมูล 2 ชุดมากกว่ากันหรือไม่อาจใช้การทดสอบเพียงทางเดียว แต่ถ้าต้องการทดสอบว่าชุดข้อมูลสองชุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ จะใช้การทดสอบแบบสองทางคือทดสอบว่าข้อมูลชุดแรกมีค่าไม่มากกว่าข้อมูลชุดที่สอง หรือข้อมูลชุดแรกมีค่าไม่น้อยกว่าชุดที่สองอย่างมีนัยสำคัญ ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

(1) พิจารณาข้อมูลและตั้งสมมติฐานทดสอบ (Ho) ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์โดยแบ่งเป็นกรณีทดสอบ 2 ทาง (Ho : $M_1 = M_2$ และ $H_1 : M_1 > M_2$ หรือ $M_1 < M_2$) หรือทางเดียว (Ho : $M_1 > M_2$ และ $H_1 : M_1 < M_2$)

(2) หาผลต่างของชุดข้อมูลแต่ละคู่

(3) เรียงลำดับขนาดของผลต่างดังกล่าวจากน้อยไปหามากโดยไม่สนใจเครื่องหมายบวกหรือลบ ถ้ามีข้อมูลที่มีลำดับที่เท่ากันให้หาค่าเฉลี่ยเป็นลำดับที่ เช่น 1,3,3,5 เปลี่ยนเป็น 1,2.5,3 แล้วจึงคำนวณผลรวมของค่าลำดับโดยแบ่งเป็นผลรวมลำดับที่มีเครื่องหมายบวก T + และผลรวมลำดับที่มีเครื่องหมายบวก T –

(4) เลือกค่า T ที่มีขนาดน้อยสุด โดย T = Min(T+, T-) เนื่องจากวิธีนี้เป็นการตรวจสอบสมมติฐานแย้งที่ขอบเขตต่ำสุดที่เป็นไปได้ ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นโอกาสต่ำสุดที่สมมติฐานแย้งจะเกิดขึ้น จึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาค่า T ที่มากกว่าเพราะหากโอกาสที่จะเกิดสมมติฐานแย้งต่ำสุดมีค่ามากกว่าระดับที่รับได้ ย่อมเป็นการปฏิเสธค่า T ที่มีค่ามากกว่าไปโดยปริยาย

(5) กรณีมีจำนวนข้อมูลน้อยกว่า 25 คู่จะไม่สามารถใช้ตารางแจกแจงความถี่ของค่า Z ได้ ดังนั้นจึงให้ใช้ตารางค่าวิกฤติของ T (Critical Value for the Wilcoxon Mactched Pair Signed Rank Test) แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 หาค่าวิกฤตของตัวแปร T ของวิธี Wilcoxon Mactched Pair Signed Rank Test

	α_1	0.05	0.025	0.01	0.005		α_1	0.05	0.025	0.01	0.005
n	α_2	0.1	0.05	0.02	0.01	n	α_2	0.1	0.05	0.02	0.01
1		-	-	-	-	9		1	1	0	0
2		-	-	-	-	10		1	1	0	0
3		-	-	-	-	11		2	1	1	0
4		-	-	-	-	12		2	2	1	1
5		0	-	-	-	13		3	2	1	1
6		0	0	-	-	14		3	2	2	1
7		0	0	0	-	15		3	3	2	2
8		1	0	0	0	16		4	3	2	2

α_1 : ระดับความเชื่อมั่นกรณีทดสอบทางเดียว

α_2 : ระดับความเชื่อมั่นกรณีทดสอบสองทาง

(6) ซึ่งได้จากการพิจารณาผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างชุดข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมด ในชุดข้อมูลที่มีจำนวนสมาชิก (n) ต่างๆกัน โดยใช้ระดับความสำคัญ(α) ที่ 0.05 ซึ่งจะเทียบเท่าพื้นที่ใต้กราฟการแจกแจงข้อมูลที่ความถูกต้อง 95%

- โดยจะปฏิเสธสมมติฐานที่ทดสอบ Ho หากค่าวิกฤต T ที่ได้จากตารางมากกว่าหรือเท่ากับ T+
- โดยจะปฏิเสธสมมติฐานที่ทดสอบ Ho หากค่าวิกฤต T ที่ได้จากตารางมากกว่าหรือเท่ากับ T+-

โดยเหตุผลที่ปฏิเสธสมมติฐานที่ทดสอบ Ho เนื่องจากโอกาสที่จะเกิดสมมติฐานแย้งมีค่ามากกว่าโอกาสที่ยอมรับได้

2.8 การเก็บข้อมูลด้วยกระบวนการเดลฟาย (Delphi Method)

รายการดัชนีวัดผลดำเนินการของฝ่ายออกแบบ ควรเป็นรายการที่มีความเหมาะสมตามความเห็นของผู้ที่ทำงานในฝ่ายออกแบบ ซึ่งการหาข้อสรุปจากผู้ที่ทำงานในฝ่ายออกแบบนั้นจำเป็นที่ต้องอาศัยเครื่องมือในการตัดสินว่าดัชนีตัวใดที่ผ่านเกณฑ์ความเหมาะสม และดัชนีตัวใดไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคเดลฟายในการหารายการดัชนีวัดผล

2.8.1 นิยามของเทคนิคเดลฟาย

มีหลายงานวิจัยที่ได้ให้นิยามของเทคนิคหรือกระบวนการเดลฟาย ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปว่าเดลฟายคือกระบวนการรวบรวมข้อคิดเห็นจากหลายๆ ฝ่ายแบบวนซ้ำอย่างเป็นระบบ เพื่อหาแนวทางหรือคำตอบที่สอดคล้องกันและทุกฝ่ายยอมรับ (สุวลี ทวีบุตร, 2540; ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543; Hallowell และGambatese, 2010)

2.8.2 ลักษณะงานวิจัยที่เหมาะสมกับเทคนิคเดลฟาย

หากพิจารณาถึงการหาข้อสรุปที่เป็นแนวทางสำหรับปัญหาขั้นตอนที่นิยมใช้กันมากคือการประชุมกลุ่ม การอภิปราย หรือการระดมสมอง แต่ในงานวิจัยนี้กลับเลือกใช้เทคนิคเดลฟาย เนื่องจากเทคนิคเดลฟายจะเกิดประสิทธิผลเมื่อลักษณะหรือปัญหาของงานวิจัยดังนี้ (Linestone และ Turoff, 2002; ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543)

(1) ปัญหาของงานวิจัยที่ไม่สามารถหาแนวทางด้วยข้อมูลเชิงสถิติ เช่น ความถี่การเกิดซ้ำ แต่อาศัยการตัดสินใจของบุคคล
(2) ปัญหาของงานวิจัยที่มีคำตอบกว้าง และซับซ้อน
(3) ผู้ให้ข้อมูลมีพื้นฐานประสบการณ์และความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน หรือในกรณีที่ใช้วิธีการระดมสมองแล้วอาจมีผู้ที่มีทักษะในการอภิปรายไม่เพียงพอจึงใช้กระบวนการเดลฟายแทน
(4) ในกรณีที่เก็บข้อมูลเป็นกลุ่มแล้วมีผลกระทบจากการคล้อยตามผู้ที่มีอิทธิพลเด่นกว่า
(5) เมื่อมีข้อจำกัดในด้านเวลาและต้นทุนจนไม่สามารถใช้วิธีประชุมหรือระดมความคิดได้

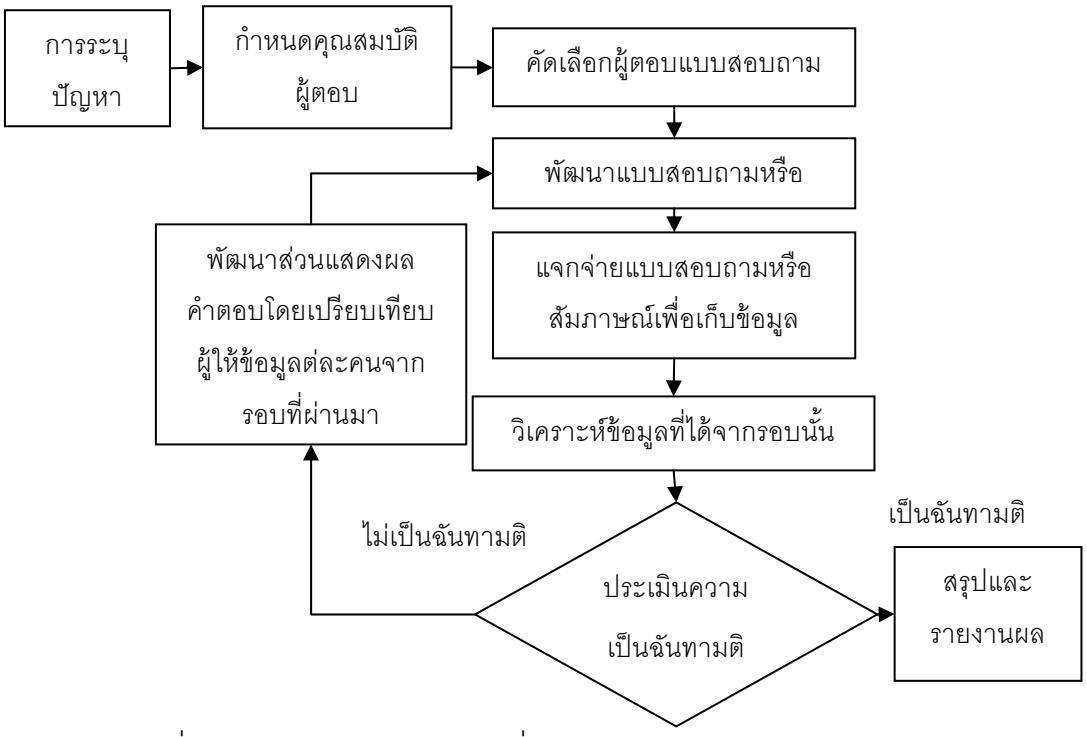
(6) การให้ข้อมูลแบบประเชิญหน้ากันมีความไม่สะดวก และขาดประสิทธิภาพมากกว่าการส่งข้อมูลคืนกลับในขั้นตอนเดลฟาย

(7) เมื่อการประชุม หรืออภิปรายกลุ่มไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากความคิดเห็นจากการอภิปรายไม่สอดคล้องกันสูง

(8) เมื่อหากมีการประชุม หรืออภิปรายกลุ่มแล้วอาจมีผลกระทบจากอิทธิพลของจำนวนผู้ให้ข้อมูล อิทธิพลจากบุคลิกภาพที่น่าเชื่อถือ อิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นตามคนส่วนใหญ่ ซึ่งโน้มน้าวให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคำตอบไปจากเดิม

2.8.3 **กระบวนการของเทคนิคเดลฟายแบบดั้งเดิม** (Traditional Delphi)

จากการสรุปงานวิจัยสามารถระบุขั้นตอนหรือกระบวนการของเทคนิคเดลฟายแสดงโดยภาพที่ 2.21 (ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543; Hallowell และGambatese, 2010)



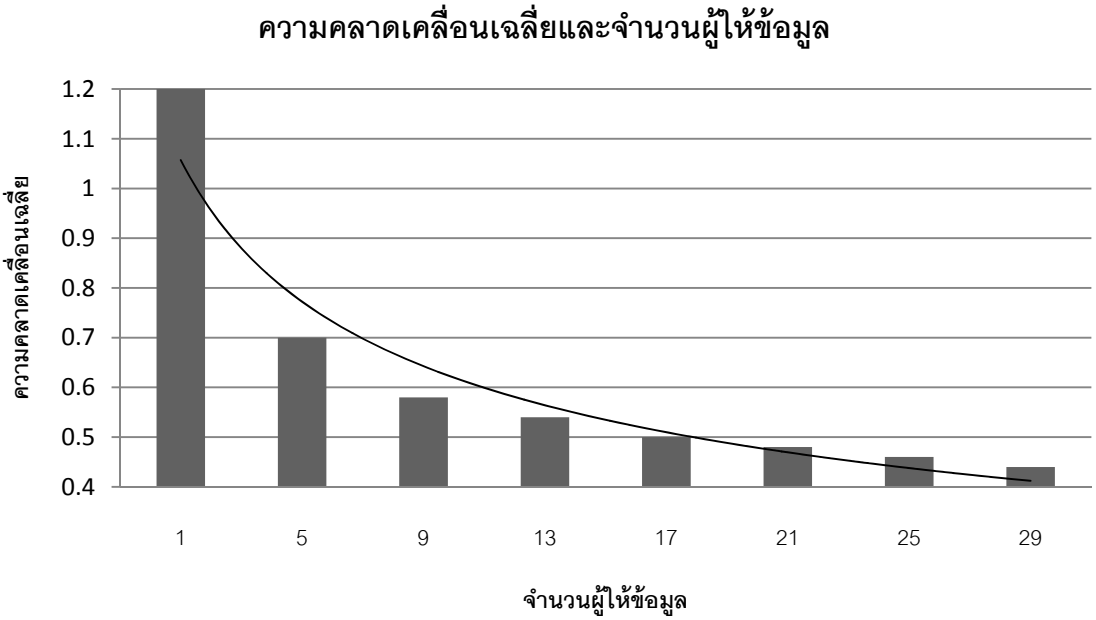
ภาพที่ 2.21 กระบวนการเดลฟาย: ที่มา (Hallowell และGambatese, 2010)

(1) การกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ให้ข้อมูลเปรียบเสมือนตัวแทนของประชากรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดดังนั้นการกำหนดคุณสมบัติผู้ให้ข้อมูลจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ โดยผู้ให้ข้อมูลควรมีประสบการณ์ในเรื่องที่ศึกษา และเห็นความสำคัญของงานวิจัย (สุวลี ทวีบุตร, 2540) อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอดีตไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์คุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลอย่างตายตัว แต่มีการกำหนดเกณฑ์ที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของงานวิจัย เช่น (Hallowell และGambatese, 2010) ได้สรุปกระบวนการเดลฟายที่ใช้ในงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมและการบริหารงานก่อสร้างโดยเกณฑ์ที่ใช้กำหนดคุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ 4 ข้อ ได้แก่ เป็นผู้มีผลงานบทความตีพิมพ์เป็นวารสารทางวิชาการ เป็นผู้แสดงผลงานในการประชุมทางวิชาการ เป็นสมาชิกหรือประธานของกรรมการ มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจริงอย่างน้อย 5 ปี ได้รับการว่าจ้างเป็นสมาชิกของสถาบันหรือหน่วยงาน เป็นต้น (Gustafson, 1975 อ้างถึงใน Hsu และ Sandford, 2007) ระบุเช่นกันว่าในงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการระบุเกณฑ์คุณสมบัติผู้ให้ข้อมูลที่แน่นอน แต่ได้เสนอเกณฑ์เบื้องต้น ได้แก่ เป็นสมาชิกของฝ่ายบริหารระดับสูงที่สนใจแก้ปัญหาตามกระบวนการเดลฟาย เป็นเจ้าหน้าที่ที่มีประสบการณ์และมีฝ่ายสนับสนุนในการทำงาน เป็นผู้ที่สนใจในแบบสอบถามและได้รับการตรวจสอบความสามารถด้วยกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแล้ว ด้วยเหตุผลดังกล่าวดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดคุณสมบัติของผู้ให้ข้อมูลเบื้องต้นตามที่ได้ระบุในหัวข้อที่ 3.6 ซึ่งแสดงในบทต่อไป

(2) การกำหนดจำนวนผู้ให้ข้อมูล

แม้ว่างานวิจัยในอดีตได้กำหนดจำนวนผู้ให้ข้อมูลที่เหมาะสมแตกต่างกันไป เช่น 10 คน 12 คน แต่งานวิจัยของ (Macmillan, 1971) ได้ศึกษาความสำพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับจำนวนผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการเดลฟาย โดยพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณจากเปอร์เซ็นต์ของคำตอบแท้จริงต่อคำตอบจากค่ามัธยฐานที่ได้จากผู้ให้ข้อมูลจะมีค่าลดลงตามจำนวนผู้ให้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้น โดยการศึกษาดังกล่าวได้ทดลองเพิ่มผู้ให้ข้อมูลจาก 1 ถึง 29 คน แสดงดังภาพที่ 2.22 และตารางที่ 2.6



ภาพที่ 2.22 ผลการศึกษาความคลาดเคลื่อนที่ลดลงจากการเพิ่มจำนวนผู้ให้ข้อมูล
ที่มา: ปรับปรุงจาก (Macmillan, 1971)

ตารางที่ 2.6 การลดลงของความคลาดเคลื่อนและจำนวนผู้ให้ข้อมูลในกระบวนการเดลฟาย

จำนวนผู้ให้ข้อมูล (Panel Size)	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Average Group Error)	การเปลี่ยนแปลงสุทธิ (Net Change)
1 – 5	1.20 – 0.70	0.5
5 – 9	0.70 – 0.58	0.12
9 – 13	0.58 – 0.54	0.04
13 – 17	0.54 – 0.50	0.04
17 – 21	0.50 – 0.48	0.02
21 – 25	0.48 – 0.46	0.02
25 - 29	0.46 – 0.44	0.02

จากตารางที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยลดลงตามจำนวนผู้ให้ข้อมูลที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราการลดลงที่น้อยลงตามไปด้วย โดยอัตราการลดลงจะเริ่มคงที่ที่จำนวนผู้ให้ข้อมูล 17 – 21 คน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบจำนวน 19 คน เนื่องจากการเพิ่มจำนวนผู้ให้ข้อมูลสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนได้เพียงเล็กน้อย

(3) การเก็บข้อมูลรอบที่หนึ่งด้วยคำถามปลายเปิด

การเก็บข้อมูลในรอบแรกตามกระบวนการเดลฟายจะเริ่มจากถามคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบสามารถใช้ความคิดของตนได้อย่างอิสระ ข้อมูลที่ได้จากรอบนี้จะนำไปพัฒนาแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลรอบที่สองต่อไป (สุวลี ทวีบุตร, 2540; ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543)

(4) การเก็บข้อมูลรอบที่สอง

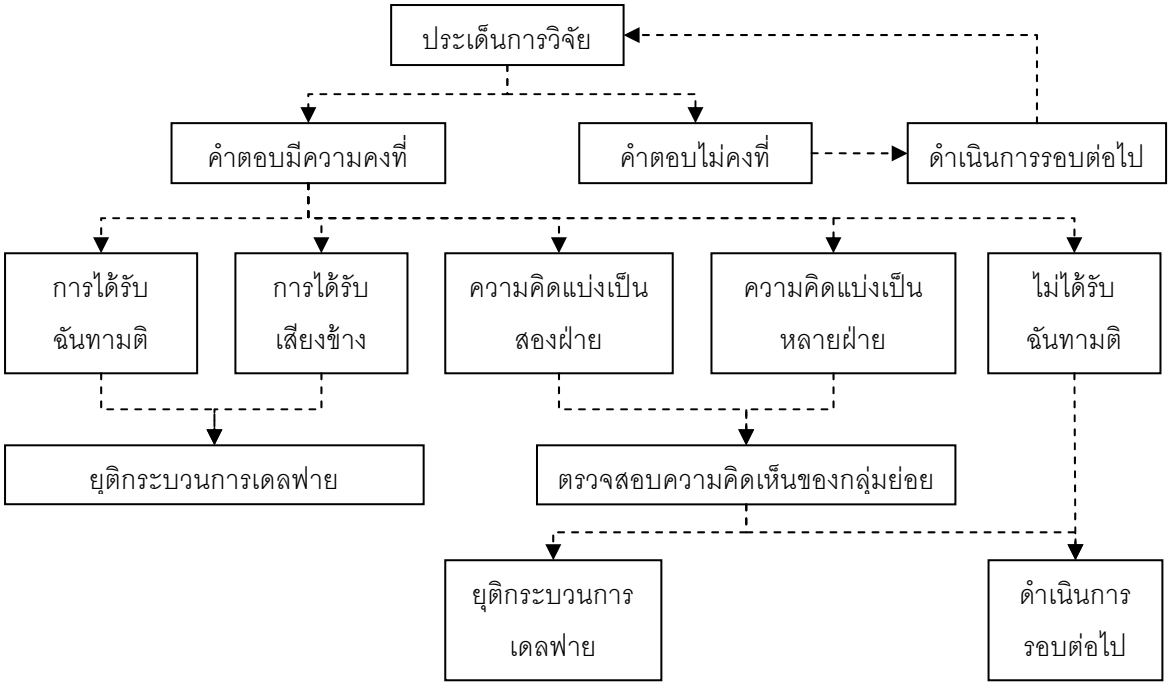
เป็นการสอบถามความคิดเกี่ยวกับระดับความสำคัญของแต่ละแนวคิดที่ได้จากการเก็บข้อมูลในรอบแรก โดยแนวคิดที่ไม่ตรงประเด็นกับงานวิจัยควรตัดออก และผู้วิจัยต้องไม่สอดแทรกความคิดของตนเองลงในแบบสอบถาม (สุวลี ทวีบุตร, 2540; ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543)

(5) การเก็บข้อมูลรอบที่สาม

การเก็บข้อมูลรอบที่สามเป็นการตรวจสอบความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลจากรอบที่สองซ้ำอีกครั้ง โดยแบบสอบถามที่ใช้จะแสดงผลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลในรอบที่สองไว้ด้วยเพื่อให้ผู้ตอบได้เปรียบเทียบผลกับผู้ตอบรายอื่น หากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในรอบที่สามมีความสอดคล้องกันจึงยุติกระบวนการเดลฟาย แต่ถ้าการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าข้อมูลยังไม่สอดคล้องผู้วิจัยต้องดำเนินการเก็บข้อมูลในรอบถัดไปจนกว่าจะเกิดความสอดคล้องขึ้น (สุวลี ทวีบุตร, 2540; ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543) อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอดีตมีการระบุจำนวนรอบที่เหมาะสมแตกต่างกันไป เช่น (Dalkey et al., 1970 อ้างถึงใน Hallowell และ Gambatese, 2010) ระบุว่าความถูกต้องจะสูงสุดที่การเก็บข้อมูลรอบที่สองและจะลดลงตามจำนวนรอบการเก็บข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

2.8.4 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย

จากหัวข้อที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการเดลฟายต้องมีการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูลเพื่อยุติกระบวนการ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความคงที่ของข้อมูลหรือระดับฉันทามติ (Stability) และการวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติของข้อมูล (Consensus) ซึ่งขั้นตอนโดยสรุปแสดงในภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 กระบวนการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟาย
ที่มาปรับปรุงจาก: (Hsu และ Sandford, 2007)

จากภาพที่ 2.23 ในการรวบรวมข้อมูลรอบที่สองขึ้นไปจะต้องมีการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายโดยข้อมูลที่ได้จะต้องนำมาวิเคราะห์ความคงที่ของข้อมูล (Stability) เพื่อดูว่าไม่มีความแตกต่างของคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลแต่ละรอบมากเกินไป หากผลการวิเคราะห์ระบุว่าไม่คงที่แสดงว่าผู้ตอบยังไม่แน่ใจในคำตอบของตนเอง ผู้วิจัยต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่เฉพาะผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ข้อมูลไม่คงที่ หากวิเคราะห์แล้วข้อมูลคงที่ต้องทำการวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติของข้อมูล (Consensus) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแปรปรวนของคำตอบระหว่างผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคน โดยผลการวิเคราะห์มีโอกาสเป็นไปได้ 5 ทาง คือได้รับฉันทามติจากการวิเคราะห์ค่าเชิงสถิติหรือได้เสียงข้างมากเกินกว่าร้อยละของระดับฉันทามติที่กำหนด

และสามารถยุติกระบวนการเดลฟาย และกรณีความเห็นแยกเป็นสองฝ่ายขึ้นไป กรณีนี้ต้องสอบถามเพื่อหาเหตุผลว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีความแตกต่างกันอย่างไรจึงส่งผลให้คำตอบแยกเป็นหลายแนวทาง ซึ่งอาจยุติกระบวนการได้ทันทีหรืออาจต้องเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันเพิ่มเติม และกรณีที่ไม่ได้ฉันทามติต้องเก็บข้อมูลในรอบถัดไปหรืออาจระบุเหตุผลที่ไม่ได้ฉันทามติและยุติกระบวนการเดลฟาย (ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543; Hsu และ Sandford, 2007) การวิเคราะห์ความคงที่และฉันทามติแสดงในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

(1) การวิเคราะห์ความคงที่ของข้อมูล

ระดับฉันทามติก็คือร้อยละของจำนวนสมาชิกในข้อมูลที่มีความถี่มากที่สุด(สุวลี ทวีบุตร, 2540) การเปลี่ยนแปลงระดับฉันทามติก็คือการเปลี่ยนแปลงความถี่ของข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในรอบที่ผ่านมา หรือก็คือร้อยละจำนวนผู้ตอบที่เปลี่ยนแปลงคำตอบไปจากเดิมนั่นเอง (Linstone และ Turoff, 2002: 271 - 276) โดยกำหนดระดับความคงที่ของข้อมูลให้เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 15% ของจำนวนผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด

(2) การวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติของข้อมูล

จากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมามีการใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติหลายวิธีในการหาความเป็นฉันทามติของข้อมูล โดยวิธีที่นิยมเช่น การตรวจสอบด้วยค่าร้อยละของความถี่คำตอบ หากเกิน 60% ของผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดจะถือว่าได้ฉันทามติ การตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือการวิเคราะห์ด้วยค่าฐานนิยม ค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ เนื่องจากสามารถสะท้อนความแปรปรนของข้อมูลได้ดีกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย และไม่ต้องอาศัยเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์เพิ่มเติม การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ยังสามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ออกเป็น กรณีใช้เกณฑ์ประเมินในแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบ 5 ระดับคือ 0-5 หรือ 1-5 และเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าแบบ 6 ระดับ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์ประเมินแบบ 5 ระดับดังนั้นเกณฑ์การประเมินจะกำหนดให้ผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมไม่เกิน 1.0 และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ซึ่งคำนวณจากผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างควอไทล์ที่ 3 และควอไทล์ที่ 1 ดังแสดงในสมการที่ 2.19 ไม่เกิน 1.50 และมีค่ามัธยฐานมากกว่า 3.50 (ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543

$$\text{ค่าพิสัยระหว่างควอไปล์} = |Q3 - Q1| \qquad (2.19)$$

โดย Q3 คือค่าควอไทล์ที่สาม หรือค่าที่อยู่ในลำดับที่ 75 ของชุดข้อมูล 100 ข้อมูล

โดย Q1 คือค่าควอไทล์ที่หนึ่ง หรือค่าที่อยู่ในลำดับที่ 25 ของชุดข้อมูล 100 ข้อมูล

2.9 **สรุปท้ายบท**

ในบทนี้เป็นการรวบรวมทฤษฎีและการสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยในช่วงแรกจะเป็นการระบุนิยามของงานออกแบบ ขอบเขตของงานออกแบบ และความรับผิดชอบของสมาชิกฝ่ายออกแบบ รวมทั้งการระบุความสัมพันธ์ของฝ่ายออกแบบกับฝ่ายอื่นๆ ว่ามีความแตกต่างกันตามรูปแบบของการบริหารงานก่อสร้างหรือไม่ เพื่อระบุขอบเขตการศึกษาของงานวิจัย และทำการศึกษาเครื่องมือ หรือแนวคิดในการพัฒนาการดำเนินงานออกแบบที่ผ่านมา ซึ่งพบว่ากระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการบริหารคุณภาพของกระบวนการออกแบบคือการวัดผลการดำเนินงาน (Performance Measurement) โดยงานวิจัยในอดีตมีการพัฒนาเครื่องมือในการวัดผลการดำเนินงานในหลายลักษณะ อย่างไรก็ตามเครื่องมือดังกล่าวมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบการวัดและประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบโดยอาศัยการระบุดัชนีวัดผลดำเนินงานเชิงปริมาณ ในหัวข้อถัดมาจึงเป็นการสรุปรายการดัชนีวัดผลจากงานวิจัยในอดีตเพื่อพัฒนารายการดัชนีในเบื้องต้น และรวบรวมเกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการเพื่อใช้ในการประเมินผลการดำเนินงาน รายการวัดผลและเกณฑ์จำแนกลักษณะโครงการดังกล่าวจำเป็นต้องศึกษาความเหมาะสมโดยผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป และในหัวข้อถัดมาจึงแสดงรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ การใช้กระบวนการเดลฟายในการระบุดัชนีวัดการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ การใช้แนวคิดตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เพื่อพัฒนาระบบประเมินผลสำหรับงานวิจัยนี้ และการวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

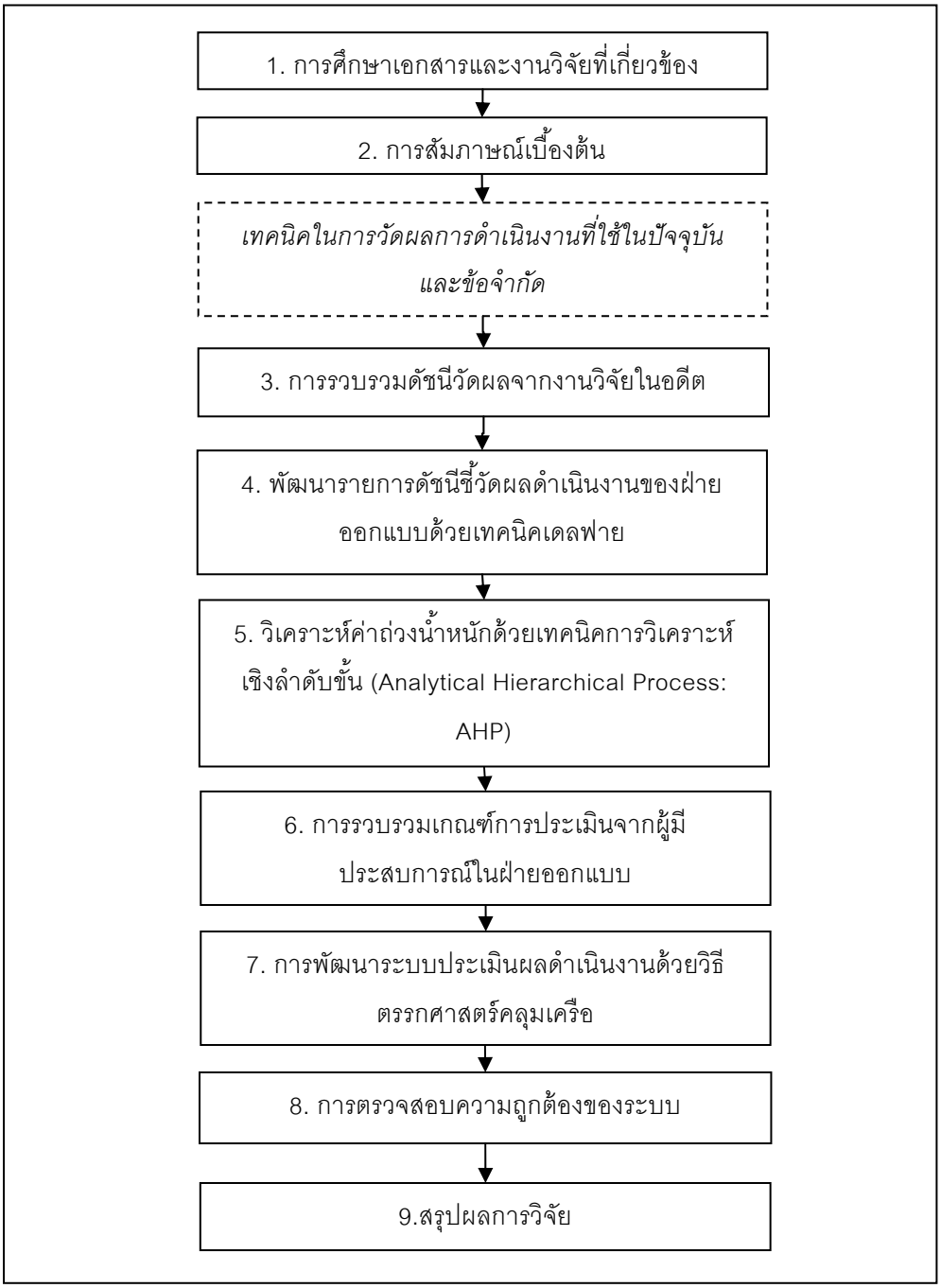
ในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย โดยมีขั้นตอนหลักที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ การพัฒนารายการตัวชี้วัดในการวัดคุณภาพของงานออกแบบ จากฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคเดลฟาย และส่วนที่สองคือการพัฒนาเกณฑ์การวิเคราะห์ระดับคุณภาพด้วยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ได้แสดงดังนี้

3.2 ลักษณะของงานวิจัย

ประเภทของงานวิจัยสามารถแบ่งได้หลายลักษณะตามเกณฑ์การแบ่งที่แตกต่างกัน เช่นหากแบ่งตามระดับการศึกษาจะสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ (ภัควดี บุญยะสุต, 2548) ได้แก่ การวิจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Study) และงานวิจัยเชิงตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing Study) หากแบ่งตามระเบียบวิธีวิจัยจะสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ (Historical Research) การวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive Research) และการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) นอกจากนั้นหากแบ่งตามลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) (Ventovuori et al., 2007) ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยมีวิธีวิจัยในเชิงบรรยาย และมีลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ

3.3 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 6 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการทบทวนเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระบวนการออกแบบ และเครื่องมือที่ใช้วัดผลการ

ดำเนินงาน จากนั้นทำการสัมภาษณ์ในเบื้องต้นกับผู้จัดการโครงการฝ่ายออกแบบ หรือฝ่ายบริหารคุณภาพ เพื่อสำรวจว่าในปัจจุบันมีเครื่องมือลักษณะใดบ้างที่มุ่งพัฒนางานออกแบบหรือลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากงานออกแบบ รวมทั้งศึกษาว่าเครื่องมือดังกล่าวมีข้อจำกัดในการใช้งานอย่างไร ซึ่งผลจากการสัมภาษณ์เป็นที่มาในการพัฒนารายการดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในงานวิจัยนี้ และเนื่องจากรายการดัชนีวัดผลเชิงปริมาณมีความแตกต่างกันไปในแต่ละงานวิจัย นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาถึงดัชนีชี้วัดในเชิงปริมาณที่เหมาะสมต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ การศึกษานี้จึงใช้เทคนิคเดลฟายในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล เพื่อให้ได้รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานที่เหมาะสมจากฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 19 ท่าน รายการดัชนีวัดผลที่ได้แม้ว่าสามารถใช้วัดผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นในฝ่ายออกแบบได้ก็ตามแต่การประเมินผลลัพธ์ที่ได้ยังต้องอาศัยหลักเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมเช่นกัน ดังนั้นในลำดับถัดมาจึงเป็นการพัฒนาเกณฑ์การประเมินโดยรวบรวมเกณฑ์จากทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดียวกับที่เป็นผู้ระบุรายการดัชนีวัดผลจำนวน 19 ท่าน และอาศัยการวิเคราะห์ตามทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวมีประโยชน์ในการแปลงข้อมูลที่ขึ้นอยู่กับทัศนคติของกลุ่มผู้ประเมินให้อยู่ในมาตรฐานการวัดเดียวกัน และเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงพัฒนาระบบวิเคราะห์ระดับผลการดำเนินงานด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งระบบที่เสร็จสมบูรณ์จะถูกตรวจสอบความถูกต้องของระบบด้วยการประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษาจำนวน 13 กรณี เพื่อระบุข้อจำกัด และทำการปรับปรุงระบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ จะนำมาสรุปผลเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์

3.4 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย โดยรวบรวมจากบทความทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ และเอกสารทางวิชาการต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการในงานออกแบบ ปัญหาที่เกี่ยวกับงานออกแบบ และเพื่อศึกษาทฤษฎี เทคนิค หรือวิธีการที่มุ่งเน้นต่อการพัฒนากระบวนการ หรือผลลัพธ์ของงานออกแบบที่มีในปัจจุบัน โดยมีหัวข้อการศึกษาดังต่อไปนี้

(1) หน้าที่ ความรับผิดชอบ ของสมาชิกในฝ่ายออกแบบ

(2) ปัญหาด้านการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

(3) ทฤษฎีและวิธีการในการลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากแบบและพัฒนากระบวนการออกแบบ

(4) เทคนิค วิธีการ ในการวัดและประเมินคุณภาพ

3.5 สัมภาษณ์ในเบื้องต้นกับผู้ประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

สัมภาษณ์ผู้ประเมินผลการดำเนินการของฝ่ายออกแบบในเบื้องต้น ซึ่งผู้ประเมินดังกล่าว ได้แก่ ผู้จัดการโครงการฝ่ายออกแบบ หรือผู้ประเมินจากฝ่ายบริหารคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าลักษณะของการวัดคุณภาพที่ได้จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับลักษณะการวัดคุณภาพที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยมีหัวข้อในการสัมภาษณ์ดังนี้

(1) สำรวจว่าในปัจจุบันมีวิธีการในการวัดผลการดำเนินงานด้านการออกแบบอย่าง ไร เพื่อระบุปัญหาที่พบจากการวัดด้วยวิธีดังกล่าว

(2) สำรวจว่าฝ่ายออกแบบโดยทั่วไปมีเครื่องมือในการพัฒนาหรือวัดผลทางด้านคุณภาพหรือไม่

(3) สำรวจว่าวิธีการวัดผลการดำเนินงานของบริษัทที่ปรึกษาทางการออกแบบโดยเฉพาะ กับฝ่ายออกแบบของบริษัทผู้รับเหมา หรือที่ปรึกษาแบบเบ็ดเสร็จมีความแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อกำหนดแนวทางในการเก็บข้อมูลต่อไป

จากวัตถุประสงค์ที่กำหนด จึงได้แบ่งประเภทของผู้สัมภาษณ์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

(1) ฝ่ายออกแบบของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง หรือบริษัทที่ปรึกษาแบบเบ็ดเสร็จที่ได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ อาทิเช่น TRC Construction Public Company Limited.

(2) บริษัทที่ปรึกษาด้านการออกแบบโดยเฉพาะที่ได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ อาทิเช่น Warnes Associates Company Limited.

(3) ฝ่ายออกแบบของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง หรือบริษัทที่ปรึกษาแบบเบ็ดเสร็จที่ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ อาทิเช่น EEC Industrial Engineering Company Limited.

(4) บริษัทที่ปรึกษาด้านการออกแบบโดยเฉพาะที่ไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานคุณภาพ อาทิเช่น A-One M&E Design Construction Company Limited. และ Geo Design & Engineering Consultant

3.6 การพัฒนารายการดัชนีวัดผลดำเนินงานเชิงปริมาณด้วยเทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique)

เนื่องจากรายการปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกระบวนการออกแบบ ซึ่งถูกสรุปจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีความแตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย นอกจากนี้ยังไม่มีมาตรฐานหรือการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัดในการวัดคุณภาพของกระบวนการออกแบบ ดังนั้นเพื่อการระบุปัจจัย และพัฒนารายการตัวชี้วัดในการวัดผลคุณภาพที่มีความครอบคลุมและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในงาน จึงใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ในการระบุปัจจัยและรายการตัวชี้วัดในการวัดคุณภาพ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวมีความเหมาะสมในการหาฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่าย โดยที่ผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นไม่สะดวกในการอภิปรายโดยตรงได้ ผู้เชี่ยวชาญผู้ให้การสัมภาษณ์สำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่ วิศวกร ผู้จัดการโครงการในฝ่ายออกแบบโครงสร้าง หรือผู้บริหารของบริษัทที่ปรึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานออกแบบ มากกว่า 5 ปีขึ้นไป เป็นผู้สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป และเป็นผู้มีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตาม พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542 โดยกำหนดจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์มากกว่า 17 คน (Hallowell และ Gambatese, 2010: 103) ดูรายละเอียดเกณฑ์การเลือกผู้เชี่ยวชาญในหัวข้อ 2.8.3 ซึ่งแบ่งรอบการสัมภาษณ์ดังนี้

3.6.1 การสัมภาษณ์ตามกระบวนการเดลฟายในรอบแรก

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญตามคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้ข้างต้นด้วยคำถามปลายเปิด (Open-End Questionnaires) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

(1) *เพื่อรวบรวมรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบให้มีความครอบคลุม*: โดยผู้เชี่ยวชาญอาจแนะนำรายการดัชนีเพิ่มเติมต่อจากรายการดัชนีเบื้องต้นที่ได้สรุปจากเอกสารและงานวิจัยในขั้นต้น

(2) *เพื่อแก้ไขรายการดัชนีวัดผลให้เหมาะสมกับงานออกแบบ:* เนื่องจากบางดัชนีถูกรวบรวมจากงานวิจัยที่ไม่ได้เกี่ยวกับฝ่ายออกแบบโดยเฉพาะเช่น ดัชนีที่ใช้วัดผลการดำเนินงานของบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรม ผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้แก้ไขหน่วยในการวัดสำหรับบางดัชนี หรืออาจแนะนำให้ปรับความหมายของดัชนีวัดผลให้เหมาะกับการวัดผลในฝ่ายออกแบบโดยเฉพาะ

3.6.2 การสัมภาษณ์ตามกระบวนการเดลฟายในรอบที่สอง

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความเห็นชอบต่อปัจจัยและรายการตัวชี้วัดในแต่ละหัวข้อ ด้วยแบบสอบถามปลายปิดแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบว่ารายการปัจจัยและรายการตัวชี้วัดในการวัดคุณภาพเป็นฉันทามติแล้วหรือไม่ โดยการคำนวณค่ามัธยฐาน (Median) ซึ่งเป็นค่ากลางของชุดข้อมูล และคำนวณค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Inter-quartile Range) ซึ่งเป็นวิธีวัดการกระจายตัวเฉลี่ยของข้อมูลเทียบกับค่ามัธยฐาน หากดัชนีวัดผลมีค่าพิสัยควอไทล์มากกว่า 1.50 และผลต่างสัมบูณณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมมากกว่า 1.00 จะถือว่าดัชนีดังกล่าวยังไม่ได้รับฉันทามติ (ศักดิ์ชัย บาลศิริ, 2543) และต้องนำรายการดัชนีวัดผลทั้งหมดมาสัมภาษณ์เพิ่มเติมในรอบที่ 3

3.6.3 การสัมภาษณ์ตามกระบวนการเดลฟายในรอบที่สาม

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความเห็นชอบต่อดัชนีวัดผลดำเนินงานในแต่ละหัวข้อด้วยแบบสอบถามปลายปิดมาตราส่วนประมาณค่าเช่นเดียวกับการสัมภาษณ์รอบที่สอง โดยมีผลการวิเคราะห์เชิงสถิติจากรอบที่ผ่านมาในการประกอบการประเมินให้แก่ผู้ตอบแบบสอบถาม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ (Stability) เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบของผู้เชี่ยวชาญไม่มีความแปรปรวนในแต่ละครั้งที่สัมภาษณ์ หากวิเคราะห์แล้วระดับฉันทามติไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า 15% จึงค่อยวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติของการสัมภาษณ์ในรอบที่ 3 จากค่าพิสัยระหว่างควอไทล์เช่นเดียวกับการสัมภาษณ์รอบที่ 2 หากสรุปว่ายังไม่ได้รับฉันทามติ และต้องทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมในรอบที่ 4 ซ้ำเช่นเดิม แต่ถ้าไม่เกินที่กำหนดให้ยุติการสัมภาษณ์ในรอบต่อไป

3.7 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยเทคนิคลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchical Process: AHP)

ในการประเมินผลการดำเนินงานจากดัชนีที่ได้พัฒนาขึ้นจำเป็นต้องมีการพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีและค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผล เนื่องจากค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละดัชนีย่อมแตกต่างกันและส่งผลต่อระดับการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้อาศัยวิธีการเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีเป็นคู่ (Pair-wise Comparison) และการวิเคราะห์ตามเทคนิคลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ โดยอาศัยการสัมภาษณ์จากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบจำนวน 7 ท่าน และทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูลด้วยอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio) อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวมีข้อจำกัดที่มีโอกาสที่ข้อมูลจะไม่สอดคล้องทำให้ต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยต้องอาศัยการสัมภาษณ์กับผู้ออกแบบโดยตรงแทนการใช้แบบสอบถาม และออกแบบแบบสอบถามให้มีการเรียงลำดับความสำคัญของดัชนีก่อนการดำเนินการเปรียบเทียบเป็นคู่ ซึ่งได้แสดงในภาคผนวก ค-1 หากผู้วิจัยเห็นว่าในการเปรียบเทียบดัชนีเป็นคู่ผู้ให้สัมภาษณ์กรอกข้อมูลไม่สัมพันธ์กับลำดับที่ให้ไว้ตอนต้นก็จะแจ้งให้ผู้สัมภาษณ์ทราบได้ทันที และให้ผู้สัมภาษณ์ประเมินความสำคัญของดัชนีในหัวข้อนั้นใหม่อีกครั้ง

3.8การรวบรวมเกณฑ์การประเมินผลการดำเนินงาน

ในการประเมินค่าที่ได้จากการวัดด้วยดัชนีวัดผลซึ่งพัฒนาขึ้นในขั้นตอนก่อนหน้านี้จำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเพื่อรวบรวมเกณฑ์ตามทัศนคติของผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ ผู้ตอบแบบสอบถามจะขอให้ระบุขอบเขตค่าที่เป็นไปได้ของดัชนีแต่ละตัวในระดับต่างๆ ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ค่าขอบเขตของดัชนีที่มีค่าน้อย ค่าขอบเขตของดัชนีที่มีค่าโดยทั่วไปหรือมีค่าปานกลาง และค่าขอบเขตของดัชนีที่มีค่ามาก นอกจากนั้นผู้ตอบแบบสอบถามต้องกำหนดเกณฑ์ประเมินลักษณะโครงการ ซึ่งแบ่งออกเป็นเกณฑ์ประเมินขนาดของงานออกแบบ และเกณฑ์ประเมินความยากในการออกแบบ โดยเกณฑ์การประเมินขนาดของโครงการออกแบบ ผู้ตอบแบบสอบถามต้องระบุค่าขอบเขตที่เป็นไปได้สำหรับมูลค่างานออกแบบในส่วนงานโครงสร้าง 3 ระดับเช่นกัน คือ ขอบเขตมูลค่างานโครงสร้างของโครงการขนาดเล็ก ขอบเขตมูลค่างาน

โครงสร้างของโครงการขนาดกลาง และขอบเขตมูลค่างานโครงสร้างของโครงการขนาดใหญ่ และสำหรับเกณฑ์การประเมินระดับความยากในการออกแบบ ผู้ตอบแบบสอบถามต้องจำแนกประเภทของสิ่งปลูกสร้างจากรายการ 20 ประเภท เช่น สะพาน อาคารสูง เป็นต้น โดยจำแนกสิ่งปลูกสร้างออกเป็น 2 กลุ่มคือ โครงสร้างที่ออกแบบได้ง่าย และโครงสร้างที่ออกแบบได้ยาก การรวบรวมเกณฑ์การประเมินจากผู้ตอบแบบสอบถามนั้น ผู้ที่กำหนดเกณฑ์การประเมินควรมีความเข้าใจในความหมายของดัชนีวัดผลแต่ละดัชนี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงระบุให้ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นกลุ่มเดียวกับผู้ให้สัมภาษณ์ในขั้นตอนการระบุดัชนีวัดผลด้วยเทคนิคเดลฟาย ซึ่งได้แก่ ผู้จัดการโครงการฝ่ายออกแบบทั้ง 19 ท่าน เกณฑ์การประเมินที่รวบรวมได้นั้นผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อความสะดวกในการกรอกข้อมูลลงในแผ่นงาน Microsoft Excel ผลที่ได้คือการแจกแจงความถี่ของค่าต่างๆ ในรูปของแผนภูมิแท่ง ซึ่งกราฟที่ได้นั้นจะแสดงข้อมูลที่สำคัญสองประการ คือ ขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ของการวัดด้วยดัชนีหรือลักษณะโครงการ และช่วงของค่าดัชนีและลักษณะโครงการที่ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นตรงกันมากที่สุดหรือมีความถี่ของข้อมูลซ้ำมากที่สุด ข้อมูลสองชุดนี้จะใช้ในการประมาณฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในหัวข้อถัดไป

3.9 การพัฒนาระบบประเมินผลดำเนินงานด้วยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

เนื่องจากเกณฑ์การประเมินที่ได้รวบรวมในขั้นตอนก่อนหน้านี้มีความแตกต่างกันไปตามทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละท่าน ดังนั้นเพื่อให้เกณฑ์ดังกล่าวมีมาตรฐานการประเมินเดียวกัน งานวิจัยในขั้นตอนนี้จึงทำการพัฒนาเกณฑ์การประเมินระดับผลการดำเนินงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระดับผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในรูปฟังก์ชันการเป็นสมาชิก ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์วิธีหนึ่งของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ และเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแปลงค่าข้อมูลที่มีความคลุมเครือ และขึ้นอยู่กับทัศนคติของผู้ประเมิน ให้อยู่ในมาตรฐานการวัดเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายเกณฑ์ดังกล่าวจะถูกพัฒนาด้วย MATLAB ให้อยู่ในรูปของโปรแกรมระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยขั้นตอนในการพัฒนาระบบประเมินผลมีดังนี้

3.9.1 การพัฒนาฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Fuzzy Membership Function)

จากข้อมูลการแจกแจงความถี่ของเกณฑ์ที่ผู้ตอบแบบสอบถามได้ระบุไว้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ และทำการประมาณค่าการแจกแจงดังกล่าวโดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งรูปแบบของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามารถใช้ได้หลายรูปแบบ แต่ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันรูปตัวซี (Z-shaped membership function) ฟังก์ชันไพน์ (¶-shaped membership function) และฟังก์ชันรูปตัวเอส (S-shaped membership function)

3.9.2 การรวบรวมเงื่อนไขในการประเมิน (Fuzzy Rule Base)

การประเมินผลการดำเนินงานเกี่ยวข้องกับการพิจารณาโครงการดังกล่าวด้วยเกณฑ์ประเมินต่างๆ ข้างต้นร่วมกัน ซึ่งการเชื่อมเกณฑ์ดังกล่าวเข้าด้วยกันนั้นจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขในการประเมินที่เหมาะสม โดยเงื่อนไขการประเมินเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใช้อนุมานผลลัพธ์หรือคำตอบแก่ผู้ใช้งาน โดยเงื่อนไขในการประเมินเรียกว่าเงื่อนไขฟัซซี (Fuzzy Rule Base) ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการสร้างเงื่อนไขระหว่างชุดข้อมูลที่เก็บจากเกณฑ์การวัดคุณภาพกับผลลัพธ์ของระบบ ซึ่งแต่ละเงื่อนไขกำหนดจากประสบการณ์และทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญ (Intuition) ผ่านการสัมภาษณ์ด้วยคำถามปลายปิดจำนวน 10 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้แก่ ผู้จัดการโครงการของฝ่ายก่อสร้างของบริษัทรับเหมาที่มีประสบการณ์มากกว่า 5 ปี ซึ่งเป็นผู้ที่เหมาะสมในการกำหนดเงื่อนไขฟัซซี เนื่องจากเป็นผู้ที่ใช้งานแบบรูป ประมาณการ และเอกสารที่ได้รับจากฝ่ายออกแบบในการก่อสร้าง จากนั้นผลลัพธ์ในแต่ละเงื่อนไขที่ได้จากการอนุมานจะนำมาหาค่าฐานนิยม (Mode) หรือความถี่การเกิดซ้ำมากกที่สุด ผลลัพธ์จากการอนุมานที่หาค่าฐานนิยมได้จะสรุปเป็นผลลัพธ์ของระบบฟัซซี ส่วนผลลัพธ์จากการอนุมานที่ไม่สามารถระบุฐานนิยมได้ จะต้องทำการสัมภาษณ์ในเงื่อนไขนั้นต่อไป

3.9.3 พัฒนาระบบฟัซซีด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า MATLAB Fuzzy Toolbox ซึ่งจะช่วยพัฒนากราฟความเป็นสมาชิก และเชื่อมกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ได้เข้ากับข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักและเงื่อนไขการอนุมาน (Fuzzy rule base) ซึ่งได้ศึกษาไว้ข้างต้น เพื่อให้เกิดระบบประเมินผลดำเนินงานที่สะดวกต่อการใช้งานต่อไป

3.10 การทดสอบระบบวัดผลดำเนินงาน

ทดสอบความน่าเชื่อถือ (Validation) ของระบบการวิเคราะห์ระดับคุณภาพที่ได้พัฒนาในหัวข้อก่อนหน้านี้ โดยประยุกต์ใช้ระบบฟัซซีกับกรณีศึกษา 13 กรณี ซึ่งได้แก่โครงการออกแบบของบริษัทที่ปรึกษา โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ค่าคะแนนผลการดำเนินงานในแต่ละหัวข้อที่ได้จากระบบฟัซซี และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ค่าคะแนนผลการดำเนินงานจากการประเมินของผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานออกแบบ มากกว่า 5 ปีขึ้นไปเป็นผู้ประเมิน จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Test ซึ่งเป็นวิธีทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-Parametric test) สำหรับประชากรที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการแจกแจงข้อมูลได้ เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างกลุ่มข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน รายละเอียดของการทดสอบดังกล่าวแสดงในบทที่ 2

3.11 สรุปผลการศึกษา

ทำการสรุปผลการศึกษา รวมทั้งข้อแนะนำที่ได้รับจากขั้นตอนการทดลองใช้งานละทดสอบระบบ รวมทั้งจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 4

การระบุรายการดัชนีวัดผลด้วยเทคนิคเดลฟาย

ในบทนี้แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดจากการสัมภาษณ์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานที่เหมาะสมต่อการประเมินฝ่ายออกแบบ โดยการประเมินความเหมาะสมอาศัยทัศนคติของผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบโครงสร้าง อย่างไรก็ตามดัชนีที่มีความเหมาะสมของผู้ให้สัมภาษณ์แต่ละรายย่อมมีความแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้เทคนิคเดลฟายเพื่อหาฉันทามติจากกลุ่มผู้ให้สัมภาษณ์ว่าดัชนีชี้วัดมีความเหมาะสมต่อการประเมินผลการดำเนินงานหรือไม่ ในบทนี้เริ่มต้นจากหัวข้อ 4.1 ซึ่งแสดงการอธิบายวิธีการเก็บข้อมูลและการสัมภาษณ์ในเบื้องต้น โดยผลการวิเคราะห์กระบวนการเดลฟายในแต่ละขั้นตอนอธิบายไว้ในหัวข้อ 4.2 ถึงหัวข้อ 4.4 เริ่มจากหัวข้อ 4.2 แสดงการจำแนกคุณสมบัติของผู้ให้สัมภาษณ์ จากนั้นหัวข้อ 4.3 แสดงรายการดัชนีวัดผลที่ได้รับปรับปรุงภายหลังการสัมภาษณ์ในรอบที่หนึ่ง จากนั้นในหัวข้อ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติและคะแนนความเหมาะสมของดัชนีวัดผลต่อการใช้งาน รวมทั้งสรุปข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และทำการสรุปผลในหัวข้อที่ 4.5

4.1 ลักษณะของการให้สัมภาษณ์และการเก็บข้อมูล

การสัมภาษณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุรายการของดัชนีที่เหมาะสมต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์ในช่วงเวลาระหว่างเดือนกันยายนถึงมกราคม โดยติดต่อผู้ออกแบบที่ทำงานในบริษัทที่ปรึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 19 ท่าน ผู้วิจัยได้ส่งรายละเอียดของงานวิจัยและตัวอย่างคำถามไปยังผู้สัมภาษณ์ล่วงหน้าก่อนเวลานัดหมายและใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 1-2 ชั่วโมง โดยการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียดของดัชนีวัดผลแต่ละรายการที่สรุปจากเอกสารงานวิจัยในอดีตจำนวนทั้งสิ้น 19 ดัชนี จากนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จะถูกขอให้ระบุค่าเชิงปริมาณของดัชนีดังกล่าวเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าผู้ให้สัมภาษณ์มีความเข้าใจในความหมายของดัชนีหรือไม่ ก่อนที่ผู้ให้สัมภาษณ์จะประเมินความเหมาะสมต่อการใช้งาน นอกจากนั้นผู้ให้สัมภาษณ์อธิบายเหตุผลของการให้คะแนนความเหมาะสมในแต่ละดัชนีว่าเหตุใดในดัชนีบางตัวผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงดัชนีวัดผลให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้นจนในท้ายที่สุดจึงได้รับฉันทามติในการสัมภาษณ์รอบที่สอง

4.2 การกำหนดคุณสมบัติของผู้ให้สัมภาษณ์

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการระบุรายการวัดผลการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับฝ่ายออกแบบ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับขอบเขตของงานวิจัยจึงได้กำหนดคุณสมบัติของบริษัทและผู้ให้สัมภาษณ์ในเบื้องต้น โดยการจำแนกลักษณะของบริษัทและคุณสมบัติของผู้ให้สัมภาษณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การจำแนกประเภทบริษัทที่ให้สัมภาษณ์ตามรูปแบบการให้บริการ

ขอบเขตการศึกษาของงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องต่องานออกแบบโครงสร้าง ในช่วงการเตรียมเอกสารก่อนการประมูล ดังนั้นบริษัทที่ติดต่อเข้าสัมภาษณ์จึงควรเป็นบริษัทที่ปรึกษาซึ่งรับงานออกแบบและเตรียมเอกสารการประมูลโดยเฉพาะ และบริษัทที่ปรึกษาซึ่งรับทั้งงานออกแบบและควบคุมงานการก่อสร้าง โดยการเก็บข้อมูลจะไม่สัมภาษณ์ฝ่ายออกแบบของบริษัทผู้รับเหมาเนื่องจากเกี่ยวข้องเฉพาะการแก้ไขแบบก่อนดำเนินงานก่อสร้างแต่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงเตรียมเอกสารก่อนการประมูล ซึ่งสัดส่วนของบริษัทเกี่ยวข้องได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนของบริษัทที่จำแนกตามลักษณะการให้บริการ

ประเภทบริษัท	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ออกแบบโดยเฉพาะ	4	21%
ออกแบบและควบคุมงาน	15	79%
รวม	19	100%

โดยจากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับลักษณะการให้บริการด้านการออกแบบของบริษัทที่ปรึกษาทั้ง 19 ท่าน พบว่ามีการให้บริการออกแบบในส่วนของประเภทสิ่งปลูกสร้างที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงสัดส่วนของบริษัทที่จำแนกตามลักษณะสิ่งปลูกสร้างหลักที่ให้บริการออกแบบ

ประเภทสิ่งปลูกสร้างที่บริษัทรับออกแบบเป็นหลัก	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
โรงงาน โรงไฟฟ้า โรงเก็บสินค้า	2	11%
อาคารเตี้ย บ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์	4	21%
อาคารสูง เช่น โรงแรม รีสอร์ท และห้างสรรพสินค้า	8	42%
งานทาง สะพาน ระบบสาธารณูปโภค	5	26%
รวม	19	100%

นอกจากนี้งานวิจัยมีความสนใจในการระบุรายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ เพื่อวัดผลการดำเนินงานระดับโครงการ ดังนั้นการจำแนกประเภทโครงการหลักที่แต่ละบริษัทให้บริการจึงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกในลำดับถัดไป ซึ่งประเภทของโครงการดังกล่าวสามารถจำแนกตามประเภทของเจ้าของโครงการ ได้แก่ โครงการภาครัฐ และโครงการเอกชน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงสัดส่วนของโครงการที่จำแนกตามประเภทเจ้าของโครงการ

ประเภทเจ้าของโครงการหลักที่จ้างออกแบบ	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ส่วนใหญ่เป็นโครงการภาครัฐ	11	58%
ส่วนใหญ่เป็นโครงการเอกชน	1	5%
โครงการภาครัฐและเอกชนเท่าๆ กัน	7	37%
รวม	19	100%

4.2.2 การจำแนกลักษณะผู้ให้สัมภาษณ์ตามการประสบการณ์

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดคุณสมบัติของผู้ให้สัมภาษณ์ ได้แก่ ผู้ที่มีประสบการณ์ในงานออกแบบโครงสร้างมากกว่า 5 ปีขึ้นไปและทำงานอยู่ในฝ่ายออกแบบของบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรม มีความเข้าใจในการทำงานระหว่างสมาชิกในฝ่ายออกแบบเป็นอย่างดี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่สัมภาษณ์ผู้ออกแบบที่รับงานอิสระเนื่องจากผู้ให้สัมภาษณ์ควรเข้าใจกระบวนการทำงานระหว่างฝ่ายเพื่อให้สามารถระบุดัชนีวัดผลที่มีความเหมาะสม ผู้สัมภาษณ์ที่ผ่านเกณฑ์ข้างต้นทั้ง 19 ท่าน สามารถจำแนกตามตำแหน่งงานในตารางที่ 4.4 และจำแนกตามประสบการณ์ทำงานดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของผู้ให้สัมภาษณ์ที่จำแนกตามตำแหน่งงาน

ตำแหน่ง	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ฝ่ายบริหาร	6	32%
ผู้จัดการฝ่ายออกแบบโครงสร้าง	2	10%
วิศวกรโครงสร้าง	11	58%
รวม	19	100%

ตารางที่ 4.5 แสดงสัดส่วนของผู้ให้สัมภาษณ์ที่จำแนกตามประสบการณ์

ประสบการณ์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
5 ถึง 10 ปี	11	58%
10 ถึง 20 ปี	3	16%
มากกว่า 20 ปี	5	26%
รวม	19	100%

4.3 ผลการเก็บข้อมูลรอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผล

ขั้นตอนแรกในกระบวนการเดลฟายคือการรวบรวมเอกสารและงานวิจัยในอดีต และพัฒนาแบบสอบถามปลายเปิด (Open-Ended Questionnaire) เพื่อรวบรวมประเด็นความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลที่คล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงวิธีการเก็บข้อมูลจากเดิมที่ใช้แบบสอบถาม มาเป็นการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามพร้อมเครื่องบันทึกเสียงแทน โดยแสดงตัวอย่างรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานที่ได้รวบรวมจากกงานวิจัยในอดีตสามารถแสดงในตารางที่ 2.3ในบทที่ 2 มาประกอบการสัมภาษณ์ วิธีนี้จะสามารถช่วยให้ผู้วิจัยสามารถซักถามในประเด็นเพิ่มเติม และได้คำตอบที่ตรงประเด็นและครอบคลุมยิ่งขึ้น ในหัวข้อ 4.3 จะเป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลในรอบแรก โดยหัวข้อ 4.3.1 แสดงการจัดสรรรายการดัชนีเข้ากับจุดมุ่งหมายในการวัดผลดำเนินงานด้วยแบบสอบถาม ก่อนที่จะเริ่มสัมภาษณ์ในหัวข้อที่ 4.3.2 ด้วยคำถามปลายเปิดตามกระบวนการเดลฟายรอบที่หนึ่ง ซึ่งมีเป้าหมายในการปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นให้มีความเหมาะสมก่อนที่จะดำเนินการเก็บข้อมูลในลำดับถัดไป ผลจากการสัมภาษณ์แสดงในหัวข้อย่อยดังนี้

4.3.1 การจัดสรรดัชนีให้สอดคล้องกับหัวข้อในการวัดผลดำเนินงาน

รายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นซึ่งรวบรวมจากงานวิจัยในอดีตดังแสดงในหัวข้อที่ 2.6.4 นั้น แสดงให้เห็นว่าในบางดัชนีมีงานวิจัยที่กล่าวถึงมากกว่าหนึ่งงานวิจัยซึ่งอาจระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลที่ต่างกันแม้ว่าจะเป็นดัชนีวัดผลตัวเดียวกันก็ตาม เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวัดผลและจุดมุ่งหมายหรือหัวข้อในการวัดผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงใช้แบบสอบถามปลายปิดประกอบการสัมภาษณ์กับผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ 19 ท่าน ซึ่งผลการจัดสรรสามารถสรุปในตารางที่ 4.6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 การระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนีวัดผล

อันดับ	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	จำแนกตามหัวข้อการจัดการในโครงการหรือองค์กร					
		ด้านต้นทุน	ด้านเวลา	ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ	การประสานงานและการตอบสนอง	ความสัมพันธ์ระหว่างฝ่าย	ผลิตภาพ
1	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของแรงงาน (man-hours)	19	-	-	-	-	-
2	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนจากงบประมาณ	19	-	-	-	-	-
3	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change)	19	-	-	-	-	-
4	เปอร์เซ็นต์ต้นทุนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change)	19	-	-	-	-	-
5	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบ (Design rework)	19	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.6 การระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนีวัดผล (ต่อ)

อันดับ	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	จำแนกตามหัวข้อการจัดการในโครงการหรือองค์กร					
		ด้านต้นทุน	ด้านเวลา	ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ	การประสานงานและการตอบสนอง	ความสัมพันธ์ระหว่างฝ่าย	ผลิตภาพ
6	สัดส่วนระหว่างต้นทุนงานก่อสร้างและออกแบบ	19	-	-	-	-	-
7	สัดส่วนกำไรของโครงการ หรือเปอร์เซ็นต์ค่าจ้างต่อต้นทุน	19	-	-	-	-	-
8	การแปรผันของเวลาจากที่กำหนดในแผนงาน	-	19	-	-	-	-
9	ปริมาณเอกสารที่ส่งล่าช้ากว่ากำหนด	-	19	-	-	-	-
10	ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา	13	6	-	-	-	-
11	ความล่าช้าของวันเริ่มก่อสร้าง (Start-up) เนื่องจากแบบผิดพลาด	-	-	19	-	-	-
12	จำนวนครั้งของการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้าง	-	-	19	-	-	-
13	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ	-	-	19	-	-	-

ตารางที่ 4.6 การระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนีวัดผล (ต่อ)

อันดับ	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	จำแนกตามหัวข้อการจัดการในโครงการหรือองค์กร					
		ด้านต้นทุน	ด้านเวลา	ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ	การประสานงานและการตอบสนอง	ความสัมพันธ์ระหว่างฝ่าย	ผลิตภาพ
14	จำนวนครั้งของรายงานความไม่สอดคล้อง (Non-conformance report)	-	-	19	-	-	-
15	จำนวนครั้งของการแก้ไขแบบระหว่างการก่อสร้าง	-	-	19	-	-	-
16	ความล่าช้าของแผนงานก่อสร้างเนื่องจากแบบผิดพลาด	-	-	19	-	-	-
17	จำนวนเอกสารคำร้องเกี่ยวกับแบบ (RFI)	-	-	19	-	-	-
18	จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาให้การก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากแบบ	-	-	19	-	-	-
19	จำนวนข้อพิพาทและการฟ้องร้องดำเนินคดี	-	-	11	-	8	-
20	จำนวนครั้งที่แผนงานมีการซ้ำซ้อน	-	-	19	-	-	-
21	จำนวนครั้งที่เจ้าของโครงการขออ้างสิทธิ์ (Claim) ในผลงานที่ดำเนินการแล้ว	-	-	19	-	-	-
22	ปริมาณแรงงาน (Man-hours) ที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น	-	-	-	-	-	19

ตารางที่ 4.6 การระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนีวัดผล (ต่อ)

อันดับ	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	จำแนกตามหัวข้อการจัดการในโครงการหรือองค์กร					
		ด้านต้นทุน	ด้านเวลา	ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ	การประสานงานและการตอบสนอง	ความสัมพันธ์ระหว่างฝ่าย	ผลิตภาพ
23	ปริมาณผลกำไรต่อปริมาณแรงงานที่ใช้ (man-hours)	-	-	-	-	-	19
24	จำนวนวันใช้ก่อนตอบสนองต่อคำแนะนำหรือร้องเรียนจากฝ่ายต่างๆ	-	-	-	19	-	-

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการจัดสรรดัชนีวัดผลตามความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับจำนวนครั้งที่งานวิจัยในอดีตได้อ้างอิง และหัวข้อหรือจุดประสงค์ในการพัฒนาดัชนีวัดผลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุได้แก่ การวัดผลด้านต้นทุน การวัดผลด้านเวลา การวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ การวัดผลด้านการการประสานงานและการตอบสนองฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และการวัดผลผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ อย่างไรก็ตามดัชนีที่สามารถใช้วัดการดำเนินงานที่สอดคล้องตามหัวข้อข้างต้นจำเป็นต้องปรับปรุงรายการดัชนีดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับฝ่ายออกแบบของบริษัทที่ปรึกษา ซึ่งการปรับปรุงแสดงในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

4.3.2 การสัมภาษณ์ด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผล

จากหัวข้อก่อนหน้านี้เป็นการระบุจุดมุ่งหมายหรือหัวข้อในการวัดผลดำเนินงานของแต่ละดัชนี อย่างไรก็ตามรายการวัดผลในเบื้องต้นควรมีการปรับปรุงให้เกิดความครอบคลุมยิ่งขึ้น และกำหนดความหมายให้ชัดเจนเพียงพอสำหรับการเก็บข้อมูลในกระบวนการรอบต่อไป ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการแสดงผลการปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบด้วยคำถามปลายเปิดตามกระบวนการเดลฟายในรอบแรก โดยในขั้นตอนนี้จะพยายามไม่ตัดทอนดัชนีใดๆ ออกจากรายการ แต่จะเป็นการเพิ่มเติมดัชนีจากรายการเดิมตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์ นอกจากนี้หากดัชนีใดที่มีความหมายซ้ำซ้อนกันและมี

จุดมุ่งหมายในการวัดผลเดียวกันตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์อาจรวมดัชนีดังกล่าวให้เป็นดัชนีเดียวกัน ผลจากการปรับปรุงรายการดัชนีในเบื้องต้นแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านต้นทุน	C1	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของแรงงาน (man-hour)	$\left\{\frac{\text{แรงงานใช้จริง} - \text{แรงงานในแผนงานหลัก}}{\text{แรงงานในแผนงานหลัก}}\right\} \times 100$	(1) แนะนำให้รวมดัชนี C1 และ C2 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (2) แนะนำให้เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น man-months (4) แนะนำให้รวมดัชนี C1 และ C8 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านต้นทุน	C2	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนจากงบประมาณ	$\left\{\frac{\text{ต้นทุนแท้จริง} - \text{งบประมาณของโครงการ}}{\text{งบประมาณของโครงการ}}\right\} \times 100$	
ด้านต้นทุน	C3	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change)	$\left\{\frac{\text{แรงงานเปลี่ยนแปลงแบบ}}{\text{แรงงานใช้จริง}}\right\} \times 100$	(3) แนะนำให้รวมดัชนี C3 และ C4 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (2) แนะนำให้เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น man-months (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านต้นทุน	C4	เปอร์เซ็นต์ต้นทุนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบ	$\left\{\frac{\text{ต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงแบบ}}{\text{ต้นทุนแท้จริงทั้งหมด}}\right\} \times 100$	
ด้านต้นทุน	C5	เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบ (Design rework)	$\left\{\frac{\sum(\text{แรงงานที่ใช้แก้ไขในการส่งงานแต่ละงวด})}{\text{ปริมาณแรงงานออกแบบในโครงการ}}\right\} \times 100$	(2) แนะนำให้เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น man-months

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านต้นทุน	C6	สัดส่วนระหว่างต้นทุนงานก่อสร้างและออกแบบ(ของสัญญาที่ปรึกษา ออกแบบ-ควบคุมงาน)	$\left\{\frac{\text{ต้นทุนของงานออกแบบ}}{\text{ต้นทุนการควบคุมงานก่อสร้าง}}\right\}$ X 100	
ด้านต้นทุน	C7	สัดส่วนกำไรของโครงการ หรือเปอร์เซ็นต์ค่าจ้างต่อต้นทุน	$\left\{\frac{\text{ค่าจ้างของสัญญาโครงการออกแบบ}}{\text{ต้นทุนแท้จริง เช่น ค่าแรง ค่าวัสดุ}}\right\}$ X 100	(13) แนะนำให้ตัดทอนดัชนี C7เนื่องจากความไม่เหมาะสมต่อการเก็บข้อมูล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านต้นทุน	C8	ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา	Σ (จำนวนชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาในโครงการ)	(4) แนะนำให้รวมดัชนี C1 และ C8 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านเวลา	T1	การแปรผันของเวลาจากที่กำหนดในแผนงาน	$\left\{\frac{\text{ระยะเวลาออกแบบจริง} - \text{ระยะเวลาตามสัญญา}}{\text{ระยะเวลาตามสัญญา}}\right\}$ X 100	

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านเวลา	T2	ปริมาณเอกสารที่ส่งล่าช้ากว่ากำหนด	$\left\{\frac{\text{ปริมาณงาน*ที่ส่งหลังวันที่สัญญากำหนด}}{\text{ปริมาณงานทั้งหมด*}}\right\}$ X 100	
ด้านคุณภาพ	Q1	ความล่าช้าของวันเริ่มก่อสร้าง (Start-up) เนื่องจากแบบผิดพลาด	{วันเริ่มก่อสร้างที่แท้จริง – วันเริ่มก่อสร้างที่กำหนด}	(5) แนะนำให้รวมดัชนี Q1 และ Q6 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q2	จำนวนครั้งของการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้าง	จำนวนครั้งการอนุมัติให้เปลี่ยนแปลงแบบระหว่างก่อสร้าง	(8) แนะนำให้รวมดัชนี Q2 และ Q11 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q3	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ	$\left\{\frac{\text{มูลค่าของงานก่อสร้างจากแบบเปลี่ยนแปลง}}{\text{มูลค่างานก่อสร้างจริง}}\right\}$X 100	
ด้านคุณภาพ	Q4	จำนวนครั้งของรายงานความไม่สอดคล้อง (Non-conformance report: NCR)	จำนวนครั้งที่มีการส่งรายงานความไม่สอดคล้องจากฝ่ายประเมินผล	(6) แนะนำตัดทอนดัชนีนี้ออก เนื่องจากรายงานดังกล่าวไม่ได้มีโดยทั่วไปทุกองค์กร (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านคุณภาพ	Q5	จำนวนครั้งของการแก้ไขแบบระหว่างการก่อสร้าง	$\left\{ \frac{\text{ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบระหว่างก่อสร้าง}}{\text{ปริมาณแรงงานออกแบบทั้งหมด}} \right\} X\ 100$	(7) แนะนำให้แก้ไขหน่วยการวัดของดัชนี Q5 จากการวัดด้วยจำนวนครั้ง เป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแรงงาน (2) แนะนำให้เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น man-months (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q6	ความล่าช้าของแผนงานก่อสร้างเนื่องจากแบบผิดพลาด	$\left\{ \frac{\text{ผลรวมของระยะเวลาล่าช้าจากแบบผิดพลาด}}{\text{ระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญา}} \right\} X\ 100$	(5) แนะนำให้รวมดัชนี Q1 และ Q6 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q7	จำนวนเอกสารคำร้องเกี่ยวกับแบบ (RFI)	จำนวนเอกสารคำร้องจากฝ่ายก่อสร้างที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบ	
ด้านคุณภาพ	Q8	จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาเนื่องจากแบบ	จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาข้อขัดแย้งที่เกี่ยวกับแบบ	(9) แนะนำให้รวมดัชนี Q8 Q9 และ Q10 เข้าด้วยกันเนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านคุณภาพ	Q9	จำนวนข้อพิพาทและการฟ้องร้องดำเนินคดี	จำนวนข้อพิพาทและการฟ้องร้องดำเนินคดีของโครงการ	(9) แนะนำให้รวมดัชนี Q8 Q9 และ Q10 เข้าด้วยกันเนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q10	จำนวนครั้งที่แผนงานก่อสร้างมีการหยุดชะงักเนื่องจากแบบ	จำนวนครั้งที่แผนงานก่อสร้างมีการหยุดชะงักเนื่องจากแบบผิดพลาดและจำเป็นต้องแก้ไขก่อนจึงจะดำเนินงานก่อสร้างในส่วนนั้นต่อไปได้	
ด้านคุณภาพ	Q11	จำนวนครั้งที่เจ้าของโครงการขออ้างสิทธิ์ (Claim)	จำนวนครั้งที่ไม่สามมารถขอชดเชยงานออกแบบบางส่วนที่ทำในโครงการได้	(8) แนะนำให้รวมดัชนี Q2 และ Q11 เข้าด้วยกันเนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านคุณภาพ	Q12	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing)	$\left\lvert \frac{\text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบสนาม} - \text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบของผู้ออกแบบ}}{\text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบของผู้ออกแบบ}} \right\rvert \times 100$	(11) แนะนำให้เพิ่มดัชนี Q12 เพื่อวัดผลในด้านคุณภาพของอเกสารงานออกแบบ (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการสัมภาษณ์รอบแรกเพื่อปรับปรุงรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้น (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลดำเนินงาน	สัญลักษณ์แทน	ดัชนีวัดผลในเบื้องต้น	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด	การปรับดัชนีตามความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์
ด้านผลิตภาพ	E1	ปริมาณแรงงาน (Man-hours) ที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น	{(จำนวนผู้จัดเตรียมเอกสารออกแบบ) X (ระยะเวลาออกแบบจริงหน่วยเป็นเดือน)}	(2) แนะนำให้เปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น man-months (10) แนะนำให้รวมดัชนี E1 และ E2 เข้าด้วยกัน เนื่องจากมีความซ้ำซ้อนในการวัดผล (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*
ด้านผลิตภาพ	E2	ปริมาณผลกำไรต่อปริมาณแรงงานที่ใช้ (man-hours)	{(ค่าจ้างออกแบบ – ต้นทุนออกแบบจริง) / (จำนวนผู้จัดเตรียมเอกสารออกแบบ) X (ระยะเวลาออกแบบจริงหน่วยเป็นเดือน)}	
การประสานงานและการตอบสนอง	R1	จำนวนวันใช้ก่อนตอบสนองต่อคำแนะนำหรือร้องเรียนจากฝ่ายต่างๆ	{วันที่สามารถตอบสนอง – วันที่ได้รับการติดต่อ}	
การประสานงานและการตอบสนอง	R2	จำนวนวันที่ใช้แก้ไขงานออกแบบที่ผิดพลาดซึ่งพบระหว่างการก่อสร้าง	{วันที่แบบแก้ไขเสร็จสิ้น– วันที่แบบถูกส่งมาแก้ไข}	(12) แนะนำให้เพิ่มดัชนี R2 เพื่อวัดผลในด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (ดูรายละเอียดในย่อหน้าถัดจากตาราง)*

จากตารางที่ 4.7 สามารถแสดงรายละเอียดของการปรับปรุงได้ 13 ข้อดังต่อไปนี้

(1) *แนะนำให้รวมดัชนี C2: เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงต้นทุนโดยรวมของฝ่ายออกแบบจากงบประมาณที่กำหนดเบื้องต้นในโครงการเข้ากับดัชนี C1: การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานจากที่แผนงานกำหนด*

โดยผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ [STD01-STD12] ให้เหตุผลว่าการแปรผันของต้นทุนในบริษัทจะเกิดขึ้นจาก 2 ส่วน คือจากแรงงาน และค่าดำเนินการอื่นๆ เช่น ค่าวัสดุ ค่าเอกสาร ค่าติดต่อประสานงาน เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะดัชนีที่ใช้ประเมินฝ่ายออกแบบโดยไม่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง ดังนั้นดัชนี C1 และC2 จะซ้ำซ้อนกัน เนื่องจากการแปรผันของต้นทุนในฝ่ายออกแบบก็คือการแปรผันของค่าแรงของผู้ออกแบบนั่นเอง ซึ่งต้นทุนเนื่องจากการดำเนินงาน เช่น ค่าวัสดุ ค่าเอกสาร จะมีสัดส่วนที่น้อยกว่ามากและเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุให้วัดด้วยปริมาณแรงงานของดัชนี C1 มากกว่าการวัดที่ต้นทุนโดยรวมตามทระบุในดัชนี C2 เนื่องจากการวัดผลสามารถทำได้ง่ายกว่า และฝ่ายออกแบบมีความคุ้นเคยต่อการวัดด้วยปริมาณแรงงาน

(2) *แนะนำให้แก้ไขหน่วยของดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณแรงงาน*

ผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำให้เปลี่ยนแปลงหน่วยการวัดของดัชนีจากหน่วย แรงงาน-ชั่วโมง (Man-hours) เป็นหน่วย แรงงาน-เดือน (Man-months) เนื่องจากการประเมินปริมาณแรงงานในขั้นตอนการวางแผนงานจะสัมพันธ์กับการคิดค่าแรง โดยฝ่ายออกแบบมีการจ่ายเงินรายเดือนซึ่งต่างจากงานก่อสร้างที่คำนวณค่าแรงของคนงานเป็นรายชั่วโมง ดังนั้นผู้ออกแบบจะคุ้นเคยกับหน่วยแรงงาน-เดือน จึงมีความสะดวกในการประมาณค่ามากกว่า ผลจากการสัมภาษณ์สามารถสรุปรายการดัชนีที่ต้องปรับปรุงได้แก่ ดัชนี C1: เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานจากแผนงาน C3: เปอร์เซ็นต์แรงงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงแบบ C5: เปอร์เซ็นต์แรงงานที่ใช้แก้ไขแบบที่ผิดพลาด Q5: ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบระหว่างการก่อสร้าง E1: ปริมาณแรงงานที่ใช้จัดทำแบบก่อสร้าง ข้อกำหนดเอกสารประมูลและบัญชีแสดงปริมาณและราคาวัสดุก่อสร้าง

(3) *แนะนำให้รวมดัชนี C4: เปอร์เซ็นต์ต้นทุนแปรผันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบต่อต้นทุนทั้งหมด เข้ากับดัชนี C3: เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการเปลี่ยนแปลงงาน*

ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ [STD01-STD12] ระบุว่าดัชนี C4 ซึ่งระบุว่ามีความซ้ำซ้อนกับดัชนี C3 ด้วยเหตุผลเดียวกับข้อแรก คือการแปรผันของต้นทุนในฝ่ายออกแบบก็คือการแปรผันของค่าแรงของผู้ออกแบบ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ระบุให้ใช้การวัดด้วยปริมาณแรงงานตามวิธีการวัดของดัชนี C3 มากกว่าการวัดที่ต้นทุนโดยรวมตามวิธีการวัดของดัชนี C4 ซึ่งปริมาณแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบย่อมส่งผลต่อต้นทุนของฝ่ายออกแบบที่เพิ่มสูงขึ้น

(4) *แนะนำให้รวมดัชนี C8: ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา เข้ากับดัชนี C1: การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานจากที่แผนงานกำหนด*

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน [STD01-STD19] ระบุว่าดัชนี C8 และดัชนี C1 มีความซ้ำซ้อนกัน โดยให้เหตุผลว่าดัชนี C8 เป็นเพียงส่วนหนึ่งในดัชนี C1 โดยดัชนี C1 วัดการแปรผันของแรงงานทั้งหมด ซึ่งในการแปรผันดังกล่าวส่วนหนึ่งอยู่ในรูประยะเวลาของงานออกแบบที่เพิ่มขึ้นจากแผนการเดิม และการแปรผันอีกส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูประยะเวลาการทำงานล่วงเวลา โดยหากฝ่ายออกแบบไม่สามารถควบคุมการออกแบบให้อยู่ในแผนการได้หรือฝ่ายออกแบบเห็นว่าไม่สามารถดำเนินงานได้ทันตามกำหนด ฝ่ายออกแบบจำเป็นต้องเพิ่มการทำงานล่วงเวลาเพื่อให้แบบเสร็จทันกำหนด ดังนั้นความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการวัดด้วยดัชนี C1 เพียงดัชนีเดียวมีความครอบคลุมโดยไม่จำเป็นต้องแยกดัชนี C8 ออกมาเป็นอีกดัชนีหนึ่ง

(5) *แนะนำให้รวมดัชนี Q1: ความล่าช้าของวันเริ่มก่อสร้าง (Start-up) เนื่องจากแบบผิดพลาดเข้ากับดัชนี Q6: ความล่าช้าของแผนงานก่อสร้างเนื่องจากแบบผิดพลาด*

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน [STD01-STD19] ระบุว่าดัชนี Q1 และดัชนี Q6 วัดความล่าช้าในช่วงของงานก่อสร้างเนื่องจากแบบเช่นเดียวกันเนื่องจากการล่าช้าของวันเริ่มโครงการก็ส่งผลต่อความล่าช้าของโครงการเช่นกัน อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าความยาวนานของช่วงเวลาหลังจากงานออกแบบเสร็จสิ้นจนกระทั่งเริ่มการก่อสร้างขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของเจ้าของโครงการ เช่น เจ้าของโครงการอาจต้องการให้ชะลอเพื่อระดม

ทุน หรือเพื่อศึกษาความเหมาะสมเพิ่มเติม เป็นต้น ดังนั้นการวัดความล่าช้าจากวันเริ่มโครงการนั้นไม่เหมาะสมและควรวัดที่ความล่าช้าของโครงการก่อสร้างโดยรวมเนื่องจากแบบตามวิธีที่ ดัชนี Q6 กำหนดมากกว่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงรวมดัชนี Q1 และดัชนี Q6 เข้าด้วยกัน

(6) *แนะนำให้ตัดทอนดัชนี Q4: จำนวนครั้งของรายงานความไม่สอดคล้อง (Non-conformance report: NCR)*

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน [STD01-STD19] ระบุว่ารายงานความไม่เหมาะสมเป็นรายงานตามระบบควบคุมคุณภาพ (Quality Audits) เพื่อใช้การตรวจสอบองค์กรว่าสามารถดำเนินการตามกระบวนการทำงานที่กำหนดได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามรายงานความไม่สอดคล้องไม่ได้ถูกใช้ในทุกองค์กร แต่จะดำเนินงานในองค์กรที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีระบบบริหารคุณภาพ หรือต้องการขอรับรองมาตรฐานคุณภาพ ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จึงเห็นว่าดัชนี Q4 ที่กำหนดให้ใช้รายงานความไม่เหมาะสมมาวัดผลการดำเนินงานสำหรับฝ่ายออกแบบไม่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกองค์กร

(7) *แนะนำให้แก้ไขหน่วยของดัชนี Q5: ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้าง*

โดยดัชนีดังกล่าวมีหน่วยการวัดเป็นจำนวนครั้งของการแก้ไขแบบ ซึ่งหลังจากที่ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่ [STD01-STD05, STD06, STD10-STD14, STD19] ระบุว่า งานที่ถูกส่งกลับมาแก้ไขในระหว่างการก่อสร้างในแต่ละโครงการมีปริมาณที่แตกต่างกัน การวัดเป็นจำนวนครั้งอาจไม่สามารถสะท้อนปริมาณงานที่ต้องแก้ไขได้ ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้ระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบเทียบกับแรงงานที่ใช้ในการออกแบบทั้งหมดแทน ดังนั้นดัชนี Q4 จึงเปลี่ยนหน่วยการวัดจากจำนวนครั้งมาเป็นเปอร์เซ็นต์

(8) *แนะนำให้รวมดัชนี Q11: จำนวนครั้งที่เจ้าของโครงการขออ้างสิทธิ์ (Claim) เข้ากับดัชนี Q2: จำนวนครั้งของการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้าง*

ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD05-STD11, STD013] ระบุว่าดัชนี Q2 และดัชนี Q11 มีความซ้ำซ้อนกัน โดยการวัดผลจากจำนวนครั้งที่ฝ่ายออกแบบไม่สามารถขอชดเชยค่าใช้จ่ายได้(ดัชนี Q11) เป็นส่วนหนึ่งของการวัดด้วยจำนวนการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ(ดัชนี Q2) โดยผู้ให้สัมภาษณ์อธิบายว่าการที่ต้นทุนของฝ่ายออกแบบเพิ่มขึ้นเนื่องจากเจ้าของโครงการมีสองกรณี คือกรณีที่เจ้าของโครงการขอให้เปลี่ยนแปลงแบบและกรณีที่เจ้าของโครงการให้งานเพิ่มเติม ซึ่งบางครั้งฝ่ายออกแบบไม่สามารถขอชดเชยค่าใช้จ่ายจากทั้งสองกรณีดังกล่าวได้ ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้รวมดัชนีดังกล่าวและนิยามความหมายของดัชนีใหม่ให้ชัดเจน โดยกำหนดให้วัดการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากแบบที่ไม่เหมาะสมซึ่งเป็นผลจากการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ และไม่วัดกรณีงานเพิ่มเติมเนื่องจากมีสาเหตุมาจากเจ้าของโครงการ นอกจากนี้การวัดการเปลี่ยนแปลงงานดังกล่าวต้องไม่สามารถขอชดเชยค่าใช้จ่ายได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานที่ขอชดเชยได้ส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนความต้องการของเจ้าของ แต่การเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถขอค่าชดเชยได้มักเกิดจากแบบที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้ดีกว่า

(9) *แนะนำให้รวมดัชนี Q8: จำนวนครั้งที่เกิดปัญหาเนื่องจากแบบ ดัชนี Q9: จำนวนข้อพิพาทและการฟ้องร้องดำเนินคดี และดัชนี Q10: จำนวนครั้งที่แผนงานก่อสร้างมีการหยุดชะงักเนื่องจากแบบ เข้าด้วยกัน*

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน [STD01-STD19] ระบุว่าดัชนี Q8 ดัชนี Q9 และดัชนี Q10 มีความซ้ำซ้อนกันเนื่องจากดัชนีทั้งสามต่างก็วัดจำนวนครั้งการเกิดปัญหาเนื่องจากแบบระหว่างการก่อสร้าง อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าปัญหาเนื่องจากแบบมักเกิดขึ้นเสมอ แต่เป็นปัญหาที่ไม่รุนแรงและสามารถแก้ไขได้โดยวิศวกรผู้ควบคุมงาน นอกจากนี้การระบุดัชนีวัดผลควรวัดปัญหาที่มีความสำคัญที่กระทบงานก่อสร้าง ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าความหมายดัชนี Q10 มีความครอบคลุมมากพอ และแนะนำให้รวมดัชนีข้างต้นไว้ในดัชนี Q10 โดยให้นิยามความหมายว่าเป็นการวัดจำนวนครั้งที่แผนงานก่อสร้างมีการหยุดชะงักเนื่องจากแบบ ซึ่งรวมถึงการเกิดข้อพิพาท หรือการฟ้องร้องที่อาจส่งผลให้งาน

ดังกล่าวหยุดชะงักเช่นกัน แต่ไม่พิจารณาปัญหาเนื่องจากแบบที่ฝ่ายควบคุมงานสามารถแก้ไขได้เองซึ่งไม่กระทบต่อแผนงานก่อสร้าง

(10) *แนะนำให้รวมดัชนี E1: ปริมาณแรงงาน (Man-hours) ที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้นเข้า กับดัชนี E2: ปริมาณผลกำไรต่อปริมาณแรงงานที่ใช้ (Man-hours)*

ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นว่าการวัดผลด้วยดัชนี E2 จำเป็นต้องคำนวณดัชนี E1 . ให้ได้ก่อน ดังนั้นดัชนีทั้งสองจึงมีความซ้ำซ้อนกันในการวัดผล ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าดัชนี E2 สามารถระบุได้ว่าฝ่ายออกแบบได้ใช้เวลาและแรงงานในการออกแบบคุ้มค่ากับผลกำไรที่ได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์เกรงว่าอาจมีความยากลำบากในการเก็บข้อมูล เนื่องจากการระบุผลกำไรมักเป็นความลับของบริษัท อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ให้ความเห็นว่าการใช้ดัชนี E1 ก็เพียงพอต่อการวัดปริมาณแรงงานและเวลาที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์เห็นว่าการนำกำไรเข้ามาคำนวณเพิ่มจากปริมาณแรงงานและระยะเวลาอาจไม่จำเป็นหากดัชนีดังกล่าวต้องการวัดเพียงการดำเนินงานในด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ

(11) *แนะนำให้เพิ่มเติมดัชนีวัดผล Q12: เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing)*

การสัมภาษณ์เพื่อขอคำแนะนำในการเสนอรายการดัชนีวัดผลเพิ่มเติมจากรายการที่รวบรวมในเบื้องต้นผู้ให้สัมภาษณ์บางท่าน [STD01, STD05-STD06, STD11-13] ระบุว่าการวัดผลดำเนินงานในด้านคุณภาพของผลงาน ควรพิจารณาในเรื่องการก่อสร้างได้จริงตามแบบ (Constructability) แต่ไม่ได้มีการระบุดัชนีสำหรับวัดผลอย่างเฉพาะเจาะจง ยกเว้นผู้ให้สัมภาษณ์ [STD05] ได้ระบุให้วัดปริมาณงานที่แตกต่างกันระหว่างแบบก่อสร้างที่เตรียมโดยฝ่ายออกแบบ และแบบสนามที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง และผู้ให้สัมภาษณ์ [STD06] แนะนำเพิ่มเติมให้วัดปริมาณงานดังกล่าวโดยการถอดเปริมาณงานจากแบบให้เป็นต้นทุนวัสดุก่อสร้างของงานดังกล่าว

(12) *แนะนำให้เพิ่มดัชนี R2: จำนวนวันที่ใช้แก้ไขงานออกแบบที่ผิดพลาดซึ่งพบระหว่างการก่อสร้างลงในรายการดัชนีวัดผล*

ผู้ให้สัมภาษณ์[STD01, STD03, STD05-STD09] ระบุว่าการวัดผลการดำเนินงานในด้านการประสานงานและการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายต่างๆ จำเป็นต้องพิจารณาทั้งในช่วงระหว่างการดำเนินงานออกแบบและภายหลังการส่งผลงานออกแบบ ซึ่งผู้ออกแบบยังต้องคงความรับผิดชอบในผลงานของตนจนสิ้นสุดโครงการ โดยดัชนี R1 ได้ระบุให้วัดการตอบสนองต่อคำร้องในช่วงระหว่างการดำเนินงานออกแบบไว้แล้ว แต่ยังขาดดัชนีที่วัดการประสานงานและการตอบสนองต่อคำร้องในช่วงที่ผลงานออกแบบเสร็จสิ้น ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ [STD19] เสนอดัชนี R2 เพิ่มเติมเพื่อวัดผลการดำเนินงานในด้านการประสานงานและการตอบสนองในช่วงภายหลังการส่งผลงานออกแบบ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวอาจพบว่ามีแบบที่ผิดพลาด หรือคลุมเครือและต้องส่งกลับมาให้ฝ่ายออกแบบได้แก้ไข

(13) *แนะนำให้ตัดทอนดัชนี C7: สัดส่วนกำไรของโครงการ หรือเปอร์เซ็นต์ค่าจ้างต่อต้นทุน*

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน [STD01-STD19] มีความเห็นตรงกันว่าการวัดผลการดำเนินงานด้วยการวัดผลกำไร หรือค่าจ้างออกแบบนั้นไม่เหมาะสม เนื่องจากแต่ละโครงการมีหลักในการคำนวณค่าจ้างที่ต่างกัน สำหรับสัดส่วนกำไรของโครงการขนาดเล็กอาจมีค่าจ้างออกแบบที่สูงกว่าสัดส่วนกำไรของโครงการขนาดใหญ่ก็ได้ นอกจากนี้ในบางโครงการบริษัทอาจรับงานที่มีผลกำไรน้อยเพื่อชื่อเสียงของบริษัท ดังนั้นการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ดีไม่ได้ส่งผลให้ผลกำไรเพิ่มขึ้นได้โดยตรงแต่ยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ นอกจากนี้ผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำว่าการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกำไรหรือค่าจ้างออกแบบอาจทำได้ยาก เนื่องจากมักเป็นความลับของบริษัท

ในการวัดผลสำหรับฝ่ายออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าควรวัดผลให้มีความครอบคลุมทั้งด้านการควบคุมต้นทุน แผนงาน คุณภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องต่อการจัดการโครงการ นอกจากนี้ยังควรพิจารณาในด้านการให้บริการ เนื่องจากมีความสำคัญต่อความพึงพอใจของลูกค้า สำหรับการวัดผลดำเนินงานที่เหมาะสมควรพิจารณาระดับของการประเมิน เช่น ในการประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมของบริษัทที่อาจใช้การประเมินเป็นรายปี โดยวิธีการวัดดังกล่าวสามารถสะท้อนแนวโน้มการพัฒนาขององค์กรซึ่งเกี่ยวข้องต่อการกำหนดนโยบายการพัฒนาในแต่ละปีได้

แต่หากต้องการประเมินในระดับฝ่ายย่อยๆ การประเมินรายปีอาจไม่เหมาะสมเนื่องจากในแต่ละปีมีจำนวนโครงการที่รับผิดชอบไม่เท่ากัน ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้ประเมินเป็นรายโครงการ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เสนอดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยประเมินในระดับโครงการ และผลจากการสัมภาษณ์รอบแรกส่งผลให้รายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นได้รับการปรับปรุง และเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงผู้วิจัยได้เปลี่ยนสัญลักษณ์ของดัชนีจากเดิมได้แก่ C1-R2 ให้เป็น Cp1 – Rp2 ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปผลรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้รับการปรับปรุงใหม่

หัวข้อการวัดผล	สัญลักษณ์	ดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด
ด้านต้นทุน	Cp1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ	$\left\{\frac{\text{แรงงานใช้จริง} - \text{แรงงานในแผนงานหลัก}}{\text{แรงงานในแผนงานหลัก}}\right\} \text{X } 100$
ด้านต้นทุน	Cp2	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (change orders) ต่อปริมาณแรงงาน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	$\left\{\frac{\text{แรงงานเปลี่ยนแปลงแบบ}}{\text{แรงงานใช้จริง}}\right\} \text{X } 100$
ด้านต้นทุน	Cp3	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	$\left\{\frac{\sum(\text{แรงงานที่ใช้แก้ไขในการส่งงานแต่ละงวด})}{\text{ปริมาณแรงงานออกแบบในโครงการ}}\right\} \text{X } 100$
ด้านต้นทุน	Cp4	สัดส่วนระหว่างต้นทุนงานก่อสร้างและออกแบบ(ของสัญญาที่ปรึกษาออกแบบ-ควบคุมงาน)	$\left\{\frac{\text{ต้นทุนของงานออกแบบ}}{\text{ต้นทุนการควบคุมงานก่อสร้าง}}\right\} \text{X } 100$

ตารางที่ 4.8 สรุปผลรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ (ต่อ)

หัวข้อการวัดผล	สัญลักษณ์	ดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด
ด้านเวลา	Tp1	เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ	$\left\{\frac{\text{ระยะเวลาออกแบบจริง} - \text{ระยะเวลาตามสัญญา}}{\text{ระยะเวลาตามสัญญา}}\right\} \times 100$
ด้านเวลา	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนดต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ	$\left\{\frac{\text{ปริมาณงาน*ที่ส่งหลังวันที่สัญญากำหนด}}{\text{ปริมาณงานทั้งหมด*}}\right\} \times 100$
ด้านคุณภาพ	Qp1	จำนวนการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (Design change) ในช่วงระหว่างการก่อสร้างของโครงการ ต่องานออกแบบทั้งหมด	จำนวนครั้งการอนุมัติให้เปลี่ยนแปลงแบบระหว่างก่อสร้าง และไม่สามมารถขอชดเชยได้
ด้านคุณภาพ	Qp2	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing)	$\left\lvert\frac{\text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบสนาม} - \text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบของผู้ออกแบบ}}{\text{ปริมาณงานที่ถอดจากแบบของผู้ออกแบบ}}\right\rvert \times 100$
ด้านคุณภาพ	Qp3	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ	$\left\{\frac{\text{มูลค่าของงานก่อสร้างจากแบบเปลี่ยนแปลง}}{\text{มูลค่างานก่อสร้างจริง}}\right\} \times 100$
ด้านคุณภาพ	Qp4	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ	$\left\{\frac{\text{ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขแบบระหว่างก่อสร้าง}}{\text{ปริมาณแรงงานออกแบบก่อนส่งผลงาน}}\right\} \times 100$

ตารางที่ 4.8 สรุปผลรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ (ต่อ)

หัวข้อการวัดผล	สัญลักษณ์	ดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ	แนวทางการประเมินของดัชนีชี้วัด
ด้านคุณภาพ	Qp5	ระยะเวลาล่าช้าของแผนงานก่อสร้างในโครงการ เนื่องจากความผิดพลาดของงานออกแบบ (Design deficiency)	$\left\{ \frac{\text{ผลรวมของระยะเวลาล่าช้าจากแบบผิดพลาด}}{\text{ระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญา}} \right\} X\ 100$
ด้านคุณภาพ	Qp6	จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์ (Incomplete)	จำนวนเอกสารคำร้องจากฝ่ายก่อสร้างที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบ
ด้านคุณภาพ	Qp7	จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ	จำนวนครั้งที่แผนงานก่อสร้างมีการหยุดชะงักเนื่องจากแบบผิดพลาดและจำเป็นต้องแก้ไขก่อนจึงจะดำเนินงานก่อสร้างในส่วนนั้นต่อไปได้
ด้านผลิตภาพ	Ep	ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ	$\left\{ (\text{จำนวนผู้จัดเตรียมเอกสารออกแบบ}) \times (\text{ระยะเวลาออกแบบจริง หน่วยเป็นเดือน}) \right\}$
การประสานงานและการตอบสนอง	Rp1	จำนวนวันใช้ก่อนตอบสนอง เช่น ตอบคำถาม การขอข้อมูลโครงการ การปฏิบัติตามคำแนะนำหรือร้องเรียนจากฝ่ายต่างๆ	$\left\{ \text{วันที่สามารถตอบสนอง} - \text{วันที่ได้รับการติดต่อ} \right\}$
การประสานงานและการตอบสนอง	Rp2	ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างใน	$\left\{ \text{วันที่แบบแก้ไขเสร็จสิ้น} - \text{วันที่แบบถูกส่งมาแก้ไข} \right\}$

ตารางที่ 4.8 แสดงรายการวัดผลดำเนินงานที่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งรายการดัชนีที่ได้รับการเพิ่มเติมจากเดิมมีทั้งสิ้นสองดัชนีคือดัชนี Q12 และ R2 ดัชนีที่ถูกตัดทอนมีสองดัชนีคือดัชนี C7 และ Q4 และดัชนีที่ถูกรวมเข้าด้วยกันเนื่องจากความหมายหรือวิธีการวัดที่ซ้ำซ้อน 14 ดัชนี ได้แก่ C1 C2 C3 C4 C8 Q1 Q2 Q6 Q8 Q9 Q10 Q11 E1 และดัชนี E2 ส่งผลให้รายการวัดผลที่ได้รับการปรับปรุงมีดัชนีทั้งสิ้น 16 รายการ โดยรายการดัชนีดังกล่าวจะนำมาพัฒนาเป็นแบบสอบถามปลายปิดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามประเมินระดับความเหมาะสมต่อการใช้งานของดัชนีวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในการเก็บข้อมูลในรอบที่สองและสาม ซึ่งผลการวิเคราะห์ฉันทามติของคะแนนความเหมาะสมดังกล่าวแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

4.3.3 การสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเพื่อคัดเลือกเกณฑ์จำแนกลักษณะโครงการ

การรวบรวมเกณฑ์เพื่อจำแนกลักษณะของโครงการก่อสร้างจากงานวิจัยในอดีตแสดงในหัวข้อที่ 4.3 เกณฑ์บางส่วนผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในขอบเขตของงานวิจัย แต่เกณฑ์อื่นๆ ที่ใช้ในการจำแนกลักษณะโครงการนอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้นผู้วิจัยต้องใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลรอบแรก เพื่อระบุว่าเกณฑ์ใดที่ควรพิจารณาในการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างโครงการต่างๆ ของฝ่ายออกแบบ ซึ่งผลการเก็บข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สรุปเกณฑ์ที่ควรใช้พิจารณาในการประเมินผลการดำเนินงานระหว่างโครงการของฝ่ายออกแบบ

เกณฑ์การจำแนกลักษณะของโครงการ	ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	การสัมภาษณ์	ผลการพิจาณา
ประเภทของสิ่งปลูกสร้าง เช่น สะพาน อาคาร ฯลฯ	(N) ไม่ได้ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	(Y) การประเมินผลต้องพิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวเพราะส่งผลต่อความยากง่ายในการออกแบบ	ใช้
ประเภทของสัญญาจ้างที่ปรึกษา เช่น สัญญาเหมารวม ฯลฯ	(N) ไม่ได้ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	(N) ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้พิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวในการประเมินผลฝ่ายออกแบบ	ไม่ใช้

ตารางที่ 4.9 สรุปเกณฑ์ที่ควรใช้พิจารณาในการประเมินผลการดำเนินงานระหว่างโครงการของฝ่ายออกแบบ (ต่อ)

เกณฑ์การจำแนกลักษณะของโครงการ	ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	การสัมภาษณ์	ผลการพิจาณา
ขอบเขตของสัญญา เช่น ออกแบบเท่านั้น ออกแบบและจัดการ ออกแบบและก่อสร้าง ฯลฯ	(Y) ระบุว่าศึกษาเฉพาะการเตรียมเอกสารงานออกแบบก่อนการประมูลของบริษัทที่ปรึกษา	(Y) การประเมินผลต้องพิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวเพราะการประสานงานระหว่างฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้างของขอบเขตสัญญาที่ต่างกันจะมีความยากหรือสะดวกแตกต่างกัน	ใช้
ประเภทของสัญญาจ้างก่อสร้าง เช่น แบบเหมารวม แบบราคาต่อหน่วย ฯลฯ	(Y) ระบุว่าศึกษาเฉพาะงานออกแบบจึงไม่คำนึงถึงเกณฑ์การจำแนกโครงการของงานก่อสร้าง	(N) ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้พิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวในการประเมินผลฝ่ายออกแบบ	ไม่ใช้
ขอบเขตของสัญญาก่อสร้าง เช่น ก่อสร้างเท่านั้น จัดการโครงการ ออกแบบและก่อสร้าง ฯลฯ	(Y) ระบุว่าศึกษาฝ่ายออกแบบของบริษัทที่ปรึกษาเท่านั้น จึงไม่คำนึงถึงฝ่ายออกแบบของผู้รับเหมาที่อาจใช้รูปแบบสัญญา ออกแบบ-ก่อสร้าง (Design-Build)	(N) ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้พิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวในการประเมินผลฝ่ายออกแบบ	ไม่ใช้
รูปแบบการประมูลสัญญาก่อสร้าง เช่น การประมูลแบบเปิดหรือไม่จำกัดจำนวนผู้ประมูล การประมูลแบบมีการคัดเลือกเบื้องต้น ฯลฯ	(Y) ระบุว่าศึกษาเฉพาะงานออกแบบจึงไม่คำนึงถึงเกณฑ์การจำแนกโครงการของงานก่อสร้าง	(N) ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้พิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวในการประเมินผลฝ่ายออกแบบ	ไม่ใช้
ขนาดหรือมูลค่าของโครงการ	(N) ไม่ได้ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	(Y) การประเมินผลต้องพิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวเพราะแสดงถึงปริมาณของงานออกแบบในโครงการ	ใช้
ประเภทเจ้าของโครงการ เช่น ภาครัฐ ภาคเอกชน ฯลฯ	(N) ไม่ได้ระบุในขอบเขตของงานวิจัย	(Y) การประเมินผลต้องพิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวเพราะข้อจำกัดของภาครัฐและเอกชนแตกต่างกัน	ใช้

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์การจำแนกลักษณะโครงการที่ได้รับเลือกสำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่

(1) เกณฑ์ที่ถูกระบุไว้ในขอบเขตของงานวิจัยเรียบร้อยแล้ว

(2) เกณฑ์การจำแนกที่ผู้ให้สัมภาษณ์ได้ระบุว่ามีความเหมาะสมในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบและมีลักษณะเป็นเกณฑ์เชิงปริมาณที่สามารถนำมาพัฒนาระบบประเมินผลต่อไปได้แก่ ประเภทของสิ่งปลูกสร้าง และมูลค่าของโครงการก่อสร้าง การพัฒนาเกณฑ์เชิงปริมาณทั้งสองรายการนี้จะแสดงในบทที่ 6 หัวข้อ 6.2 ต่อไป

(3) เกณฑ์การจำแนกที่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่ามีความเหมาะสมในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบและมีลักษณะเป็นเกณฑ์เชิงคุณภาพ ได้แก่ ประเภทของเจ้าของโครงการ ซึ่งในเบื้องต้นผู้วิจัยยังไม่สามารถระบุได้ว่าประเภทของเจ้าของโครงการจะส่งผลกระทบต่อการประเมินผลการดำเนินงานได้อย่างไรจึงต้องดำเนินการเก็บข้อมูลจากทั้งโครงการของเจ้าของโครงการภาครัฐ และเจ้าของโครงการที่เป็นเอกชน ซึ่งต่อมาผลจากการเก็บข้อมูลด้วยกระบวนการเดลฟายสามารถระบุได้ว่าประเภทของเจ้าของโครงการมีผลต่อการประเมินดัชนีวัดผล Tp2 ซึ่งจะแสดงในหัวข้อ 4.4.2 ต่อไป

(4) เกณฑ์ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัย และเกณฑ์ที่ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้พิจารณาจะไม่นำมาใช้ประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในการศึกษานี้

ผลจากการสัมภาษณ์ในรอบแรก ส่งผลให้รายการดัชนีวัดผลดำเนินงานที่ได้รวบรวมจากงานวิจัยในอดีตซึ่งแสดงในหัวข้อ 2.6 ได้รับการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยรายการดัชนีวัดผลที่ได้รับการปรับปรุงแล้วแสดงในตารางที่ 4.8 ได้แก่ดัชนีที่ Cp1 ถึงดัชนี Rp2 นอกจากนี้ในหัวข้อนี้ได้แสดงเกณฑ์ที่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าเหมาะสมต่อการประเมินผลการดำเนินงานหรือเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากดัชนีที่ระบุข้างต้น ในลำดับต่อไปจะเป็นการนำรายการดัชนีวัดผลที่ได้รับการปรับปรุงจากการเก็บข้อมูลรอบแรกมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของแต่ละดัชนี ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลด้วยกระบวนการเดลฟายในรอบที่ 2 และ 3 ดังนี้

4.4 การวิเคราะห์คะแนนระดับความเหมาะสมของดัชนีวัดผล

เพื่อการระบุรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานที่เหมาะสม ผู้ให้สัมภาษณ์จะใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับเพื่อประเมินระดับความเหมาะสมของดัชนีวัดผลตามที่ได้แสดงในหัวข้อ 3.3 โดยการสัมภาษณ์ในแต่ละรอบ ตั้งแต่รอบที่สองเป็นต้นไปจะมีการวิเคราะห์ใน 2 ด้าน คือการตรวจความสอดคล้องหรือความเป็นฉันทามติ (Consensus) ของคะแนนความเหมาะสมด้วยค่าฐานนิยม ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัย ควอไทล์ และการตรวจสอบความคงที่หรือการไม่เปลี่ยนแปลงคำตอบ (Stability) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อยุติการทำเดลฟายตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2

จากการวิเคราะห์คะแนนความเหมาะสมจากการเก็บข้อมูลในรอบที่สองพบว่ามีดัชนีที่ถูกระบุว่าไม่ได้รับฉันทามติจำนวน 4 ดัชนี (ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างมัธยฐานและฐานนิยมมากกว่า 1.00 หรือมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์มากกว่า 1.5) และมีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมต่อการใช้งานต่ำ จำนวน 5 ดัชนี (คือมีค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างมัธยฐานและฐานนิยมน้อยกว่า 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์น้อยกว่า 1.5 แต่มีค่ามัธยฐานต่ำกว่า 3.5) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์พบว่าดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมต่อการใช้งานสูงจำนวน 7 ดัชนี (คือมีค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างมัธยฐานและฐานนิยมน้อยกว่า 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์น้อยกว่า 1.5 แต่มีค่ามัธยฐานมากกว่า 3.5) การที่บางดัชนีไม่สามารถหาฉันทามติได้ในการสัมภาษณ์รอบแรกเนื่องจากความเข้าใจในความหมายของดัชนีที่อาจคลาดเคลื่อน

เนื่องจากดัชนีวัดผลบางรายการไม่ได้รับฉันทามติในการเก็บข้อมูลรอบที่สองจึงจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลในรอบที่สาม โดยแบบสอบถามสำหรับการเก็บข้อมูลในรอบนี้จะแสดงคะแนนความเหมาะสมของดัชนีที่ผู้ตอบแบบสอบถาม เทียบกับคะแนนจากผู้ตอบแบบสอบถามรายอื่นๆ ทั้ง 19 ท่าน จากการเก็บข้อมูลรอบที่สอง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในรอบนี้ต้องมีการวิเคราะห์ความคงที่หรือการไม่เปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม (Stability) ก่อนการวิเคราะห์ระดับฉันทามติเพื่อยืนยันว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีความมั่นใจในคำตอบของตนเอง โดยการแปรผันรวมของคำตอบต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนด ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงคำตอบ และการวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติแสดงในภาคผนวก ข. และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงเป็นหัวข้อย่อยตามการวัดผลด้านต่างๆ ต่อไปนี้

4.4.1 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีวัดผลด้านการควบคุมต้นทุน

รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานด้านการควบคุมต้นทุนที่ได้รับการปรับปรุงจากการสัมภาษณ์ในรอบที่หนึ่ง ประกอบด้วยดัชนีทั้งสิ้น 4 ดัชนี ได้แก่ดัชนีที่ Cp1 ถึง Cp4 ผลการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านต้นทุน

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ	0%	4	0	1.50
	Cp2	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (change orders) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	10.53%	2	1	1.00

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านต้นทุน (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp3	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	10.53%	4	0	1.00
	Cp4	เปอร์เซ็นต์ต้นทุนงานออกแบบจริงต่อต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด ในโครงการ	10.53%	2	0	1.00

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (Cp1)

สำหรับรายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานในด้านความสามารถในการควบคุมต้นทุนของฝ่ายออกแบบจากตารางที่ 4.10 ดัชนีแรกได้แก่ *Cp1 การวัดเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ* ซึ่งผลจากวิเคราะห์ผลของการเก็บข้อมูลในรอบที่สามพบว่าไม่มีผู้ตอบแบบสอบถามที่เปลี่ยนแปลงคำตอบสำหรับดัชนีนี้หรือมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเป็นศูนย์ สรุปได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความมั่นใจในคำตอบที่ให้ในการเก็บข้อมูลรอบที่สองและสาม และการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความเป็นฉันทามติของข้อมูลพบว่าคะแนนความเหมาะสมของดัชนี Cp1 มีค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่า 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์เท่ากับ 1.50 เท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด จากลักษณะดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าคะแนนความเหมาะสมของดัชนี Cp1 เป็นฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานของดัชนีเท่ากับ 4 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.50 จึงสรุปว่าดัชนี Cp1 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการ

วัดผลในด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ โดยผู้ตอบแบบสอบถามให้เหตุผลว่าดัชนีดังกล่าวมีความเหมาะสมเนื่องจากต้นทุนหลักของฝ่ายออกแบบคือค่าแรงของผู้ออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการแปรผันของแรงงานจากแผนงานหลักนั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงแบบจากเจ้าของโครงการ การแก้ไขแบบที่บกพร่องที่ส่งผลให้ฝ่ายออกแบบต้องจ่ายค่าล่วงเวลาเพิ่มขึ้น หรือการที่ฝ่ายบริหารประเมินผลิตภาพของผู้ออกแบบผิดจากความเป็นจริงจนส่งผลให้ปริมาณคนไม่สมดุลกับปริมาณงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีข้อควรระวังจากการใช้ดัชนีดังกล่าวดังนี้

(1) ผู้ให้สัมภาษณ์[STD01-STD20] ระบุว่าดัชนีดังกล่าวไม่ควรครอบคลุมถึงกรณีแรงงานที่แปรผันจากแผนงานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) ปริมาณมากที่ฝ่ายออกแบบสามารถขอชดเชยต้นทุนค่าแรงจากเจ้าของโครงการ เนื่องจากกรณีดังกล่าวไม่กระทบต่อต้นทุนของฝ่ายออกแบบ

(2) การคำนวณปริมาณแรงงานในหน่วย แรงงาน-เดือน ของดัชนี Cp1 ผู้ให้สัมภาษณ์[STD08, STD10, STD11, STD12] ระบุว่าควรพิจารณาเฉพาะปริมาณแรงงานที่ใช้จริงในการออกแบบ เนื่องจากบางสัญญาระบุช่วงเวลาในการออกแบบ 6 เดือน แต่ในการออกแบบจริงฝ่ายออกแบบใช้เวลาเพียง 3 เดือน การคำนวณปริมาณแรงงานจากระยะเวลาที่ระบุตามสัญญาจึงไม่สามารถสะท้อนผลการดำเนินงานได้จริง

เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (Design Change) ต่อปริมาณแรงงาน ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบของโครงการ (Cp2)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Cp1 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่าค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 1.00 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำและมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 2.00 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 3.50 ดังนั้นดัชนี Cp2 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านต้นทุน โดยผู้ให้สัมภาษณ์[STD01-STD20] ระบุว่าบริษัทจะคาดการณ์ต้นทุนซึ่งก็คือค่าแรงที่ใช้ในงานออกแบบตั้งแต่ก่อนเริ่มสัญญา แต่ต้นทุนของฝ่ายออกแบบสามารถเพิ่มขึ้นจากที่คาดการณ์เนื่องจากงานแก้ไข หรืองานเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการพยายามควบคุมต้นทุนของฝ่ายออกแบบโดยการควบคุมปริมาณแรงงานที่ใช้ในการแก้ไขงานหรือการเปลี่ยนแปลงงานก็ถือว่าเป็นแนวทางหนึ่ง

ที่เป็นไปได้ อย่างไรก็ตามในดัชนี Cp2 ซึ่งใช้การวัดที่ปริมาณแรงงานสำหรับงานเปลี่ยนแปลง ผู้ให้สัมภาษณ์กลับระบุว่าดัชนีดังกล่าวเหมาะสมน้อยแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงงานจะเป็นสาเหตุหลักที่ต้นทุนของฝ่ายออกแบบเพิ่มสูงขึ้น โดยผู้ให้สัมภาษณ์ [STD02, STD08, STD10,STD11] ให้เหตุผลว่าบริษัทผู้ออกแบบส่วนใหญ่สามารถเรียกร้องขอค่าชดเชยในส่วนงานเพิ่มเติมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้าได้ จึงไม่มีผลกระทบต่อต้นทุนของฝ่ายออกแบบแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามในบางบริษัท [STD05, STD016] ฝ่ายออกแบบอาจไม่สามารถขอชดเชยงานที่เพิ่มเติมได้ โดยเฉพาะโครงการภาครัฐ [STD06, STD09] ที่มักจำกัดงบประมาณตามระบุในเอกสารข้อกำหนดและขอบเขตงาน (Term Of Reference: TOR) ฝ่ายออกแบบต้องรับผิดชอบต้นทุนที่เกิดขึ้นแม้ว่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณงานก็ตาม ซึ่งหากปริมาณงานที่เพิ่มขึ้นมีมากเกินไปฝ่ายออกแบบมักเจรจากับภาครัฐในการขอยกเลิกสัญญา หรือขอทำสัญญาฉบับใหม่เพิ่มสำหรับงานส่วนนั้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงงานที่ไม่สามารถขอชดเชยได้จะส่งผลต่อต้นทุนของฝ่ายออกแบบอย่างมาก แต่ก็เกิดจากเจ้าของโครงการซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ดังนั้นดัชนี Cp2 จึงมีความเหมาะสมต่อการวัดผลดำเนินงานด้านต้นทุนน้อยไม่ว่าจะเป็นโครงการภาครัฐหรือเอกชนก็ตาม

เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบต่อปริมาณแรงงานทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ (Cp3)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Cp3 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Cp2 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมต้นทุน ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD01] ให้เหตุผลว่าปริมาณการแก้ไขงานที่ผิดพลาดภายหลังการส่งงานในแต่ละงวดย่อมส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของฝ่ายออกแบบ ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากความผิดพลาดของผู้ออกแบบเองดังนั้นฝ่ายออกแบบจึงไม่สามารถเรียกร้องขอค่าชดเชยได้ นอกจากนี้ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของฝ่ายออกแบบอาจเกิดจากหลายสาเหตุแต่ในการวัดผลดำเนินงานผลของการวัดควรสะท้อนถึงสาเหตุหลักๆ ที่ฝ่ายออกแบบสามารถควบคุมได้ ซึ่งดัชนี Cp3 มีความเหมาะสมเพราะสะท้อนสัดส่วนของต้นทุนเนื่องจากการ

แก้ไขแบบที่ผิดพลาดของต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง โดยฝ่ายออกแบบสามารถควบคุมโดยพยายามลดสัดส่วนดังกล่าว [STD12] ให้รายละเอียดเพิ่มเติมว่าการแก้ไขงานที่เกิดขึ้นในช่วงการเตรียมเอกสารก่อนประมูล มักมีสาเหตุมาจากการออกแบบงานระบบ เช่น ระบบสุขาภิบาล ระบบระบายอากาศ ระบบป้องกันไฟ ฯลฯ ซึ่งจะส่งผลต่อพื้นที่ใช้งานที่เจ้าของกำหนดไว้ในช่วงการออกแบบสถาปัตยกรรม สถาปนิกต้องปรับปรุงแบบให้ตรงกับข้อกำหนดของเจ้าของ โครงการ ซึ่งการปรับปรุงแบบสถาปัตยกรรมมักส่งผลกระทบอย่างมากต่อแบบโครงสร้าง ทำให้ฝ่ายออกแบบต้องมาแก้ไขงานโครงสร้างในภายหลัง ดังนั้นส่วนของโครงสร้างมักเสร็จเป็นลำดับสุดท้ายเมื่อมีแบบที่ต้องแก้ไขเกิดขึ้น

เปอร์เซ็นต์ต้นทุนงานออกแบบจริงต่อต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด ในโครงการ (Cp4)

จากตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Cp4 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 2.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Cp4 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมต้นทุน ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการวัดผลการดำเนินงานโดยการพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงนั้นมีความเหมาะสม แต่การพิจารณาเป็นสัดส่วนเทียบกับต้นทุนของงานก่อสร้างนั้นมีความเหมาะสมน้อย เพราะฝ่ายออกแบบไม่สามารถควบคุมต้นทุนที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างได้ นอกจากนี้การพิจารณาเปอร์เซ็นต์ต้นทุนของงานออกแบบที่เกิดขึ้นจริงต่อต้นทุนงานก่อสร้างไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างโครงการได้ เพราะลักษณะของแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน บางโครงการมีงานโครงสร้างมาก แต่บางโครงการอาจมีค่าก่อสร้างในงานที่ไม่ต้องออกแบบทางวิศวกรรม เช่น งานดิน งานปรับภูมิทัศน์ เป็นมูลค่าสูงในขณะที่มูลค่าของโครงสร้างต่ำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลให้แม้ว่าค่าของ Cp4 ของโครงการหนึ่งมากกว่าอีกโครงการก็ไม่ได้หมายความว่าโครงการที่มีค่า Cp4 มากจะมีการควบคุมด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบในโครงการดังกล่าวแย่กว่า เป็นต้น

4.4.2 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีวัดผลด้านการควบคุมเวลาและแผนงาน

รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานด้านการควบคุมเวลาและแผนงานได้รับการปรับปรุงจากการสัมภาษณ์ในรอบที่หนึ่ง ประกอบด้วยดัชนีทั้งสิ้น 2 ดัชนี ได้แก่ดัชนีที่ Tp1 และ Tp2 ผลการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านเวลาและแผนงาน

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ	0%	4	0	1.00

เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนดในโครงการ (Tp1)

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Tp1 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็นศูนย์ซึ่งต่ำกว่า 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.5 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Tp1 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมเวลาและแผนงาน เนื่องจากสัญญาจ้างออกแบบมักจำกัดระยะเวลาไว้อย่างชัดเจน การล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการส่งงานออกแบบล่าช้าสามารถกระทบต่อแผนงานของฝ่ายอื่นๆ ดังนั้นฝ่ายออกแบบจึงให้ความระมัดระวังในการควบคุมระยะเวลาออกแบบ จากการสัมภาษณ์

แสดงให้เห็นว่าฝ่ายออกแบบจะทำงานหลายโครงการพร้อมๆ กัน โดยการเร่งออกแบบในโครงการที่สำคัญหรือเร่งด่วนมากกว่าเป็นอันดับแรกและมีการจ่ายค่าล่วงเวลาเพื่อเร่งการทำงาน ดังนั้นผลงานส่วนใหญ่มักเสร็จทันหรือก่อนกำหนด อย่างไรก็ตามงานออกแบบอาจเกิดความล่าช้าได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแบบโดยเจ้าของโครงการซึ่งผู้ออกแบบไม่สามารถขอขยายระยะเวลาจากที่ระบุในสัญญาเดิมได้ ส่งผลให้แผนงานที่ฝ่ายออกแบบกำหนดไว้ต้องเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะเมื่อหลายโครงการดำเนินงานพร้อมกันโอกาสที่ความล่าช้าจะเกิดขึ้นก็เพิ่มสูงตามไปด้วย ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าดัชนี Tp1 เป็นการวัดความสามารถของฝ่ายบริหารว่าสามารถจัดการแรงงานที่มีและกำหนดแผนงานใหม่ให้เหมาะสมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงงานเกิดขึ้นได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามสำหรับโครงการของภาครัฐที่สามารถแบ่งเป็นสัญญาปลายเปิดและสัญญาปลายปิด ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าดัชนี Tp1 ไม่สามารถใช้กับโครงการของภาครัฐที่มีสัญญาแบบปลายเปิดได้ เพราะสัญญาดังกล่าวจะระบุว่าผลงานต้องประกอบด้วยอะไรบ้างแต่ไม่กำหนดระยะเวลาสิ้นสุดสัญญาออกแบบเพราะไม่ใช่โครงการเร่งด่วนหรือต้องการรออนุมัติโครงการจากราชการในด้านต่างๆ ส่งผลให้ไม่สามารถวัดระยะเวลาที่ล่าช้าในโครงการประเภทนี้ได้ ซึ่งการพัฒนาเกณฑ์การวัดผลในงานวิจัยนี้จะไม่คำนึงสัญญาที่มีรูปแบบดังกล่าว

เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ (Tp2)

จากตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความเป็นฉันทามติจากการเก็บข้อมูลในรอบที่สองแสดงให้เห็นว่าค่าพิสัยระหว่างควอไทล์เท่ากับ 2.00 ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 ดังนั้นในการเก็บข้อมูลรอบที่สองค่าดังกล่าวยังไม่ได้รับฉันทามติ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ [STD03, STD09] ระบุว่ามีความแตกต่างระหว่างโครงการภาครัฐและเอกชน โดยฝ่ายออกแบบของโครงการภาครัฐต้องเตรียมเอกสารงานออกแบบให้เสร็จสมบูรณ์จึงจะสามารถเปิดประมูลโครงการได้ [STD03, STD06, STD09] ดังนั้นฝ่ายออกแบบจึงต้องพยายามเตรียมเอกสารให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนวันที่กำหนดตามสัญญา อย่างไรก็ตามเอกสารที่ฝ่ายออกแบบต้องส่งในโครงการภาครัฐจะต้องทำสำเนาหลายชุด โดยสัญญาจะระบุว่าต้องส่งกี่ชุดเพื่อส่งไปยังฝ่ายต่างๆของทางราชการ ซึ่งฝ่ายออกแบบอาจยังไม่สามารถส่งแบบได้ครบทุกชุด อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าแม้ว่าฝ่ายออกแบบไม่สามารถส่งได้ครบจำนวนชุดตามที่ระบุในสัญญาก็สามารถผ่อนปรนเงื่อนไขได้ ในขณะที่การปฏิบัติของโครงการภาคเอกชน [STD03, STD06, STD08, STD10, STD11, STD12] ฝ่ายออกแบบอาจเจรจากับฝ่ายเจ้าของโครงการเพื่อไม่ต้องเตรียมเอกสารให้เสร็จสมบูรณ์ในครั้ง

แรก แต่สามารถส่งเฉพาะงานออกแบบที่สำคัญก่อนเช่นแบบรูปของอาคาร เพื่อให้เจ้าของโครงการสามารถใช้เพื่อเปิดประมูลก่อนได้ จากนั้นจึงค่อยส่งรายละเอียด เช่นจุดเชื่อมต่อ เป็นแบบเพิ่มเติมในภายหลัง

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สองของดัชนีวัดผล Tp2

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนดต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ	4	0	2.00

ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำแนกดัชนี Tp2 ออกเป็นการประเมินจากมุมมองของโครงการภาครัฐและมุมมองของโครงการเอกชน และทำการเก็บข้อมูลในรอบที่สามเพื่อยืนยันสมมติฐานที่ว่าความเหมาะสมต่อการใช้งานของดัชนี Tp2 มีความแตกต่างกันระหว่างโครงการของภาครัฐกับโครงการของเอกชนหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผล Tp2 ที่จำแนกเป็นโครงการภาครัฐและโครงการเอกชน

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ (วิเคราะห์เฉพาะโครงการภาครัฐ)	12.5%	2	0	0.25
	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ (วิเคราะห์เฉพาะโครงการเอกชน)	0%	4	0	0.00

จากตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Tp2 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 12.5% สำหรับดัชนี Tp2 ของภาครัฐ และ 0% สำหรับดัชนี Tp2 ของภาคเอกชน ซึ่งทั้งสองกรณีมีค่าไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่าดัชนี Tp2 สำหรับทั้งโครงการภาครัฐและเอกชนมีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1 และดัชนี Tp2 ของโครงการภาครัฐมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 0.25 ในขณะที่ของภาคเอกชนเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.5 จึงถือว่าดัชนี Tp2 ภายหลังจากมีการจำแนกประเภทโครงการออกเป็นภาครัฐและเอกชนแล้วจะได้รับฉันทามติ โดยดัชนี Tp2 สำหรับโครงการภาครัฐมีฉันทามติว่าเหมาะสมน้อยต่อการใช้วัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมเวลาและแผนงานเนื่องจากมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 2.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 และดัชนี Tp2 สำหรับโครงการภาคเอกชน

ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมเวลาและแผนงาน เนื่องจากค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5

4.4.3 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ

รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานด้านคุณภาพของผลงานหรือเอกสารงานออกแบบ ได้รับการปรับปรุงจากการสัมภาษณ์ในรอบที่หนึ่ง ประกอบด้วยดัชนีทั้งสิ้น 7 ดัชนี ได้แก่ดัชนีที่ Qp1 และ Qp7 ผลการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารออกแบบ

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp1	จำนวนการอนุมัติเปลี่ยนแปลงงานออกแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้างของโครงการ	0%	3	0	1.50
	Qp2	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing)	0%	2	0	1.00

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารออกแบบ (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp3	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนมูลค่าของงานก่อสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (Design Change) ในโครงการ	0%	2	0	1.00
	Qp4	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ	10.53%	4	0	1.00
	Qp5	ระยะเวลาล่าช้าของแผนงานก่อสร้างในโครงการเนื่องจากความผิดพลาดของงานออกแบบ (Design deficiency)	10.53%	3	0	1.50

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารออกแบบ (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp6	จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมาเนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)	0%	4	1	1.00
	Qp7	จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ	10.53%	4	0	1.00

จำนวนการอนุมัติเปลี่ยนแปลงงานออกแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้างของโครงการ (Qp1)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp1 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.50 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.5 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 3.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้น ดัชนี Qp1 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการที่ดัชนี Qp1 วัดผลการดำเนินงานจากจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงแบบ ไม่สามารถสะท้อนปริมาณของงานที่

เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ โดยหากจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงแบบในโครงการหนึ่งมีมากกว่าแต่ปริมาณของงานที่เปลี่ยนแปลงอาจน้อยกว่าโครงการที่มีจำนวนการอนุมัติน้อยกว่าก็ได้ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างงานก่อสร้างอาจเกิดจากความต้องการเจ้าของโครงการที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมักไม่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลัก แต่เกิดขึ้นในส่วนประกอบย่อยและเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ [STD02, STD05, STD12] ให้ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้าง (Minor Change) เช่น การขยายช่องเปิดเพื่อเคลื่อนย้ายเครื่องจักรเข้ามาติดตั้ง การเปลี่ยนสีหรือขนาดชิ้นส่วน เป็นต้น โดยเจ้าของโครงการอาจมอบหมายให้ผู้รับเหมาออกแบบใหม่และส่งกลับให้ฝ่ายออกแบบเป็นผู้อนุมัติในการปรับปรุงแบบ ซึ่งในกรณีนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากผลงานออกแบบที่ขาดคุณภาพแต่อย่างใด

เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing) (Qp2)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp2 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.5 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 2.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Qp2 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD05, STD08, STD12] ระบุว่าดัชนี Qp2 เป็นการถอดแบบเพื่อเปรียบเทียบมูลค่าของงานที่แตกต่างกันซึ่งเป็นวิธีการวัดปริมาณการปรับปรุงแบบจากเดิม ซึ่งวิธีการวัดดังกล่าวมีความเหมาะสมกว่าดัชนี Qp1 ที่วัดเป็นจำนวนครั้ง อย่างไรก็ตามแม้ว่าวิธีการวัดของดัชนี Qp2 จะมีความเหมาะสมแต่การวัดผลจากความแตกต่างของแบบกลับไม่เหมาะสมเพราะ

(1) ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD01, STD08] ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีความเหมาะสมน้อยเนื่องจากในบางโครงการที่บริษัทถูกจ้างเฉพาะการเตรียมเอกสารงานออกแบบก่อนการประมูลแต่ไม่ได้ถูกว่าจ้างให้ควบคุมงาน ผู้ทำหน้าที่วัดผลการดำเนินงานจะไม่สามารถเก็บค่าของดัชนีดังกล่าวได้ เพราะขอบเขตความรับผิดชอบถูกจำกัดในช่วงงานออกแบบเท่านั้น
(2) อย่างไรก็ตามสำหรับบริษัทที่รับทั้งการเตรียมเอกสารออกแบบก่อนการประมูลและการรับควบคุมงาน แม้ว่าผู้ทำหน้าที่วัดผลการดำเนินงานสามารถเก็บค่าดัชนีดังกล่าวได้ก็ตาม

แต่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่ามีความเหมาะสมน้อย โดยให้เหตุผลว่าว่าการปรับปรุงแบบในช่วงก่อนดำเนินการก่อสร้างมาจากหลายสาเหตุ เช่น สภาพของพื้นที่ก่อสร้างแตกต่างจากการสำรวจในช่วงก่อนการออกแบบ การออกแบบที่ไม่สามารถก่อสร้างได้จริง (Constructability) การเสนอให้เปลี่ยนแปลงแบบเพื่อให้การก่อสร้างมีความประหยัดมากขึ้นจากผู้รับเหมา (Value Engineer) หรือแม้แต่การเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของเจ้าของโครงการก็อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างได้ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ฝ่ายออกแบบไม่สามารถควบคุมได้

เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนมูลค่าของงานก่อสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (Design Change) ในโครงการ (Qp3)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp3 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 2.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Qp3 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยในการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ [STD02, STD03, STD06, STD08] ระบุว่าสำหรับโครงการที่บริษัทออกแบบไม่ได้รับควบคุมงานด้วยนั้น ฝ่ายออกแบบจะไม่สามารถใช้ดัชนี Qp3 ในการวัดผลได้เนื่องจากการวัดจากมูลค่าของงานก่อสร้างเป็นการวัดที่ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้รับเหมาและฝ่ายควบคุมงานก่อสร้าง ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องเช่นค่าแรงคนงานที่เพิ่มขึ้น ค่าเช่าเครื่องจักร เป็นสิ่งที่อยู่นอกเหนือขอบเขตงานของฝ่ายออกแบบ อย่างไรก็ตามแม้ว่าสำหรับโครงที่ฝ่ายออกแบบรับทั้งงานออกแบบและควบคุมงานแต่ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD11] ยังระบุว่าดัชนีดังกล่าวเหมาะสมน้อย โดยให้เหตุผลเช่นเดียวกับดัชนี Qp2 ว่าสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบเกิดจากปัจจัยที่ฝ่ายออกแบบไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้ในการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างการก่อสร้างอาจส่งผลให้ต้นทุนของฝ่ายออกแบบเพิ่มขึ้น แต่ต้นทุนของผู้รับเหมาอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ เนื่องจากแบบที่เปลี่ยนแปลงกับมูลค่าของงานก่อสร้างไม่ได้แปรผันไปในทิศทางกัน ตัวอย่างเช่นแบบผิดพลาดที่ไม่สามารถก่อสร้างได้จริงที่ผู้รับเหมาเสนอให้แก้ไขอาจส่งผลให้มูลค่าของงานก่อสร้างลดลงจากเดิมก็ได้ ดังนั้นการที่ดัชนี Qp3 ใช้มูลค่าของงานก่อสร้างเพื่อวัดคุณภาพของผลงานออกแบบเห็นว่าไม่เหมาะสม

เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ (Qp4)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp3 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า ผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Qp3 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ดัชนีนี้มีความคล้ายคลึงกับดัชนี Cp2 ซึ่งจะเป็นการวัดปริมาณการแก้ไขแบบเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามดัชนีตัวนี้มีความแตกต่างที่วัดในช่วงระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งเป็นการวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อแบบได้ถูกนำมาใช้ ในขณะที่ดัชนี Cp2 วัดในช่วงระหว่างการออกแบบ ซึ่งการเกิดแบบผิดพลาดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยปกติเนื่องจากยังไม่จบโครงการ ดังนั้นปริมาณการแก้ไขแบบในช่วงดังกล่าวยังไม่สะท้อนถึงคุณภาพของผลงานได้เนื่องจากผลงานยังไม่เสร็จสิ้น แต่การแก้ไขดังกล่าวกลับมีผลกระทบในด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD01-STD03,STD17,STD18,STD19] ระบุว่าดัชนี Qp4 มีความเหมาะสมเพราะสะท้อนคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ และมีสาเหตุจากฝ่ายออกแบบเองจึงสามารถควบคุมได้ โดยแบบที่ผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องที่ผู้รับเหมาพบจะถูกส่งไปให้ฝ่ายควบคุมงานแก้ไขก่อน ซึ่งหากวิศวกรควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขได้จึงค่อยส่งเรื่องมายังฝ่ายออกแบบต่อไป ฝ่ายออกแบบจึงมีหน้าที่แก้ไขแบบ เพิ่มเติมรายละเอียดของแบบ จากฝ่ายควบคุมงาน โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแบบที่ไม่สมบูรณ์ดังกล่าวฝ่ายออกแบบไม่สามารถขอชดเชยจากเจ้าของโครงการได้เนื่องจากมีสาเหตุมาจากฝ่ายออกแบบเอง ผู้ให้สัมภาษณ์เพิ่มเติมว่าดัชนี Qp4 ควรมีค่าน้อย เนื่องจากการที่แบบบกพร่องมากจนวิศวกรควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขได้เองและถูกส่งมาถึงฝ่ายออกแบบนั้นสะท้อนถึงผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ โดยเฉพาะโครงการที่บริษัทออกแบบและบริษัทที่ปรึกษาควบคุมงานต่างบริษัทกัน แบบที่บกพร่องและถูกส่งมาที่ฝ่ายออกแบบซึ่งจะกระทบต่อความเชื่อมั่นของบริษัทผู้ออกแบบอย่างมาก

ระยะเวลาล่าช้าของแผนงานก่อสร้างในโครงการ เนื่องจากความผิดพลาดของงานออกแบบ (Qp5)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp5 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.50 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 3.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.50 ดังนั้นดัชนี Qp5 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมน้อยต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ได้ให้เหตุผลที่แตกต่างกันดังนี้

(1) ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD02, STD03, STD06] ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีความเหมาะสมน้อยเนื่องจากในบางโครงการที่บริษัทถูกจ้างเฉพาะการเตรียมเอกสารงานออกแบบก่อนการประมูลแต่ไม่ได้ถูกว่าจ้างให้ควบคุมงาน ผู้ทำหน้าที่วัดผลการดำเนินงานจะไม่สามารถเก็บค่าของดัชนีดังกล่าวได้ เพราะขอบเขตความรับผิดชอบถูกจำกัดในช่วงงานออกแบบเท่านั้น

(2) ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD05, STD06] ระบุว่าแม้ในโครงการจะมีบริษัทที่รับทั้งงานออกแบบและควบคุมงานแห่งเดียวกันก็ตาม แต่เป็นการยากที่จะระบุได้ว่าความล่าช้าที่มีสาเหตุมาจากความบกพร่องของแบบมีระยะเวลาเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ในความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างมีสาเหตุมาจากผลิตภาพในการบริหารงานของผู้จัดการโครงการเป็นสำคัญ เนื่องจากผู้จัดการโครงการมีช่วงเวลาที่สามารถปรับแบบให้เหมาะสมกับการก่อสร้างจริงก่อนที่โครงการจะเริ่มก่อสร้าง หรือสอบถามฝ่ายออกแบบเพิ่มเติมในช่วงระหว่างการประมูล ผู้จัดการโครงการควรเผื่อระยะเวลาไว้สำหรับกรณีแบบบกพร่อง เนื่องจากปัญหาที่เกี่ยวกับแบบเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำในทุกโครงการอยู่แล้ว

จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน (Conflict)/ ผิดพลาด (Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์ (Incomplete) (Qp6)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp6 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 1.00 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Qp6 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ โดยผู้ให้สัมภาษณ์ [STD4,STD5,STD8,STD10] ระบุว่าเอกสารคำร้อง (RFI) โดยทั่วไปมีหลายสาเหตุจากประเด็น เช่น บางครั้งผู้รับเหมาอาจพบความบกพร่องของแบบจริง แต่บางครั้งผู้รับเหมาอาจส่งคำร้องเพื่อต้องการยืนยันแบบเท่านั้น นอกจากนั้นผู้ให้สัมภาษณ์ [STD10, STD11] ระบุว่ามีประเด็นที่ผู้รับเหมาส่งคำร้องซักถามจำนวนมากแก่ฝ่ายออกแบบ เพื่อใช้อ้างว่าต้องรอคอยข้อมูลจากฝ่ายออกแบบในการตอบสนองต่อคำร้องดังกล่าวและใช้เป็นสาเหตุในการขอชดเชยเวลาก่อสร้างขึ้น โดยเฉพาะสัญญาในงานราชการมักระบุให้บริษัทฝ่ายออกแบบเป็นผู้แก้ไขแบบแทนหน้าที่ของวิศวกรควบคุมงาน ส่งผลให้การตอบสนองต่อคำร้องต้องใช้เวลามาก อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ [STD01-STD20] ระบุว่าหากจำกัดเฉพาะคำร้อง (RFI) ที่เกี่ยวข้องกับแบบที่บกพร่อง ดัชนี Qp6 จะถือว่ามีความเหมาะสม ซึ่งคำร้องดังกล่าวอยู่ในรูปของข้อความที่สามารถระบุที่มาของปัญหาที่ผู้รับเหมาพบ ดังนั้นฝ่ายออกแบบสามารถแยกแยะได้ว่าคำร้องใดเกี่ยวกับแบบที่มีปัญหาและคำร้องใดเกี่ยวข้องกับประเด็นอื่นๆ ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ [STD12] ระบุว่าคำร้องมากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นประเด็นที่เกิดจากแบบที่บกพร่อง เช่น ข้อกำหนดขัดกับแบบ นอกจากนี้ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD10, STD11] เพิ่มเติมว่าปริมาณของเอกสารคำร้องจะพบมากในช่วงต้นของการก่อสร้างภายหลังจากผู้รับเหมาชนะการประมูล เพราะผู้จัดการโครงการต้องตรวจแบบก่อนก่อสร้างอย่างถี่ถ้วนหลังจากนั้นปริมาณคำร้องจะลดลงไปเรื่อยๆ

จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ (Qp7)

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp7 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 10.53% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.50 ดังนั้นดัชนี Qp7 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD12,STD13] ระบุว่าการหยุดชะงักของงานก่อสร้างเนื่องจากงานออกแบบเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากผู้จัดการโครงการจะมีการตรวจแบบก่อนดำเนินงานก่อสร้างแล้วรอบหนึ่ง นอกจากนี้ความผิดพลาดเล็กน้อยเกี่ยวกับเอกสารงานออกแบบสามารถแก้ไขได้จากวิศวกรผู้ควบคุมงาน แต่หากแก้ไขไม่ได้จึงค่อยส่งต่อไปยังฝ่ายออกแบบโดยการโทรศัพท์หรือการส่งเป็นจดหมายคำร้อง (RFI) ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังสามารถแก้ไขได้ภายในช่วงเวลาที่ผู้จัดการโครงการเผื่อไว้จึงยังไม่กระทบแผนงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวจะกระทบกับแผนงานก่อสร้างจนทำให้งานบางส่วนหยุดชะงักเมื่อความผิดพลาดมีความสำคัญมาก ฝ่ายออกแบบไม่สามารถดำเนินการตามคำร้องที่ผู้รับเหมาส่งมาได้หรือเกิดข้อขัดแย้งขึ้นระหว่างสองฝ่าย ซึ่งส่งผลให้ต้องนัดหมายเพื่อเจรจาเพื่อหาข้อยุติ ในระหว่างกระบวนการดังกล่าว งานก่อสร้างในส่วนที่เกิดปัญหาอาจต้องหยุดชะงักจนกว่าจะได้ข้อยุติ ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าแม้การหยุดชะงักจะมีโอกาสเกิดน้อยแต่หากเกิดขึ้นจะกระทบต่อความน่าเชื่อถือของฝ่ายออกแบบมาก

4.4.4 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ

รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ เกี่ยวข้องกับปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น ได้แก่ ดัชนี Ep1 ผลการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านผลิตภาพ (Productivity of design team)	Ep	ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ	0%	4	0	0.50

ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดเตรียมเอกสารงานออกแบบในโครงการ (Ep)

จากตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Qp7 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 0.50 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.5 ดังนั้นดัชนี Qp7 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการวัดผลจากปริมาณแรงงานในหน่วยแรงงาน –เดือน ที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้นมีความเหมาะสมในการสะท้อนผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ สำหรับโครงการเดียวกันหากมีการใช้ปริมาณแรงงานน้อยกว่าแสดงว่าผู้ออกแบบสามารถใช้เวลาในการทำงานดังกล่าวได้เร็ว อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์กล่าวถึงข้อควรระวังในการใช้งานดัชนี Ep1 ดังนี้

(1) การพิจารณาปริมาณแรงงานด้วยหน่วยแรงงาน-เดือน (Man-months) ต้องคำนวณจากระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและจำนวนสมาชิกผู้จัดเตรียม เช่น คนร่างแบบ ผู้ออกแบบ ซึ่งผู้ประเมินควรวัดระยะเวลาที่ใช้ออกแบบจริงแทนการใช้ช่วงเวลาที่ระบุจากสัญญา และผู้ประเมินควรพิจารณาจำนวนสมาชิกที่เกี่ยวข้องกับโครงการนั้นๆ แทนการระบุจำนวนสมาชิกทั้งหมดที่อยู่ในฝ่ายออกแบบโครงสร้าง

(2) ในการวัดปริมาณแรงงานที่ใช้ในเอกสารงานออกแบบควรพิจารณาแยกเอกสารออกเป็นงานย่อยๆ เช่น ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำแบบก่อสร้าง ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำข้อกำหนด ปริมาณงานที่ใช้ทำเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง มากกว่าการพิจารณาปริมาณแรงงานที่ใช้ในงานออกแบบโดยรวมเพราะในแต่ละงานย่อยมีจำนวนผู้จัดทำเอกสารแตกต่างกัน และใช้เวลาในการจัดทำต่างกัน ดังนั้นในการเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การประเมินดัชนี Ep ซึ่งแสดงในบทถัดไป จะทำการแบ่งแยกเกณฑ์ของดัชนีดังกล่าวออกเป็นปริมาณแรงงานที่ใช้ทำแบบก่อสร้าง (Ep1) ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำข้อกำหนด (Ep2) และปริมาณแรงงานที่ใช้ทำเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง (Ep3) ตามลำดับ

4.4.5 การวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายในดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่าง ๆ

รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานด้านการตอบสนองต่อคำร้อง เกี่ยวข้องกับปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อให้ผลงานเสร็จสิ้น ซึ่งประกอบด้วยดัชนีทั้งสิ้น 2 ดัชนี ได้แก่ ดัชนี Rp1 และ Rp2 ผลการวิเคราะห์เพื่อยุติกระบวนการเดลฟายได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การเก็บข้อมูลในรอบที่สามของดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่างๆ

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถาม	มัธยฐาน (Median)	ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างมัธยฐานและฐานนิยม |Mod-Median|	ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ฝ่ายก่อสร้าง	0%	4	0	1.00
	Rp2	ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียดเพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ	0%	4	0	1.00

ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ฝ่ายก่อสร้าง(Rp1)

จากตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Rp1 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.50 ดังนั้นดัชนี Rp1 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่างๆ เนื่องจากสามารถสะท้อนความเอาใจใส่ของผู้ออกแบบ ซึ่งจะส่งผลต่อความพึงพอใจของเจ้าของโครงการ และการประสานงานที่ดีกับฝ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ให้สัมภาษณ์ [STD10, STD11] ระบุปัญหาที่เจ้าของโครงการถามเช่น ในช่วงก่อนเริ่ม

โครงการเจ้าของโครงการต้องการทราบเกี่ยวกับ มูลค่าเบื้องต้นของสิ่งปลูกสร้าง จำนวนชั้นที่เป็นไปได้ กฎหมายอาคารและผังเมืองที่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งอาคาร เป็นต้น ผู้ให้สัมภาษณ์ [STD16] ระบุว่าในบางสัญญามีการกำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าฝ่ายออกแบบต้องให้ข้อมูลที่เจ้าของโครงการหรือวิศวกรควบคุมงานก่อสร้างร้องขอภายในระยะเวลาที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีปัญหาที่สถาปนิกต้องการทราบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงงาน และปัญหาจากวิศวกรควบคุมงาน เช่น แบบคลุมเครือหรือขัดแย้งกับข้อกำหนด เป็นต้น

ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ (Rp2)

จากตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบระหว่างการเก็บข้อมูลดัชนี Rp1 ในรอบที่สองและรอบที่สามเป็น 0% ซึ่งไม่เกิน 15% จึงถือว่าคำตอบมีความคงที่ และการวิเคราะห์ฉันทามติพบว่า มีผลต่างของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่ามัธยฐานและฐานนิยมเท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.00 และมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ 1.00 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 1.50 จึงถือว่าดัชนีดังกล่าวได้รับฉันทามติ โดยค่ามัธยฐานเท่ากับ 4.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 3.50 ดังนั้นดัชนี Rp2 ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมมากต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่างๆ ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีความเหมาะสมเพราะสะท้อนว่าฝ่ายออกแบบให้ความใส่ใจในการสนับสนุนโครงการแม้ว่าผลงานจะส่งไปแล้วมากน้อยแค่ไหน ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าดัชนีดังกล่าววัดการให้บริการเพิ่มเติมของฝ่ายออกแบบนอกเหนือจากสัญญาซึ่งมีผลต่อการพิจารณารับเลือกให้ออกแบบโครงการอื่นในอนาคต อย่างไรก็ตามแนะนำว่าในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากดัชนี Rp2 กับเกณฑ์การประเมินควรจำแนกประเภทของโครงการที่วัดผลการดำเนินงานให้ชัดเจน ว่าโครงการมีขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ และลักษณะสิ่งปลูกสร้างเป็นอะไร เช่น อาคารสูง หรือสะพาน เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาลักษณะของโครงการในขั้นตอนการพัฒนาเกณฑ์การประเมินแล้ว

จากการคัดเลือกดัชนีชี้วัดด้วยกระบวนการเดลฟาย รายการดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมต่อการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 รายการดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมต่อการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

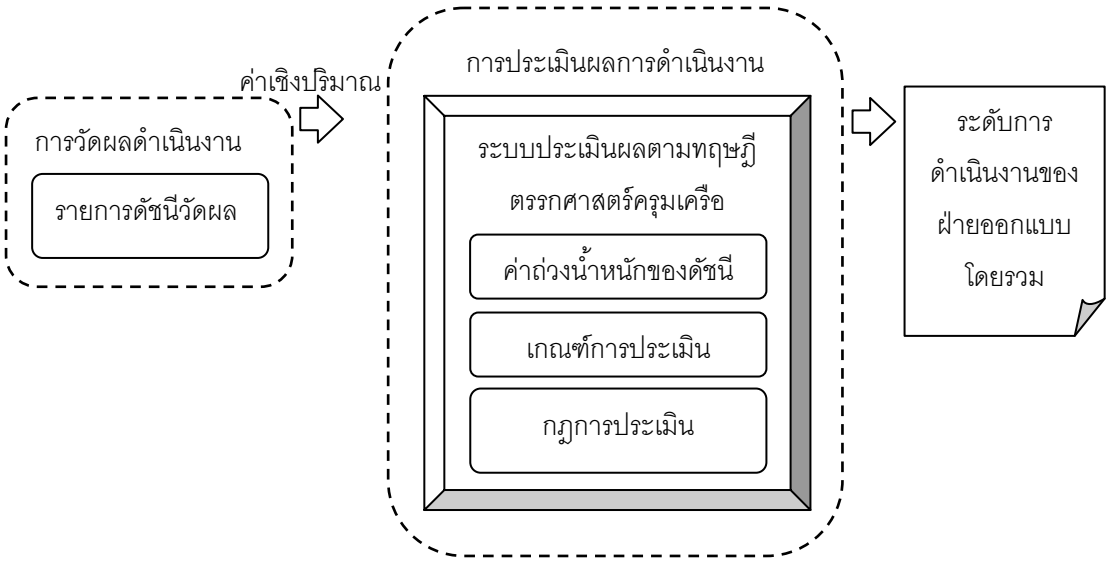
วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ
	Cp3	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ
	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp4	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ
	Qp6	จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)
	Qp7	จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ
ด้านผลิตภาพ (Productivity of design team)	Ep	ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ฝ่ายก่อสร้าง
	Rp2	ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียดเพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ

4.5 สรุปท้ายบท

บทนี้แสดงการระบุดัชนีที่เหมาะสมต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบโดยใช้กระบวนการเดลฟาย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาศัยการสัมภาษณ์และการให้คะแนนระดับความเหมาะสมจากผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบทั้ง 19 ท่าน โดยขั้นแรกผู้วิจัยได้รวบรวมรายการดัชนีวัดผลที่ปรากฏในงานวิจัยในอดีตเพื่อจัดทำรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วยดัชนี 24 ดัชนี โดยผู้ให้สัมภาษณ์ได้แนะนำการปรับปรุงรายการดัชนีดังกล่าวให้เหมาะสมกับฝ่ายออกแบบ รายการที่ได้รับการปรับปรุงแล้วประกอบด้วยดัชนีทั้งสิ้น 16 ดัชนี ซึ่งดัชนีดังกล่าวถูกนำมาหาคะแนนระดับความเหมาะสมและวิเคราะห์หาฉันทามติตามกระบวนการเดลฟาย หลังจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลทั้งสิ้นสามรอบ สามารถสรุปรายการดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมต่อการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้จำนวน 9 ดัชนี ดัชนีที่ไม่เหมาะสมจำนวน 6 ดัชนี และดัชนี Tp2 ซึ่งระบุว่ามีความเหมาะสมหากใช้เฉพาะโครงการเอกชนและจะไม่เหมาะสมหากใช้ในโครงการภาครัฐ นอกจากนี้ผู้ให้สัมภาษณ์ได้อธิบายเหตุผลของการคัดเลือกรายการดังกล่าวไว้ในหัวข้อย่อยของการวิเคราะห์ดัชนีวัดผลในแต่ละดัชนี อย่างไรก็ตามรายการดัชนีชี้วัดที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางเบื้องต้นในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบโดยรวม โดยผู้ประเมินสามารถใช้การประมาณค่าของดัชนีดังกล่าวแทนการประเมินด้วยการให้คะแนนตามทัศนคติซึ่งมีความชัดเจนและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย อย่างไรก็ตามหากองค์กรต้องการใช้ดัชนีที่ได้นำเสนอไปใช้ในการวัดค่าของผลลัพธ์ที่แท้จริงจากการทำงาน องค์กรดังกล่าวควรมีการพัฒนาระบบในการจัดเก็บข้อมูลและการกำหนดผู้รับผิดชอบในการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดัชนีชี้วัด ดังนั้นบทต่อไปจะเป็นการแสดงกรอบความคิดสำหรับการจัดเก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะที่จำเป็นต่อองค์กรที่ต้องการนำรายการดัชนีชี้วัดที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้

บทที่ 5
การพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงาน

บทนี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้พัฒนาระบบประเมินผลตามทฤษฎีตรรกศาสตร์ครุมเครือซึ่งเป็นส่วนที่ต่อเนื่องจากการระบุรายการดัชนีวัดผลในบทที่ 4 โดยรายการดัชนีวัดผลที่สรุปจากการวิเคราะห์ในบทที่ 4 ดัชนีที่สามารถระบุค่าเชิงปริมาณที่เกิดขึ้นจริงภายในกระบวนการออกแบบที่สามารถสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าดัชนีดังกล่าวจะสามารถใช้วัดผลการดำเนินงาน (Performance Measurement) แต่ในการสรุปผลที่วัดเพื่อบ่งชี้ว่าฝ่ายออกแบบมีการดำเนินงานในระดับที่ดีหรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยการประเมินผลการดำเนินงาน (Performance Evaluation) ซึ่งเกณฑ์การประเมินผลอาจมีความแตกต่างกันตามทัศนคติของผู้ประเมินแต่ละบุคคล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ทฤษฎีตรรกศาสตร์ครุมเครือ (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นฟังก์ชันการวิเคราะห์วิธีหนึ่งในโปรแกรม MATLAB เพื่อพัฒนาระบบประเมินผลที่อนุมานคำตอบจากข้อมูลที่รวบรวมจากผู้ประเมินหลายราย ดังแสดงในภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แบบจำลองระบบการวัดผลและประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

จากภาพที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าระบบการประเมินดังกล่าวอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมจากผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบในสามส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์เพื่อหาค่าถ่วง

น้ำหนักของดัชนีแสดงในหัวข้อ 5.1 การวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์การประเมินแสดงในหัวข้อ 5.2 และการวิเคราะห์เพื่อหากฎการประเมินแสดงในหัวข้อ 5.3 ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์ทั้งสามส่วนจะแสดงไว้ในลำดับถัดไป

5.1 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องต่อการประเมินผลหลายๆ ด้าน ซึ่งความสำคัญในแต่ละด้านอาจมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน นอกจากนี้ดัชนีที่ใช้สำหรับวัดผลแต่ละตัวก็สามารถสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้มากน้อยแตกต่างกันไป ดังนั้นเพื่อคำนึงถึงผลกระทบจากน้ำหนักความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ในหัวข้อต่อไปนี้จะแสดงการวิเคราะห์เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก โดยใช้วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytical Hierarchy Process: AHP) ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการประเมินคะแนนความสำคัญจากการเปรียบเทียบระหว่างคู่โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 9 ระดับดังแสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบโดยการจับคู่ใน 2 ระดับ ได้แก่ การเปรียบเทียบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีที่อยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกัน และการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผลหลัก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมจากผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักแสดงดังหัวข้อย่อย ตัวอย่างการคำนวณและสมการที่เกี่ยวข้องแสดงในภาคผนวก ค.

5.1.1 การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีที่อยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกัน

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลการดำเนินงานเก็บข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบจำนวน 7 ท่าน โดยการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก ใช้การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่ามีความเหมาะสมต่อการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ และอยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกัน ซึ่งในลำดับต่อไปจะเป็นการอธิบายผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละหัวข้อ ได้แก่ ด้านต้นทุน ด้านเวลา ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ด้านผลิตภาพ และด้านการตอบสนองต่อคำร้อง โดยผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลแสดงในหัวข้อย่อยดังนี้

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ

หัวข้อการวัดผลแรกคือการวัดผลด้านต้นทุน มีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมจากกระบวนการเดลฟายจำนวน 2 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Cp1: *เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน*	65.32%
Cp3: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบต่อปริมาณแรงงานทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ*	34.68%
รวม	100%

ผู้ตอบแบบสอบถามได้เปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมต้นทุน ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ยพบว่า ดัชนี Cp1: *เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานของงานออกแบบจริงต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 65.32% และดัชนี Cp3: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบต่อปริมาณแรงงานทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 34.68% เนื่องจากดัชนีในหมวดการวัดผลการดำเนินงานด้านต้นทุนมีเพียง 2

ดัชนี ดังนั้นข้อมูลความสำคัญของดัชนีจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกรายจึงมีสัดส่วนความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) เป็น 100% (C.R. = 1.00)

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ

หัวข้อการวัดผลด้านเวลาและแผนงาน มีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมจากกระบวนการเดลฟายจำนวน 2 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ

ดัชนี	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Tp1: *เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบจากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ*	82.62%
Tp2: *เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ*	17.38%
รวม	100%

ผู้ตอบแบบสอบถามได้เปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการควบคุมเวลาและแผนงาน ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ยพบว่า ดัชนี Tp1: *เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบจากที่แผนงานกำหนดในโครงการ* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 82.62% และดัชนี Tp2: *เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนดต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 17.38% เนื่องจากดัชนีในหมวดการวัดผลการดำเนินงานด้านเวลาและแผนงานมีเพียง 2 ดัชนี ดังนั้นข้อมูลความสำคัญของดัชนีจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกรายจึงมีสัดส่วนความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) เป็น 100% (C.R. = 1.00)

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ

หัวข้อการวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ มีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมจากกระบวนการเดลฟายจำนวน 3 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ

ดัชนี	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Qp7: *จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ*	61.28%
Qp6: *จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด (Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)*	22.17%
Qp4: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ*	16.55%
รวม	100%

ผู้ตอบแบบสอบถามได้เปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ยพบว่า ดัชนี Qp4: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือนที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 16.55% และดัชนี Qp6: *จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการจากผู้รับเหมาเนื่องจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ/มีความขัดแย้งกัน/ผิดพลาด/ไม่สมบูรณ์* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 22.17% และ Qp7: *จำนวนข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ* มีค่าถ่วงน้ำหนัก

เฉลี่ยเท่ากับ 61.28% ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) ของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักในดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ

ผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าไอเกนสูงสุด (Maximum Eigen Value: λmax)	ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.)	ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index: R.I.)	ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: C.R.)
[STD10]	3.0015	0.0008	0.580	0.0013
[STD14]	3.0000	0.0000	0.580	0.0000
[STD15]	3.0441	0.0220	0.580	0.0380
[STD16]	3.0369	0.0184	0.580	0.0318
[STD17]	3.0037	0.0018	0.580	0.0032
[STD18]	3.0291	0.0145	0.580	0.0251
[STD19]	3.0369	0.0184	0.580	0.0318

ผลจากการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายในตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญทั้ง 3 ดัชนี (n=3) ข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีค่าไอเกนสูงสุด (λmax) ไม่เท่ากับจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบ (n=3) และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) ไม่เท่ากับศูนย์ ยกเว้นผู้ตอบแบบสอบถาม [STD14] เท่านั้นที่มีค่าไอเกนเท่ากับจำนวนสมาชิกและดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) เท่ากับศูนย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีความไม่สอดคล้องเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความสอดคล้องดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่าง (R.I) ซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 0.58 เมื่อมีจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบเท่ากับ 3 (n=3) (Saaty, 2000) โดยค่าสัดส่วนความสอดคล้องมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย และมีค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ไม่เกินเกณฑ์ 0.050 ที่กำหนดสำหรับกรณีสมาชิกสามตัว ดังนั้นผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้มีความสอดคล้องสูงหรือมีทิศทางของลำดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกัน (ถ้า A>B, B>C แล้ว A>C เป็นต้น)และผลของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ

หัวข้อการวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ มีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมจากกระบวนการเดลฟายเพียง 1 ดัชนี อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์ซึ่งมีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบเสนอแนะให้พัฒนาเกณฑ์ที่จำแนกงานออกแบบเป็นการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing) ข้อกำหนด (Specification) และเอกสารงานประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง (Bidding Document & BOQ) ออกจากกันให้ชัดเจน ดังนั้นการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานสำหรับงานวิจัยนี้จึงพิจารณาผลงานของฝ่ายออกแบบออกเป็นงานย่อยๆ ดังกล่าวข้างต้น แต่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าในบางบริษัทอาจมีฝ่ายประมาณราคาที่คอยรับงานการเตรียมเอกสารงานประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้างนอกเหนือจากฝ่ายออกแบบ ดังนั้นการคิดค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับดัชนีนี้จึงแยกออกเป็น 2 กรณี คือค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับบริษัทที่ฝ่ายออกแบบเป็นผู้เตรียมเอกสารดังกล่าวเองทั้งหมด และค่าถ่วงน้ำหนักกรณีที่มีฝ่ายประมาณราคาเป็นผู้จัดเตรียมเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง โดยค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยกรณีฝ่ายออกแบบเป็นผู้เตรียมเอกสารเองทั้งหมดสามารถแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ (กรณีไม่มีฝ่ายประมาณราคาทำหน้าที่แทนฝ่ายออกแบบ)

ดัชนี	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Ep1: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing)*	67.92%
Ep3: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง (Bidding Document & BOQ)*	18.43%
Ep2: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำข้อกำหนด (Specification)*	13.65%
รวม	100%

ผู้ตอบแบบสอบถามได้เปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก

โดยเฉลี่ยพบว่า ดัชนี Ep1: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing)* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 67.92% และดัชนี Ep2: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำข้อกำหนด (Specification)* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 13.65% และ Ep3: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง (Bidding Document & BOQ)* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 18.43% ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) ของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักในดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ

ผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าไอเกนสูงสุด (Maximum Eigen Value: λ_{max})	ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.)	ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index: R.I.)	ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ration: C.R.)
[STD10]	3.0291	0.0145	0.580	0.0251
[STD14]	3.0037	0.0018	0.580	0.0032
[STD15]	3.0217	0.0109	0.580	0.0187
[STD16]	3.0369	0.0184	0.580	0.0318
[STD17]	3.0037	0.0018	0.580	0.0032
[STD18]	3.0142	0.0071	0.580	0.0122
[STD19]	3.0291	0.0145	0.580	0.0251

ผลจากการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายในตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 3 ดัชนี (n=3) ข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกรายมีค่าไอเกนสูงสุด (λ_{max}) ไม่เท่ากับจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบ (n=3) และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) ไม่เท่ากับศูนย์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความไม่สอดคล้องเกิดขึ้น โดยข้อมูลที่ไม่สอดคล้องสูงสุดมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) เท่ากับ 0.0184 อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความสอดคล้องดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่าง (R.I.) ซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 0.58 เมื่อมีจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบเท่ากับ 3 (n=3) (Saaty, 2000) พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องมีความแตกต่างจากค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่างเพียงเล็กน้อย และมีค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ไม่เกินเกณฑ์ 0.050 ที่กำหนดสำหรับกรณีสมาชิกสามตัว สามารถสรุปได้

ว่าข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้มีความสอดคล้องสูงหรือมีทิศทางของลำดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกัน และผลของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

นอกจากนี้กรณีที่ในบางบริษัทอาจมีฝ่ายประมาณราคาแยก เพื่อทำหน้าที่ในการเตรียมเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้างแทนฝ่ายออกแบบ ดังนั้นค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จะไม่คำนึงถึงปริมาณแรงงานที่ใช้จัดทำเอกสารการประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง จึงให้ค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนี Ep3 เป็นศูนย์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างดัชนี Ep1 และ Ep2 เท่านั้น โดยค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ (กรณีมีฝ่ายประมาณราคาทำหน้าที่แทนฝ่ายออกแบบ)

ดัชนี	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Ep1: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing)*	74.46%
Ep2: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำข้อกำหนด (Specification)*	25.54%
รวม	100%

เนื่องจากดัชนีในหมวดการวัดผลการดำเนินงานด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบกรณีบริษัทที่ไม่มีฝ่ายประมาณราคาก่อสร้าง มีเพียง 2 ดัชนีที่เกี่ยงข้อง ดังนั้นข้อมูลความสำคัญของดัชนีจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกรายจึงมีสัดส่วนความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) เป็น 100% (C.R. = 1.00)

การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้อง

ในหัวข้อการวัดผลลำดับสุดท้ายคือการวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้อง มีดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมจากกระบวนการเดลฟายจำนวน 2 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายออกแบบ

ดัชนี	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
Rp1: *ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก*	52.18%
Rp2: *ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ*	47.82%
รวม	100%

ผู้ตอบแบบสอบถามได้เปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีที่ใช้ในการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในด้านการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายออกแบบ ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ยพบว่า ดัชนี Rp1: *ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 52.18% และดัชนี Rp2: *ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียดเพื่อให้ได้ผลงานที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ* มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 47.82% เนื่องจากดัชนีในหมวดการวัดผลการดำเนินงานด้านต้นทุนมีเพียง 2 ดัชนี ดังนั้นข้อมูลความสำคัญของดัชนีจากผู้ตอบแบบสอบถามทุกรายจึงมีสัดส่วนความสอดคล้องตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) เป็น 100% (C.R. = 1.00)

5.1.2 วิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อหลักของการวัดผลดำเนินงาน

หลังจากการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีที่อยู่ในหัวข้อหลักซึ่งแสดงในหัวข้อก่อนหน้านี้ ในหัวข้อนี้จะเป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักที่เปรียบเทียบระหว่างหัวข้อหลักเอง โดยค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อหลักในแต่ละองค์กรย่อมให้ระดับความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงานที่แตกต่างกันไปในแต่ละด้าน ผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นผู้ให้คะแนนตามระดับ

ความสำคัญโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ตามวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบแต่ละด้าน

รายการหัวข้อหลักของดัชนีที่ใช้วัดผลดำเนินงาน	ค่าถ่วงน้ำหนักโดยเฉลี่ย (Average of Normalized Eigenvector)
ด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ (Quality of Design Document)	26.68%
ด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ (Time and Schedule of Design Team)	21.85%
ด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ (Efficiency of Design Team)	19.56%
ด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบ (Cost of Design team)	17.04%
ด้านการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายที่เกี่ยวข้อง (Responding to Request of Design Teaqm)	14.87%
รวม	100%

ตารางที่ 5.9 แสดงระดับความสำคัญของการวัดผลการดำเนินงานในด้านต่างๆ ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าระดับความสำคัญในแต่ละด้านมีความใกล้เคียงกัน โดยการวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบเป็นหัวข้อที่สำคัญสุด มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย 26.68% ผู้ให้สัมภาษณ์ให้เหตุผลว่าคุณภาพของผลงานจะส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานก่อสร้างในโครงการอย่างมาก การส่งผลงานที่มีความผิดพลาด คลุมเครือย่อมส่งผลให้ความน่าเชื่อถือของฝ่ายออกแบบลดลง นอกจากนี้ปัญหาด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบจะส่งผลกระทบต่อด้านอื่นๆ เช่น ความล่าช้าของแผนงาน ต้นทุนของฝ่ายออกแบบที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น อันดับที่สองคือการวัดผลด้านเวลาและแผนงาน มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย 21.85% ผู้ให้สัมภาษณ์ให้เหตุผลว่าการวัดผลด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเจ้าของโครงการให้ความสำคัญต่อระยะเวลาการออกแบบ และความล่าช้าที่เกิดขึ้นในการส่งงานมาก โดยกำหนดไว้อย่างชัดเจนในสัญญา อันดับที่สามคือการวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ มีค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย 19.56% ผู้ให้สัมภาษณ์ให้เหตุผลว่าการวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบมีความสำคัญมากกว่าการวัดผล

ด้านต้นทุน เนื่องจากหากฝ่ายออกแบบมีผลิตภาพที่ดีย่อมใช้ปริมาณแรงงานในการออกแบบน้อยลง และส่งผลให้ต้นทุนของฝ่ายออกแบบซึ่งได้แก่ค่าแรงผู้ออกแบบลดลง อันดับที่สี่คือต้นทุนของฝ่ายออกแบบ มีค่าถ่วงน้ำหนัก 17.04% ผู้ให้สัมภาษณ์ให้เหตุผลว่าการวัดผลด้านต้นทุนของฝ่ายออกแบบสำคัญน้อย เนื่องจากการที่ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงมักเกิดจากผลกระทบจากด้านอื่นๆ ดังนั้นการวัดผลการดำเนินงานโดยจากต้นทุนที่แปรผันอาจเป็นการวัดที่ปลายทาง นอกจากนี้ฝ่ายออกแบบอาจยอมให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น จากการเพิ่มปริมาณแรงงานที่ใช้ในโครงการเพื่อให้ได้ผลงานที่เสร็จตามแผนการที่กำหนดและมีคุณภาพ อันดับสุดท้ายคือการวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายต่างๆ มีค่าถ่วงน้ำหนัก 14.87% ผู้ให้สัมภาษณ์ให้เหตุผลว่าการตอบสนองต่อคำร้องมีความสำคัญในการวัดความร่วมมือ ฝ่ายออกแบบต่อฝ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สะท้อนให้เห็นถึงความเอาใจใส่ และการบริการของฝ่ายออกแบบต่อโครงการโดยรวม อย่างไรก็ตามอาจมีค่าถ่วงน้ำหนักน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่นๆ จากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบสามารถวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนัก ตามหลักการวิเคราะห์เชิงลำดับ (AHP) แสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักของหัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน

ผู้ตอบแบบสอบถาม	ค่าไอเกนสูงสุด (Maximum Eigen Value: λmax)	ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.)	ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index: R.I.)	ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ration: C.R.)
[STD10]	5.3572	0.0893	1.120	0.0251
[STD14]	5.0000	0.0000	1.120	0.000
[STD15]	5.0720	0.0180	1.120	0.0161
[STD16]	5.1948	0.0487	1.120	0.0435
[STD17]	5.1603	0.0401	1.120	0.0358
[STD18]	5.1357	0.0339	1.120	0.0303
[STD19]	5.4436	0.1109	1.120	0.0990

ผลจากการวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายในตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 5 ดัชนี (n=5) ข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีค่าไอเกนสูงสุด (λmax) ไม่เท่ากับจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบ (n=5)

และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) ไม่เท่ากับศูนย์ ยกเว้นผู้ตอบแบบสอบถาม [STD14] ที่มีค่าไอเกนสูงสุดเท่ากับ 5.00 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับศูนย์พอดีแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความไม่สอดคล้องเกิดขึ้น โดยข้อมูลที่ไม่สอดคล้องสูงสุดมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) เท่ากับ 0.1109 อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความสอดคล้องดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่าง (R.I) ซึ่งกำหนดให้เท่ากับ 1.120 เมื่อมีจำนวนสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบเท่ากับ 5 (n=5) (Saaty, 2000) พบว่ามีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย โดยค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ไม่เกินเกณฑ์ 0.10 ที่กำหนดสำหรับกรณีสมาชิกมากกว่าสี่ตัว สามารถสรุปว่าข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้มีความสอดคล้องสูงหรือมีทิศทางของลำดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกัน จึงน่าเชื่อถือเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

ค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีต่างๆที่อยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกัน และค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน ซึ่งได้แสดงข้างต้นจะนำมาใช้ในการคำนวณคะแนนระดับผลการดำเนินงานในระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบต่อไป อย่างไรก็ตามค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวจะระบุเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเบื้องต้น (Default) ของระบบประเมินผลเท่านั้น ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถปรับค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้ผลการประเมินสอดคล้องกับลักษณะของบริษัทที่ประเมินได้ ตัวอย่างการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักในกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นแสดงในภาคผนวก ค.

5.2 การรวบรวมเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีวัดผลของฝ่ายออกแบบและการพัฒนากราฟความเป็นสมาชิก (Fuzzy Membership Function)

เนื่องจากในการประเมินผลจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินว่าค่าที่ได้จากการวัดผลการดำเนินงานจะแสดงว่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบอยู่ในเกณฑ์ที่ดีหรือควรปรับปรุง ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวย่อมแตกต่างกันตามทัศนคติของผู้ประเมินแต่ละบุคคล ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับฝ่ายออกแบบจึงต้องอาศัยการรวบรวมเกณฑ์ดังกล่าวจากทัศนคติของผู้ประเมินหลายๆ ท่าน ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงผลการพัฒนาเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีวัดผลของฝ่ายออกแบบ โดยเกณฑ์ดังกล่าวเกิดจากการให้ขอบเขตของดัชนีจากทัศนคติของผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบทั้ง 19 ท่าน และการพิจารณาการกระจายตัวของค่าดังกล่าวเพื่อหาขอบเขตที่มีความถี่ของข้อมูลมากที่สุด การกระจายตัวของเกณฑ์ที่ผู้ประเมินระบุจะสามารถสร้างกราฟแนวโน้มของข้อมูลเพื่อพัฒนาฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟัซซี ซึ่งเป็นหลักการของระบบการประเมินด้วยวิธีตรรกศาสตร์ครุมเครือต่อไป ในลำดับต่อไปเป็นการแสดงการรวบรวมเกณฑ์ดังกล่าว โดยแบ่งออกเป็นเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการจำแนกลักษณะโครงการ และเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการประเมินดัชนีต่างๆ

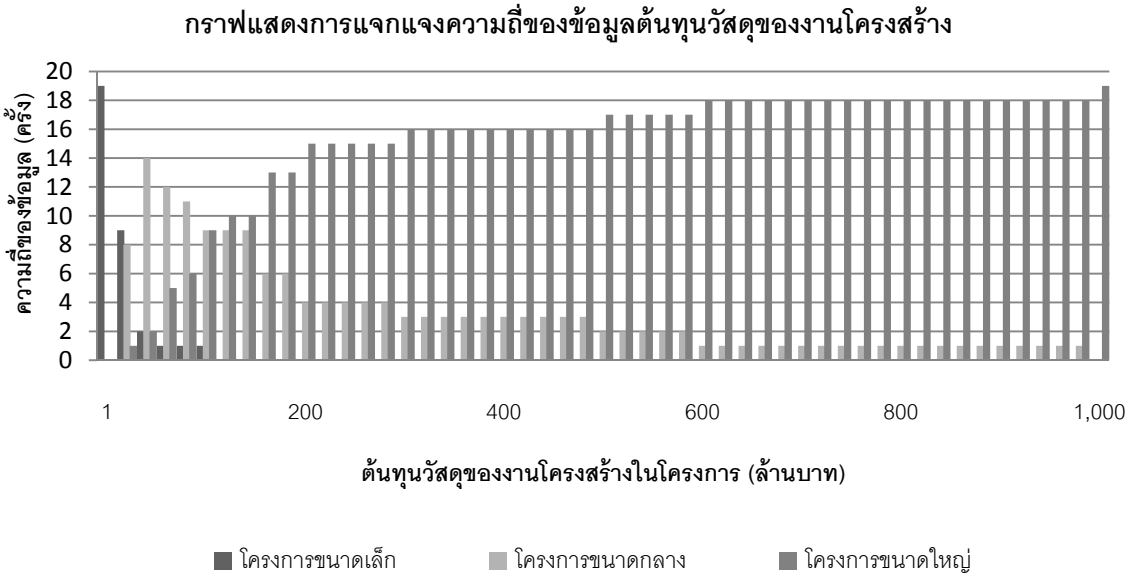
5.2.1 การรวบรวมเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการจำแนกลักษณะโครงการ

จากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบซึ่งแสดงในหัวข้อ 5.3.3 ระบุว่า การกำหนดเกณฑ์ในการประเมินค่าของดัชนีวัดผลดำเนินงานควรพิจารณาลักษณะของโครงการ เช่น การพิจารณาขนาดของโครงการ หรือการพิจารณาว่าเป็นโครงสร้างที่ออกแบบยากหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การวัดผลด้วยดัชนีระหว่างสองโครงการอาจได้ค่าที่เท่ากัน แต่สำหรับโครงการที่แตกต่างกัน ค่าดังกล่าวอาจจะถือว่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่สำหรับอีกโครงการอาจถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุงได้ สำหรับในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเกณฑ์สำหรับจำแนกลักษณะโครงการออกเป็น 2 ด้านได้แก่ ปริมาณงานที่ผู้ออกแบบได้รับ และ ความยากง่ายในการออกแบบโครงสร้าง โดยรายละเอียดแสดงในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

เกณฑ์ประเมินปริมาณงานที่ผู้ออกแบบได้รับ

เกณฑ์การแบ่งประเภทขนาดของโครงการจากงานวิจัยในอดีตมักจำแนกขนาดของโครงการด้วยมูลค่าของโครงการ หรือมูลค่าของสัญญาจ้างออกแบบ อย่างไรก็ตามสำหรับงาน

ออกแบบผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าไม่ควรจำแนกขนาดของโครงการจากมูลค่าของงานก่อสร้างโดยรวม เนื่องจากมูลค่าโดยรวมของโครงการอาจรวมงานส่วนที่ไม่เกี่ยวกับงานออกแบบโครงสร้าง เช่น มูลค่างานตกแต่งสถาปัตยกรรม มูลค่างานขุดถมดิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังระบุว่าไม่สามารถจำแนกจากค่าจ้างออกแบบเนื่องจากค่าจ้างออกแบบของโครงการขนาดเล็กบางโครงการอาจมีมูลค่าสูงกว่าโครงการขนาดใหญ่ก็ได้ ผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้วัดมูลค่าของงานที่ฝ่ายออกแบบรับจ้างออกแบบซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะงานออกแบบโครงสร้างโดยไม่พิจารณางานออกแบบระบบสุขาภิบาล ระบบเครื่องกล และระบบไฟฟ้า ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำให้จำแนกขนาดของโครงการที่ฝ่ายออกแบบรับผิดชอบจากต้นทุนค่าวัสดุของโครงการเฉพาะส่วนของงานโครงสร้างโดยไม่พิจารณาค่าดำเนินงานก่อสร้าง หลังจากนั้นผู้วิจัยได้จำแนกประเภทของปริมาณงานของฝ่ายออกแบบเป็นโครงการขนาดเล็ก โครงการขนาดกลาง และโครงการขนาดใหญ่ และให้ผู้ที่ถูกสัมภาษณ์ระบุขอบเขตของต้นทุนค่าวัสดุของโครงการในส่วนของงานโครงสร้าง โดยจำแนกเป็นขอบเขตของต้นทุนวัสดุส่วนของงานโครงสร้างสำหรับโครงการขนาดเล็ก โครงการขนาดกลาง และโครงการขนาดใหญ่ ตามลำดับ ผลการระบุขอบเขตของค่าต้นทุนวัสดุส่วนของงานโครงสร้าง มีการแจกแจงข้อมูลดังภาพที่ 5.2

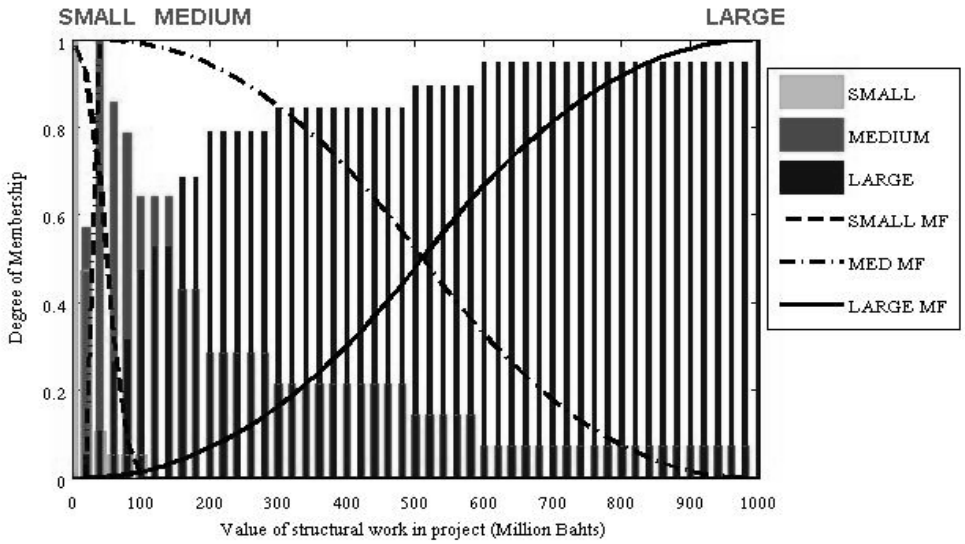


ภาพที่ 5.2 การกระจายตัวของข้อมูลต้นทุนวัสดุของงานโครงสร้าง

จากภาพที่ 5.2 แสดงการกระจายตัวของต้นทุนค่าวัสดุงานโครงสร้างที่จำแนกออกเป็นโครงการขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ตามทัศนคติของผู้ให้สัมภาษณ์ ซึ่งสำหรับโครงการ

ขนาดเล็กผู้ให้สัมภาษณ์ได้กำหนดขอบเขตที่เป็นไปได้อยู่ระหว่างช่วง 5 แสน ถึง 100 ล้านบาท โดยความถี่สูงสุดที่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าเป็นโครงการขนาดเล็กคือ 5 แสนบาท ซึ่งมีผู้ให้ข้อมูลตรงกันทั้ง 19 ท่าน สำหรับโครงการขนาดกลางผู้ให้สัมภาษณ์กำหนดขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้อยู่ระหว่าง 20 ล้าน ถึง 1,000 ล้านบาท โดยความถี่สูงสุดที่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าเป็นโครงการขนาดกลางคือมูลค่าประมาณ 40 ล้านบาท ซึ่งมีผู้ให้ข้อมูลตรงกันถึง 14 ท่าน และลำดับสุดท้ายคือโครงการขนาดใหญ่ ผู้ให้สัมภาษณ์กำหนดขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้อยู่ระหว่าง 40 ล้าน ถึง 2,000 ล้านบาท อย่างไรก็ตามเนื่องจากตั้งแต่ค่า 1,000 ล้านบาทขึ้นไป ข้อมูลมีค่าคงที่ และเพื่อความเหมาะสมของการจัดทำรูปเล่มจึงแสดงกราฟของแกนแนวนอน ในภาพที่ 5.2 มีค่ามากสุดถึงเพียงค่า 1,000 ล้านบาท โดยความถี่สูงสุดที่ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าเป็นโครงการขนาดใหญ่อยู่ในช่วงมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาท จนถึง 2,000 ล้านบาท ซึ่งมีผู้ให้ข้อมูลตรงกันทั้ง 19 ท่าน

การพิจารณาปริมาณของงานออกแบบที่ฝ่ายออกแบบได้รับของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมเอกสารงานออกแบบเพื่อใช้ในการประมูลโครงการ ดังนั้นการศึกษานี้จึงพิจารณางานออกแบบที่เป็นการออกแบบใหม่ทั้งโครงการโดยไม่พิจารณางานออกแบบเพื่อต่อเติมโครงสร้างหรืองานออกแบบเพื่อซ่อมบำรุง ซึ่งจะมีมูลค่าน้อยมาก และในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่มากและมีการแบ่งสัญญาจ้างออกแบบเป็นหลายโครงการ งานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะส่วนที่บริษัทออกแบบรับผิดชอบเท่านั้นโดยไม่พิจารณาต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างของทั้งโครงการ เนื่องจากการพิจารณาทั้งโครงการจะไม่สะท้อนปริมาณงานที่ฝ่ายออกแบบได้รับจริง การแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่แสดงข้างต้นจะถูกปรับให้เป็นค่าความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ของขนาดโครงการขนาดต่างๆ โดยข้อมูลที่มีความถี่สูงสุดจะปรับให้มีค่าความเป็นสมาชิกของขนาดโครงการเท่ากับ 1.00 ตัวอย่างเช่น ความถี่สูงสุดของชุดข้อมูลโครงการขนาดเล็ก มีค่าต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างเป็น 5 แสนบาท ดังนั้นที่ค่า 5 แสนบาท จะมีระดับความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลโครงการขนาดเล็กเป็น 100% หรือเท่ากับ 1.00 เป็นต้น หลังจากนั้นค่าที่ได้รับการปรับแล้วจะนำมาพัฒนากราฟความเป็นสมาชิก (Fuzzy Membership Function) เพื่อใช้สำหรับระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ฟังก์ชันรูปตัวเอส (S-Shaped Build-in Membership Function) ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ (¶-Shaped Build-in Membership Function) และฟังก์ชันรูปตัวซี (Z-Shaped Build-in Membership Function) เพื่อทำการประมาณแนวโน้มของกราฟที่เหมาะสม ข้อมูลต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างที่ได้รับการปรับเป็นค่าความเป็นสมาชิก และรูปแบบของกราฟความเป็นสมาชิก สำหรับชุดข้อมูลโครงการขนาดเล็ก โครงการขนาดกลาง และโครงการขนาดใหญ่ แสดงในภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 กราฟความเป็นสมาชิกของโครงการแต่ละขนาด

จากภาพที่ 5.3 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของโครงการแต่ละขนาด โดยชุดข้อมูลโครงการขนาดเล็ก (SMALL) มีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด (Degree of Membership = 1.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างน้อยกว่า 5 แสนบาทลงมา และมีค่าความเป็นสมาชิกน้อยสุด (Degree of Membership = 0.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างมากกว่า 1,000 ล้านบาทขึ้นไป สามารถแสดงกราฟความเป็นสมาชิกด้วยฟังก์ชันรูปตัวซี (SMALL MF) ชุดข้อมูลโครงการขนาดกลาง (MEDIUM) มีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด (Degree of Membership = 1.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้าง 40 ล้านบาท และมีค่าความเป็นสมาชิกน้อยสุด (Degree of Membership = 0.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างน้อยกว่า 20 ล้านบาทลงมา และตั้งแต่ 1,000 ล้านบาทขึ้นไป สามารถแสดงกราฟความเป็นสมาชิกด้วยฟังก์ชันรูปตัวไพน์ (MED MF) และสุดท้ายคือชุดข้อมูลโครงการขนาดใหญ่ (LARGE) มีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด (Degree of Membership = 1.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างตั้งแต่ 1,000 ล้านบาทขึ้นไป และมีค่าความเป็นสมาชิกน้อยสุด (Degree of Membership = 0.00) ที่มูลค่าของต้นทุนวัสดุงานโครงสร้างน้อยกว่า 40 ล้านบาทลงมา สามารถแสดงกราฟความเป็นสมาชิกด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส (LARGE MF)

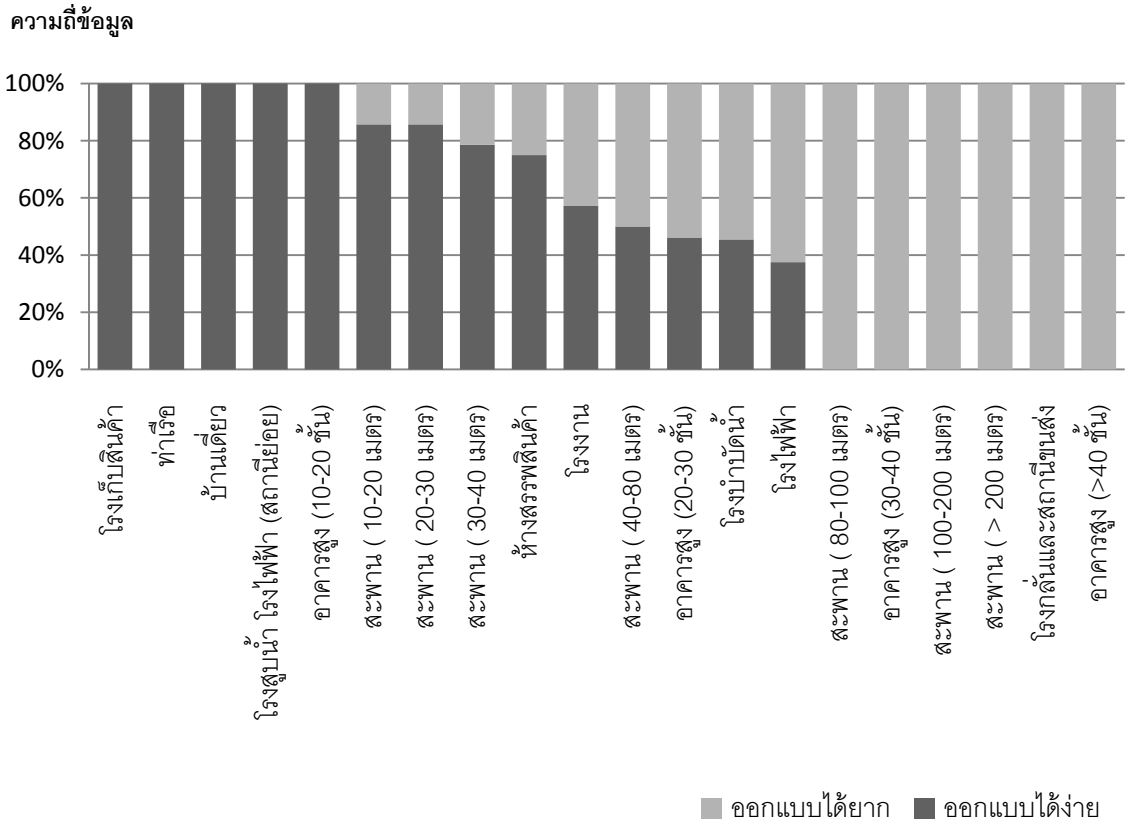
เกณฑ์ประเมินระดับความยากในการออกแบบโครงสร้าง

ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุเกณฑ์จำแนกระดับความยากง่ายในการออกแบบ โดยได้จำแนกประเภทของสิ่งปลูกสร้างตามประสบการณ์ในด้านการออกแบบเป็นสองระดับ คือโครงสร้างที่ออกแบบได้ยาก และโครงสร้างที่ออกแบบได้ง่าย จากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบทั้ง 19 ท่าน โดยไม่มีการตัดรายการใดออกเพื่อให้เกณฑ์การประเมินมีความครอบคลุม สามารถสรุปลักษณะโครงสร้าง ทั้งสิ้น 20 ประเภท แสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ตารางแสดงประเภทของลักษณะสิ่งปลูกสร้าง

ประเภทของลักษณะสิ่งปลูกสร้าง	
• โรงเก็บสินค้า	
• ท่าเรือ	
• บ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ อาคารขนาดเล็ก	
• สถานีย่อยของโรงสูบน้ำและโรงไฟฟ้า	
• ห้างสรรพสินค้า	
• โรงงาน	
• โรงบำบัดน้ำ	
• โรงไฟฟ้า	
• โรงกลั่นและสถานีขนส่งน้ำมัน	
• อาคารสูง	ความสูงตั้งแต่ 10 – 20 ชั้น
	ความสูงตั้งแต่ 20 – 30 ชั้น
	ความสูงตั้งแต่ 30 – 40 ชั้น
	ความสูงตั้งแต่ 40 ชั้นขึ้นไป
• สะพาน	ช่วงสะพานยาว 10 – 20 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 20 – 30 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 30 – 40 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 40 – 80 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 80 – 100 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 100 – 200 เมตร
	ช่วงสะพานยาว 200 เมตรขึ้นไป

ผู้ให้สัมภาษณ์ได้ประเมินระดับความยากง่ายของสิ่งปลูกสร้างลักษณะต่างๆ จากนั้นรายการของประเภทสิ่งปลูกสร้างจะถูกเรียงลำดับตามระดับความยากในการออกแบบโครงสร้าง โดยพิจารณาตามสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์ที่ระบุว่าสิ่งปลูกสร้างที่ประเมินนั้นออกแบบได้ง่ายและจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์ที่ระบุว่าสิ่งปลูกสร้างที่ประเมินออกแบบได้ยาก ซึ่งผลการวิเคราะห์สัดส่วนดังกล่าวแสดงในภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 สัดส่วนของจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์จำแนกตามการระบุความยากง่ายในการออกแบบ

ภาพที่ 5.4 สามารถอธิบายระดับความยากง่ายในการออกแบบเรียงลำดับตามแกนแนวนอนของกราฟได้ดังนี้

(1) ประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่านระบุว่าออกแบบได้ง่าย ได้แก่ โรงเก็บสินค้า ท่าเรือ บ้านเดี่ยว สถานีย่อยของโรงไฟฟ้าและโรงสูบน้ำ อาคารที่มีความสูง 10-20 ชั้น ซึ่งมีค่าสัดส่วนของผู้ระบุว่าออกแบบได้ง่ายเป็น 100%

(2) ประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่มีสัดส่วนของจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าออกแบบได้ง่ายสูงกว่าจำนวนผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ยากได้แก่

a. สะพานที่มีช่วงยาว 10 – 20 เมตร ซึ่งมักออกแบบให้มีช่วงยาวเพียงช่วงเดียว มีฐานรากสองแห่ง มักออกแบบให้ใช้แผ่นพื้นวางเป็นตัวสะพาน โดยมีสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่ายคิดเป็น 85.71%

b. สะพานที่มีช่วงยาว 20 – 30 เมตร ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่ามักออกแบบให้ใช้คานเหล็กเสริม (I-beam) อาจมีความยาวช่วงสองช่วงหรือมีฐานราก 3 แห่งขึ้นไป โดยสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่ายคิดเป็น 85.71%

c. สะพานที่มีช่วงยาว 30 – 40 เมตร เช่น สะพานที่เป็นชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ (Segmental Block) ที่ใช้ในโครงการรถไฟฟ้า เป็นต้น มีสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่าย 78.57%

d. ห้างสรรพสินค้า ซึ่งถือว่าเป็นอาคารเตี้ยแต่มีพื้นที่เปิดโล่งมาก มีสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่าย 75.00%

e. โรงงานหรือสายการผลิตที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร ซึ่งการออกแบบต้องพิจารณาเรื่องข้อกำหนดในการติดตั้งเครื่องจักรเป็นพิเศษและพิจารณางานระบบอื่นๆ เช่นระบบหล่อเย็น ระบบไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับสายการผลิต และพิจารณาพื้นที่ใช้งานให้เหมาะสมกับการผลิต มีสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่าย 57.14%

(3) และประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่มีสัดส่วนผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ง่ายเท่ากับจำนวนผู้รับว่าออกแบบได้ยาก ได้แก่ สะพานที่มีช่วงยาว 40 – 80 เมตร มีสัดส่วนเป็น 50%

(4) ประเภทสิ่งปลูกสร้างที่มีสัดส่วนของจำนวนผู้ระบุว่าออกแบบยากมากกว่าจำนวนผู้ที่ระบุว่าออกแบบง่าย ได้แก่

a. อาคารสูงระหว่าง 20 -30 ชั้น มีจำนวนผู้ระบุว่าออกแบบได้ยากคิดเป็น 53.85%

b. โรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมักจะมีงานโครงสร้างใต้ดิน และข้อกำหนดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่มากกว่าโครงสร้างโดยปกติ เช่น การทนความกัดกร่อน เป็นต้น โดยมีจำนวนผู้ระบุว่าออกแบบได้ยากคิดเป็น 54.55%

c. โรงไฟฟ้า ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าโครงสร้างของโรงไฟฟ้าค่อนข้างออกแบบง่าย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเรื่องข้อกำหนดทางความปลอดภัย เช่น การทนต่อเพลิงไหม้ การทนต่อแรงระเบิด จึงถือว่าออกแบบได้ยาก โดยมีจำนวนผู้ระบุว่าออกแบบได้ยากคิดเป็น 62.50%

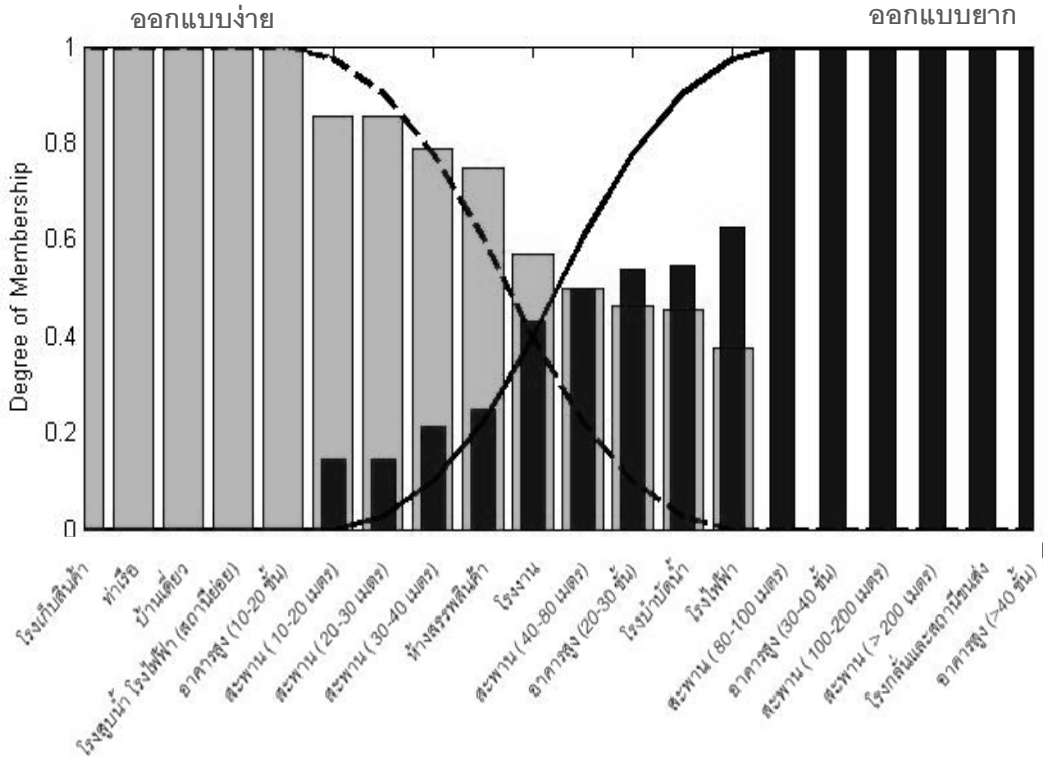
(5) และในลำดับสุดท้ายคือประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่านระบุว่าออกแบบได้ยาก หรือมีสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าออกแบบได้ยากเป็น 100% ได้แก่

a. สะพานที่มีช่วงยาวมาก ตั้งแต่ 80 เมตรขึ้นไป โดยผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าสะพานช่วงยาวมักใช้เทคโนโลยีในการก่อสร้างเป็นพิเศษจึงมีความยากในด้านข้อกำหนด นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงแรงลม หรือการสั่นไหวสำหรับการออกแบบเป็นกรณีพิเศษ ซึ่งสะพานที่มีช่วงยาวระหว่าง 80 – 100 เมตร มักออกแบบให้เป็นสะพานแบบคานยื่นสมดุล (Balanced Cantilever) สะพานที่มีช่วงยาว 100 – 200 เมตร มักออกแบบเป็นสะพานขึง (Cable Stayed Bridge) และหากมีช่วงยาวเกิน 200 เมตร อาจออกแบบเป็นโครงสร้างสะพานแขวน (Suspension Bridge)

b. อาคารสูงระฟ้า ที่มีความสูง 30 ชั้นขึ้นไป ซึ่งผู้ออกแบบต้องพิจารณาทั้งแรงลม แรงจากแผ่นดินไหว และสิ่งปลูกสร้างที่ถูกระบุว่าออกแบบได้ยากลำดับสุดท้ายคือโรงกลั่น และสถานีขนส่งน้ำมัน โดยอาจต้องพิจารณาโครงสร้างกลางทะเล ที่มีแรงลมและคลื่นกระทำ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาข้อกำหนดด้านความปลอดภัย ความทนทานของโครงสร้างต่อความร้อน การกัดกร่อน เป็นต้น

รายการประเภทของสิ่งปลูกสร้าง เมื่อนำมาจัดเรียงตามสัดส่วนระดับความยากในการออกแบบแล้ว ค่าสัดส่วนดังกล่าวจะนำมาพัฒนาเป็นกราฟความเป็นสมาชิกเช่นเดียวกับกรณีการจำแนกขนาดของโครงการ แต่ในกรณีนี้กราฟความเป็นสมาชิกจะถูกจำแนกออกเป็นกราฟของประเภทสิ่งปลูกสร้างที่ออกแบบง่าย และสิ่งปลูกสร้างที่ออกแบบยากตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำค่าสัดส่วนดังกล่าวมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส (S-Shaped Build-in Membership Function) ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ (¶-Shaped Build-in Membership Function) และฟังก์ชันรูปตัวซี (Z-Shaped Build-in Membership Function) แล้วสามารถแสดงกราฟความเป็นสมาชิกได้ดังภาพที่ 5.5

กราฟความเป็นสมาชิกของสิ่งปลูกสร้างที่ถูกระบุว่าออกแบบง่ายและออกแบบยาก



ภาพที่ 5.5 กราฟความเป็นสมาชิกของสิ่งปลูกสร้างที่ถูกระบุว่าออกแบบง่ายและออกแบบยาก

ภาพที่ 5.5 แสดงระดับความเป็นสมาชิกของสิ่งปลูกสร้างที่ถูกระบุว่าออกแบบได้ง่ายและออกแบบได้ยาก สอดคล้องกับสัดส่วนของความถี่ข้อมูลที่ระบุโดยผู้ให้สัมภาษณ์ในข้างต้น โดยสำหรับชุดข้อมูลของสิ่งปลูกสร้างที่ถือว่าออกแบบได้ง่าย ประกอบด้วยประเภทของสิ่งปลูกสร้างหลายประเภท แต่ที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 100% ได้แก่ โรงเก็บสินค้า ท่าเรือ บ้าน สถานีย่อยของโรงสูบน้ำและโรงไฟฟ้า แสดงคะแนนระดับความเป็นสมาชิกในรูป 5.5 มีค่าเท่ากับ 1.00 และชุดข้อมูลสิ่งปลูกสร้างที่ออกแบบได้ง่ายนี้จะมีค่าความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลเท่ากับศูนย์เมื่อสิ่งปลูกสร้างเป็นโรงไฟฟ้า สำหรับชุดข้อมูลของสิ่งปลูกสร้างที่ระบุว่าออกแบบได้ยาก มีประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่กราฟแสดงค่าความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลเป็น 100% ได้แก่ สะพานช่วงยาว 80 – 100 เมตร สะพานช่วงยาวมากกว่า 200 เมตร อาคารสูง 30 – 40 ชั้น อาคารสูงมากกว่า 40 ชั้น โรงกลั่นและสถานีขนส่งน้ำมัน ซึ่งสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้จะมีคะแนนระดับความเป็นสมาชิกของสิ่งปลูกสร้างที่ถือว่าออกแบบยาก มีค่าเท่ากับ 1.00 เมื่อแสดงในภาพที่ 5.5

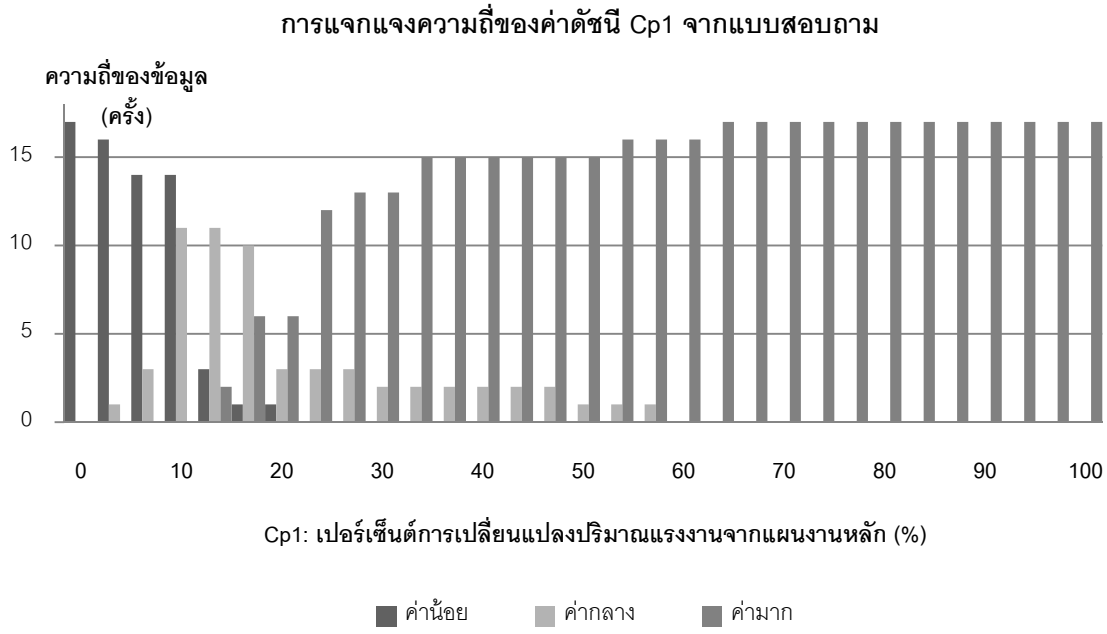
หลังจากการผลการพัฒนากราฟความเป็นสมาชิกที่ใช้เพื่อจำแนกลักษณะของโครงการแล้ว ในลำดับต่อไปจะเป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนากราฟความเป็นสมาชิกของดัชนีวัดผลดำเนินงานในด้านต่างๆ ซึ่งแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

5.2.2 การรวบรวมเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการประเมินค่าจากดัชนีวัดผลดำเนินงาน

ดัชนีวัดผลดำเนินงานที่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 ทั้ง 10 ดัชนี สามารถใช้วัดผลดำเนินงานในฝ่ายออกแบบได้ อย่างไรก็ตามสำหรับการประเมินค่าที่ได้จากการวัดจำเป็นต้องใช้เกณฑ์ที่สามารถจำแนกได้ว่าค่าของดัชนีเท่าไรจึงจะถือว่ามีค่าน้อย ค่าของดัชนีเท่าไรถือว่ามีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามทัศนคติของผู้ประเมิน งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมเกณฑ์จากผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ และวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อพัฒนากราฟความเป็นสมาชิกซึ่งสามารถใช้แทนเกณฑ์การประเมินจากกลุ่มข้อมูลดังกล่าวโดยรวมได้ ผลการรวบรวมและวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของเกณฑ์ที่ได้จากผู้ให้สัมภาษณ์ในหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Cp1: การแปรผันของปริมาณแรงงานจากแผนงานเดิม

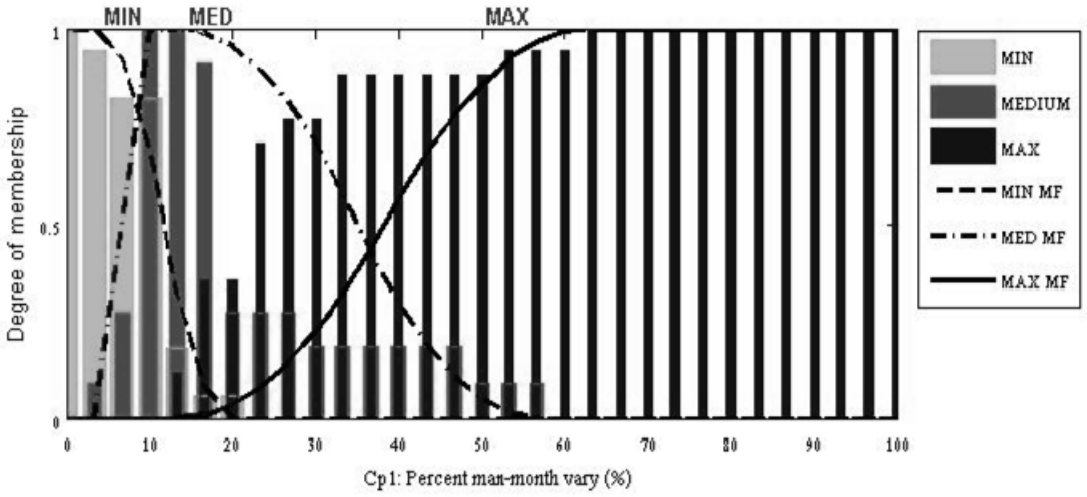
ดัชนี Cp1 วัดเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (Actual/ Budgeted Plan) ในโครงการ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงสามารถจำแนกชุดข้อมูลออกเป็น การแปรผันของปริมาณแรงงานจากแผนงานเพียงน้อย การแปรผันของปริมาณแรงงานระดับปานกลาง และการแปรผันของปริมาณแรงงานจากแผนงานเดิมมาก ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามต้องระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น การแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp1ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.6 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp1 สามารถอธิบายโดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูลข้างต้น โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีการแปรผันของปริมาณแรงงานน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดที่ค่า Cp1 เท่ากับ 0% มีความถี่ของการระบุเท่ากับ 17 ครั้ง และมีความถี่ของการระบุต่ำสุดเท่ากับ 1 ครั้ง ที่ค่า Cp1 เท่ากับ 20% และค่า Cp1มากกว่า 20% ขึ้นไปไม่มีผู้ระบุว่ามีค่าน้อย ดังนั้นความถี่ของค่า Cp1 ในกรณีชุดข้อมูลนี้จึงเท่ากับศูนย์ตั้งแต่ค่า Cp1 เท่ากับ 20% เป็นต้นไป ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีการแปรผันของปริมาณแรงงานระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Cp1 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Cp1 เท่ากับ 3% จนถึง 60% โดยค่า Cp1 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าระดับปานกลางมากที่สุดคือ Cp1 ที่มีค่าระหว่าง 10% และ 14% โดยมีความถี่เท่ากันคือ 11 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีการแปรผันของปริมาณแรงงานสูง โดยค่า Cp1 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Cp1 เท่ากับ 10% ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 2 ครั้ง หลังจากนั้นเมื่อค่า Cp1 มากขึ้น ค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีมีความแปรผันของปริมาณแรงงานสูงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Cp1 เท่ากับ 60% คือความถี่เท่ากับ 17 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Cp1 เท่ากับ 100% การแจกแจงความถี่ของดัชนี Cp1 ที่ได้แสดงในภาพที่ 5.6 จะถูก

นำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล โดยดัชนี Cp1 ที่มีความถี่สูงสุดในชุดข้อมูลจะถูกปรับค่าให้มีค่าระดับความเป็นสมาชิกกับข้อมูลชุดดังกล่าวเท่ากับ 1.00 และข้อมูลที่มีความถี่น้อยลงมาก็จะถูกปรับให้กลายเป็นค่าระดับความเป็นสมาชิกด้วยสัดส่วนเดียวกัน การแจกแจงของระดับความเป็นสมาชิกที่ได้จะถูกนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส (S-Shaped Build-in Membership Function) ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ (¶-Shaped Build-in Membership Function) และฟังก์ชันรูปตัวซี (Z-Shaped Build-in Membership Function) ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.7



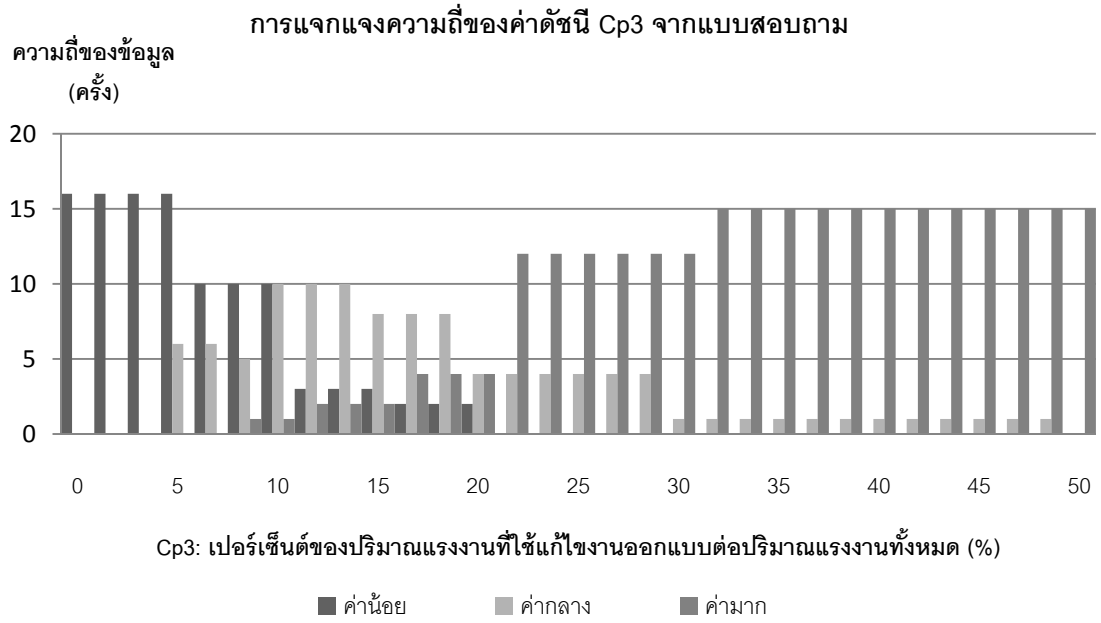
ภาพที่ 5.7 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Cp1

ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าการแปรผันของปริมาณแรงงานจากแผนการหลักเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำในฝ่ายออกแบบ อย่างไรก็ตามฝ่ายออกแบบพยายามเผื่องบประมาณสำหรับการแปรผันของต้นทุนในส่วนนี้ตั้งแต่เริ่มโครงการ และควบคุมการแปรผันให้น้อยที่สุด ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การแปรผันของดัชนีนี้จะมีค่าไม่มาก ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 5.6 ที่แสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลของดัชนี Cp1 ที่ระบุว่ามีการแปรผันน้อยและการแปรผันระดับปานกลางมีเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำและกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลที่มีความแปรผันของดัชนีมากจะมีขอบเขตที่มากกว่า

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Cp3: เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ

ดัชนี Cp3 วัดเปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบต่อปริมาณแรงงานทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงสามารถจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานมีปริมาณน้อย ปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานมีระดับปานกลาง และปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานมีปริมาณมาก ซึ่งผู้ตอบ

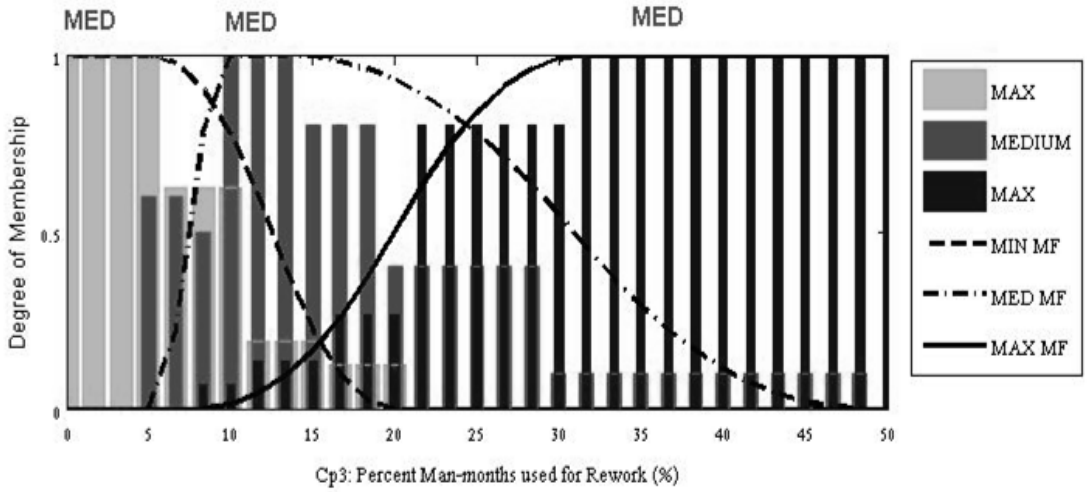
แบบสอบถามต้องระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น การแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.8



ภาพที่ 5.8 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp3 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.8 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Cp3 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 16 ครั้ง ที่ค่า Cp3 เท่ากับ 0% และมีความถี่คงที่จนกระทั่งค่า Cp3 เท่ากับ 5% หลังจากนั้นความถี่ของค่า Cp3 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Cp3 เท่ากับ 20% ซึ่งมีความถี่เท่ากับ 2 ครั้ง และค่า Cp3 ที่มากกว่า 20% ขึ้นไปไม่มีผู้ระบุว่าเป็นค่าปริมาณน้อยจึงมีความถี่เท่ากับศูนย์ ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขในการแก้ไขผลงานในระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Cp3 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Cp3 เท่ากับ 5% จนถึง 50% โดยค่า Cp3 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าระดับปานกลางมากที่สุดคือ Cp3 ที่มีค่าระหว่าง 10% และ 15% โดยมีความถี่เท่ากันคือ 10 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีปริมาณแรงงานที่ใช้ในการแก้ไขผลงานออกแบบสูง โดยค่า Cp3 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Cp3 ระหว่าง 8% ถึง 10% ซึ่งมีความถี่ของข้อมูลเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า

Cp3 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Cp3 เท่ากับ 30% คือความถี่เท่ากับ 15 ครั้ง และความถี่คงที่ต่อไปจนถึงค่า Cp3 เท่ากับ 50% ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าสูงสุดที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุ การแจกแจงความถี่ของดัชนี Cp3 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอสและฟังก์ชันรูปตัว ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.9



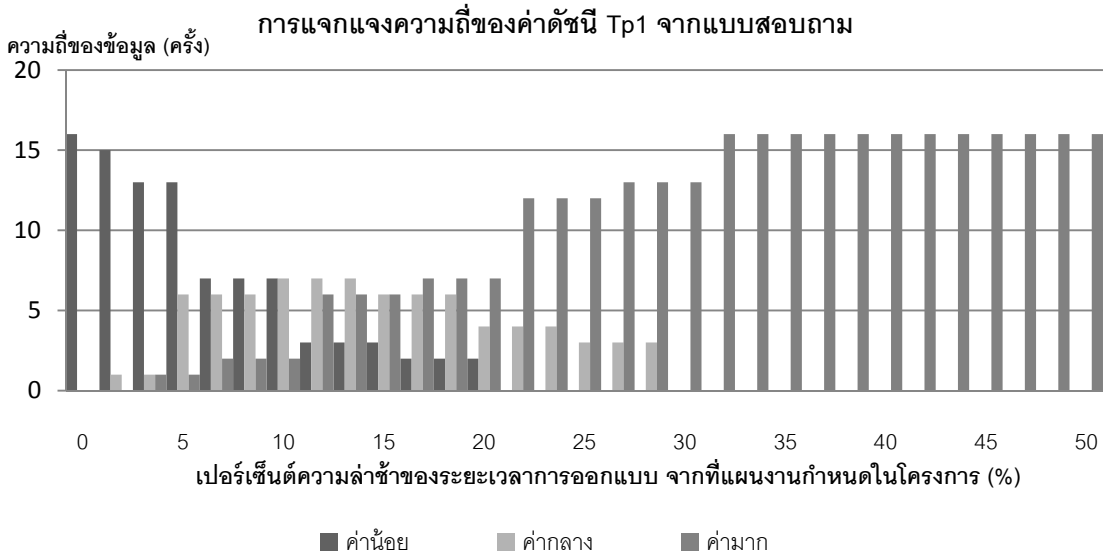
ภาพที่ 5.9 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Cp3

ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าการแก้ไขงานออกแบบเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นประจำระหว่างการออกแบบ ซึ่งการแก้ไขงานก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการออกแบบ อย่างไรก็ตามหากดัชนีดังกล่าววัดเป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณงานที่ใช้แก้ไขผลงานที่เจ้าของโครงการ หรือที่ปรึกษาภายหลังการส่งงาน ซึ่งคิดเป็นปริมาณสะสมจากทุกงวดงาน ปริมาณดังกล่าวมีค่ามากสุดจากการเก็บข้อมูลไม่เกิน 50% ของปริมาณแรงงานที่ใช้ในโครงการ ดังแสดงในภาพที่ 5.9 โดยปริมาณแรงงานที่ใช้ในด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) ปริมาณแรงงานแรงงานที่ใช้จัดทำผลงาน เป็นต้น ซึ่งจะรวมกันเป็นปริมาณแรงงาน 100%

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Tp1: เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบจากที่แผนงานกำหนด

ดัชนี Tp1 เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนดในโครงการดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบส่งงานล่าช้าเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบส่งงานล่าช้าปานกลาง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุ

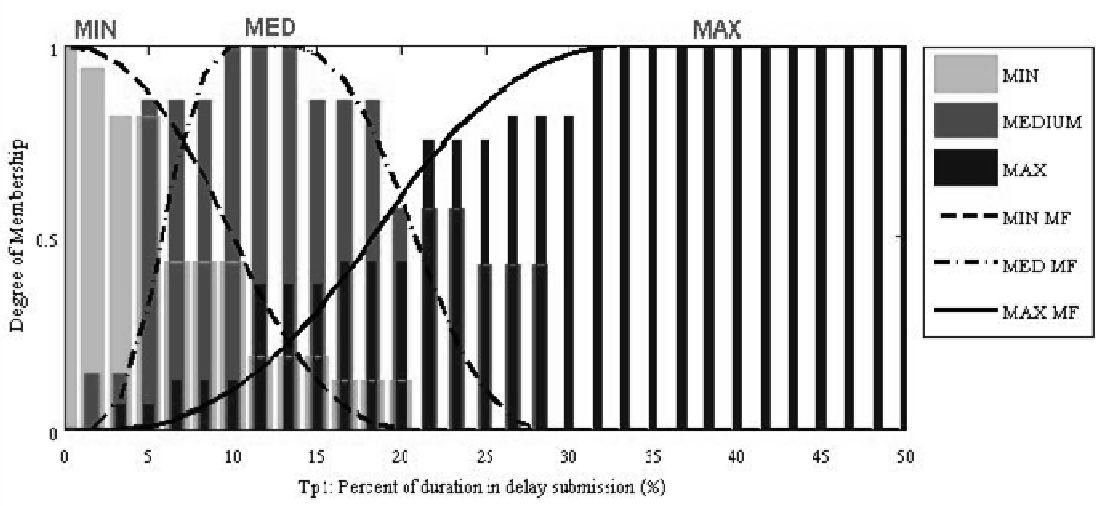
ว่าฝ่ายออกแบบส่งงานล่าช้ามาก ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น การแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp1 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.10 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp1 ที่พิจารณาแยกออกเป็น 3 ชุดข้อมูลตามที่ได้กล่าวข้างต้น ได้แก่ ข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีความล่าช้าเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 16 ครั้ง ที่ค่า Tp1 เท่ากับ 0% ถึง 1% หลังจากนั้นความถี่ของค่า Tp1 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Tp1 เท่ากับ 15% ถึง 20% มีความถี่เท่ากับ 2 ครั้ง นอกจากนั้นค่า Tp1 ที่มากกว่า 20% ขึ้นไปไม่มีผู้ระบุว่าเป็นความล่าช้าเล็กน้อยจึงมีความถี่เท่ากับศูนย์ ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีความล่าช้าในระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Tp1 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Tp1 เท่ากับ 1% จนถึง 30% โดยค่า Tp1 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าดัชนีมีความล่าช้าระดับปานกลางคือ Tp1 ที่มีค่าระหว่าง 10% และ 15% โดยมีความถี่เท่ากันคือ 7 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีความล่าช้าในการออกแบบสูง โดยค่า Tp1 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Tp1 ระหว่าง 1% ถึง 5% ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Tp1 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Tp1 เท่ากับ 30% คือ

ความถี่เท่ากับ 16 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Tp1 เท่ากับ 100% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม แต่เพื่อการแสดงการกระจายตัวของข้อมูลที่เหมาะสม ภาพที่ 5.10 จึงแสดงขอบเขตของค่า Tp1 สูงสุดที่ค่า 50% เท่านั้น จากนั้นการแจกแจงความถี่ของดัชนี Tp1 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.11



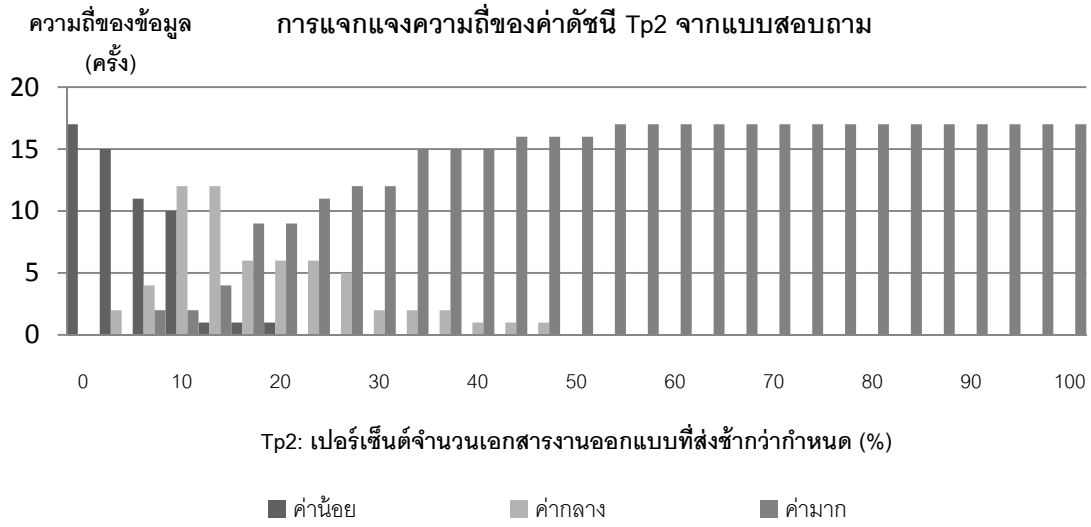
ภาพที่ 5.11 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Tp1

จากภาพที่ 5.11 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับความล่าช้าในโครงการออกแบบ มีค่าตั้งแต่ 0% หรือสามารถส่งงานได้ทันเวลา จนกระทั่งค่า Tp1 ที่มีความล่าช้าสูงสุดคือค่าที่ 100% แต่เนื่องจากกราฟลักษณะคงที่ตั้งแต่ค่า Tp1 และเพื่อการแสดงการแจกแจงความถี่ข้อมูลที่เหมาะสม ภาพที่ 5.11 จึงแสดงขอบเขตค่า Tp1 มากสุดเพียงค่า 50% เช่นกัน

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Tp2: เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด

ดัชนี Tp2 เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ามีเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ามีปานกลาง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ามีมาก

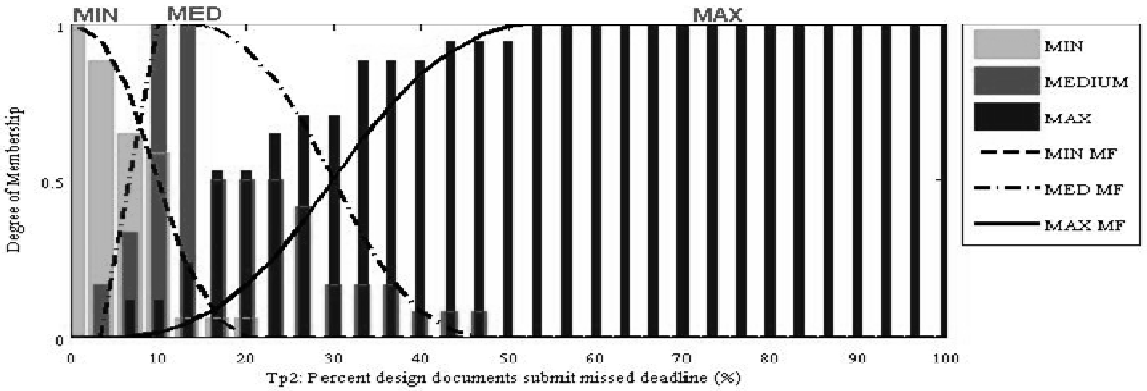
อย่างไรก็ตามดัชนีดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับโครงการของภาคเอกชน ดังนั้นการแจกแจงความถี่ของข้อมูลสำหรับดัชนีนี้ จึงให้ผู้ตอบแบบสอบถามระบุขอบเขตของค่าเฉพาะโครงการเอกชนเท่านั้น ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.12



ภาพที่ 5.12 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp2 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.12 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Tp2 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 17 ครั้ง ที่ค่า Tp2 เท่ากับ 1% และ 2% หลังจากนั้นความถี่ของค่า Tp2 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Tp2 เท่ากับ 20% มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีความล่าช้าในระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Tp2 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Tp2 เท่ากับ 3% จนถึง 50% โดยค่า Tp2 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าระดับปานกลางคือ Tp2 ที่มีค่าระหว่าง 10% และ 15% โดยมีความถี่เท่ากันคือ 12 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าสูง โดยค่า Tp2 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Tp2 เท่ากับ 5.00% ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Tp2 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Tp2 เท่ากับ 50% คือความถี่เท่ากับ 17 ครั้ง และ

ความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Tp2 เท่ากับ 100% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Tp2 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.13

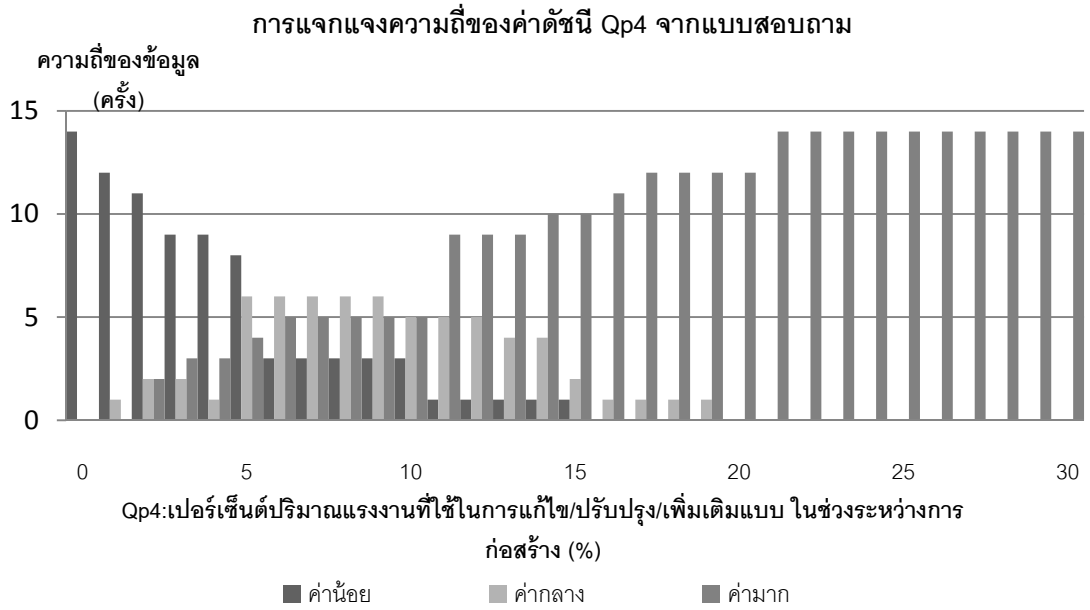


ภาพที่ 5.13 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Tp2

จากภาพที่ 5.13 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าในโครงการออกแบบ มีค่าตั้งแต่ 0% หรือสามารถส่งงานได้ทันเวลา จนกระทั่งค่า Tp1 ที่มีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าสูงสุดคือค่าที่ 100%

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Qp4: เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการแก้ไขระหว่างการก่อสร้าง

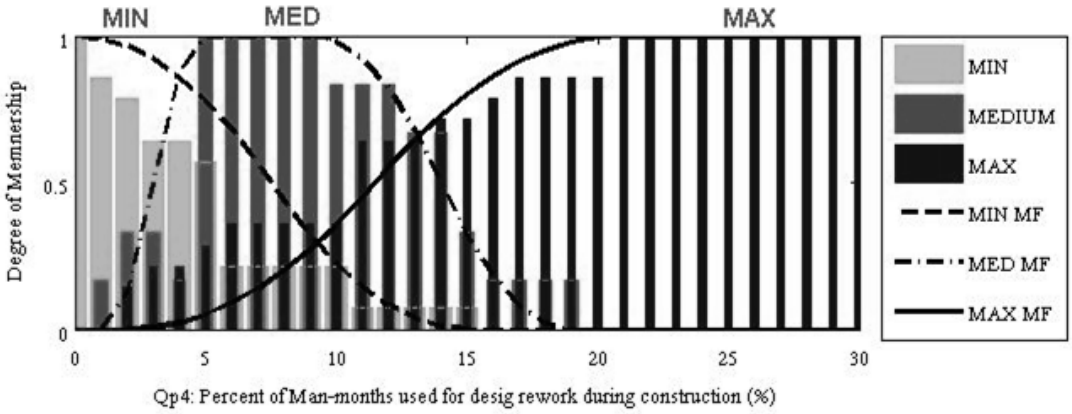
ดัชนี Qp4 คือเปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมปานกลาง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมมาก ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.14



ภาพที่ 5.14 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp4 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.14 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp4 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 14 ครั้ง ที่ค่า Qp4 เท่ากับ 0% และ 0.2% หลังจากนั้นความถี่ของค่า Qp4 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Qp4 ระหว่าง 10% และ 15% มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมในระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Qp4 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Qp4 เท่ากับ 0.2% จนถึง 20% โดยค่า Qp4 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมระดับปานกลางคือ Qp4 ที่มีค่าระหว่าง 5% และ 10% โดยมีความถี่เท่ากันคือ 6 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมสูง โดยค่า Qp4 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Qp4 ระหว่าง 1% และ 2% ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 2 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Qp4 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Qp4 เท่ากับ 20% คือความถี่เท่ากับ 14 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Qp4 เท่ากับ 30% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Qp4 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับ

ความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.15

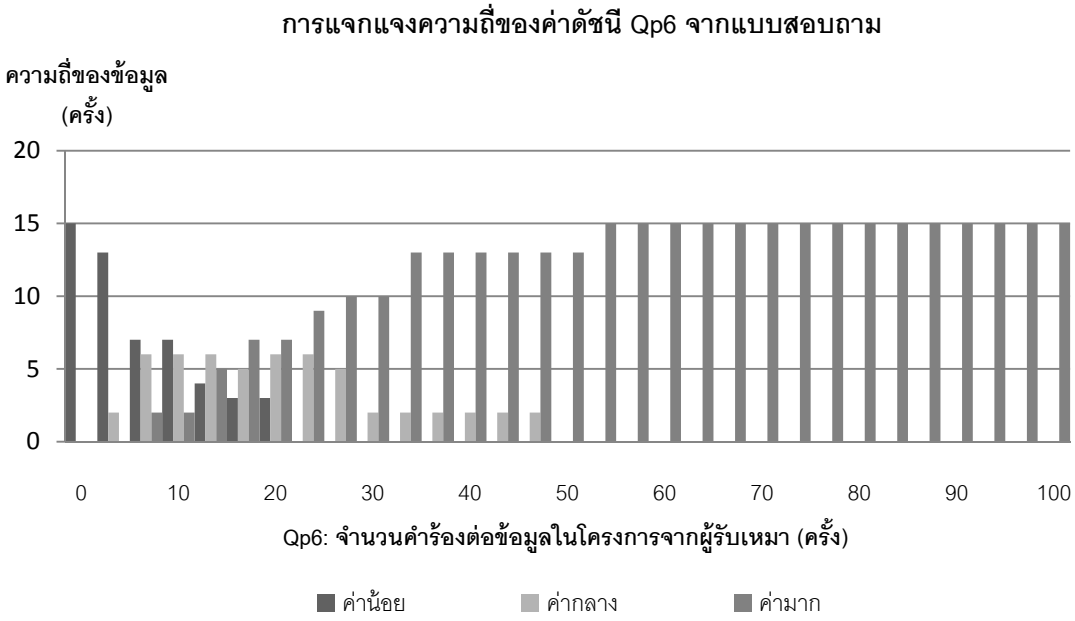


ภาพที่ 5.15 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp4

จากภาพที่ 5.15 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมในโครงการออกแบบ มีค่าตั้งแต่ 0% จนกระทั่งค่า Qp4 ที่มีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าสูงสุดคือค่าที่ 30%

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Qp6: จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการจากผู้รับเหมา

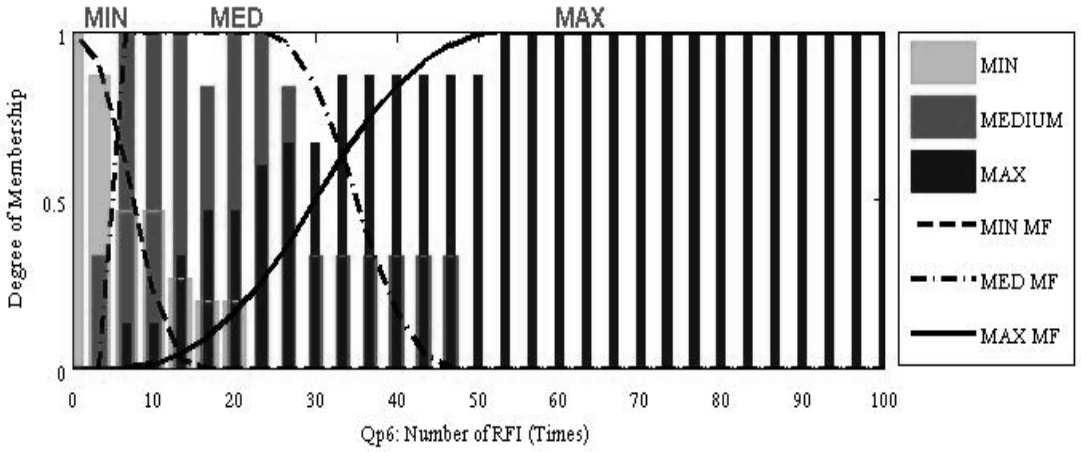
ดัชนี Qp6 คือจำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete) ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนคำร้องเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนคำร้องปานกลาง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนคำร้องมาก ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.16 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp6 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.16 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp6 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 15 ครั้ง ที่ค่า Qp6 เท่ากับ 0 และ 2 หลังจากนั้นความถี่ของค่า Qp6 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Qp6 ระหว่าง 15 และ 20 มีความถี่เท่ากับ 3 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมในระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Qp6 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Qp6 เท่ากับ 2 จนถึง 50 โดยค่า Qp6 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมระดับปานกลางคือ Qp6 ที่มีค่าระหว่าง 6 และ 25 โดยมีความถี่เท่ากันคือ 6 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมสูง โดยค่า Qp6 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Qp6 ระหว่าง 6 และ 10 ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 2 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Qp6 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Qp6 เท่ากับ 50 คือความถี่เท่ากับ 15 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Qp6 เท่ากับ 100 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Qp6 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล

และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.17

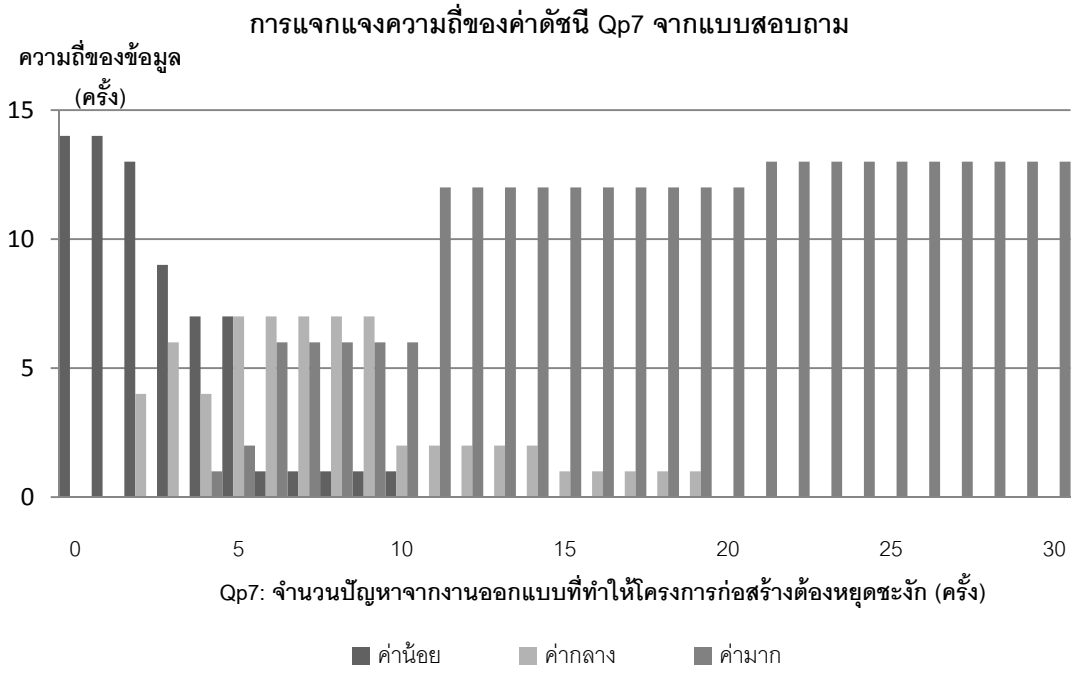


ภาพที่ 5.17 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp6

จากภาพที่ 5.17 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับปริมาณแรงงานที่ใช้แก้ไขงานเพิ่มเติมในโครงการออกแบบ มีค่าตั้งแต่ 0% จนกระทั่งค่า Qp6 ที่มีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าสูงสุดคือค่าที่ 100%

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Qp7: จำนวนปัญหาจากงานออกแบบที่ทำให้โครงการก่อสร้างต้องหยุดชะงัก

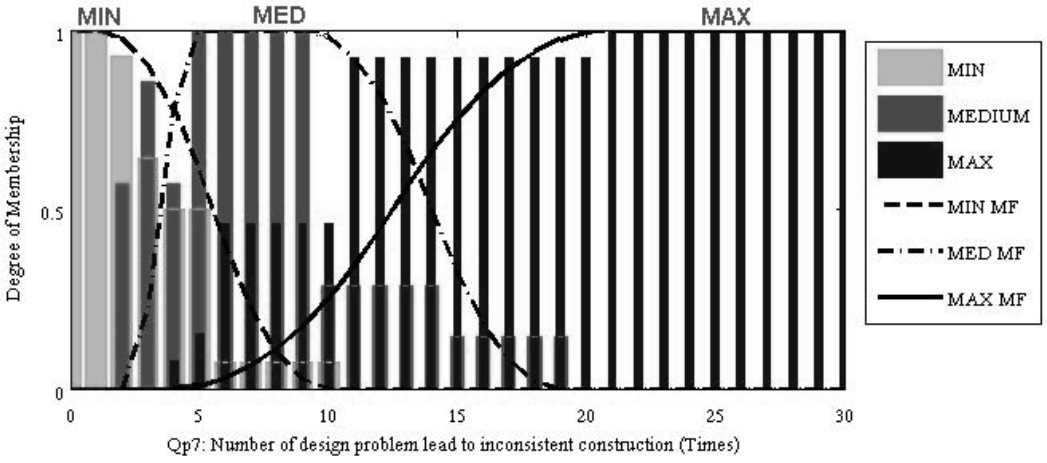
ดัชนี Qp7 คือข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนการหยุดชะงักเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนการหยุดชะงักปานกลาง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนการหยุดชะงักมาก ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp7 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.18 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Qp7 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าจำนวนการก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากงานออกแบบมีเพียงเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 14 ครั้ง ที่ค่า Qp7 เท่ากับ 0 ครั้ง และ 1 ครั้ง หลังจากนั้นความถี่ของค่า Qp7 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Qp7 ระหว่าง 5 ครั้ง และ 10 ครั้ง มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนการก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากงานออกแบบระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Qp7 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Qp7 เท่ากับ 2 ครั้ง จนถึง 20 ครั้ง โดยค่า Qp7 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าจำนวนการก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากงานออกแบบระดับปานกลางคือ Qp7 ที่มีค่าระหว่าง 5 ครั้ง และ 10 ครั้ง โดยมีความถี่เท่ากันคือ 7 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีจำนวนการก่อสร้างหยุดชะงักเนื่องจากงานออกแบบสูง โดยค่า Qp7 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Qp7 ระหว่าง 3 ครั้ง และ 4 ครั้ง ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Qp7 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Qp7 เท่ากับ 20 คือความถี่เท่ากับ 13 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า

Qp7 เท่ากับ 30 ครั้ง ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Qp7 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.19



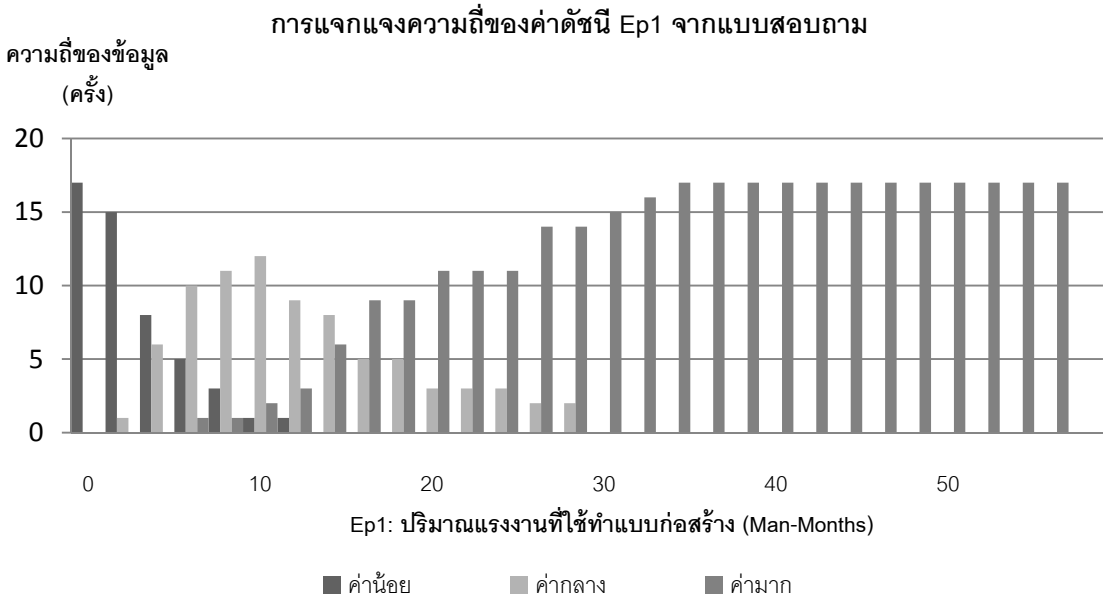
ภาพที่ 5.19 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Qp7

จากภาพที่ 5.19 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับจำนวนครั้งของการหยุดชะงักของการก่อสร้างเนื่องจากเอกสารงานออกแบบมีค่าตั้งแต่ 0 ครั้ง จนกระทั่งค่า Qp7 ที่มีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้าสูงสุดคือค่าที่ 30 ครั้ง

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Ep: ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ

ดัชนี Ep: ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ โดยมีหน่วยวัดเป็นปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) แต่เนื่องจากผู้ให้สัมภาษณ์ได้ระบุให้แบ่งการวัดดัชนีดังกล่าวออกเป็นงานย่อยๆ ได้แก่ Ep1: ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำแบบก่อสร้าง Ep2: ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำข้อกำหนด และ Ep3 ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาเกณฑ์เพื่อวัดงานย่อยๆ ดังกล่าว โดยทั้งสามดัชนีมีการแบ่งกลุ่มของชุดข้อมูลเหมือนกัน คือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าใช้แรงงานในการเตรียมแบบน้อย ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าใช้แรงงานในการเตรียมแบบปานกลาง ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าใช้แรงงานในการเตรียมแบบมาก ซึ่งจะอธิบายการแจกแจงข้อมูลตามลำดับดังนี้

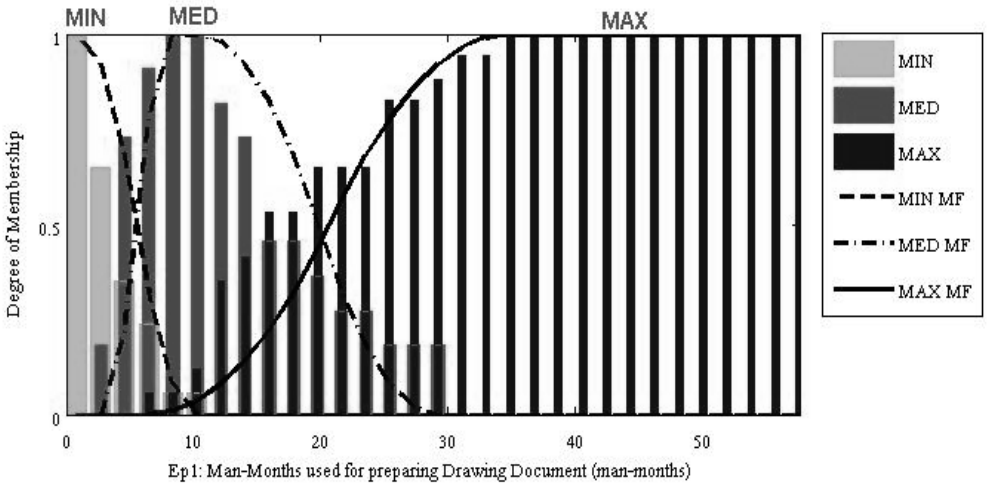
(1) *เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Ep1: ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำแบบก่อสร้าง* ผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.20



ภาพที่ 5.20 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep1 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

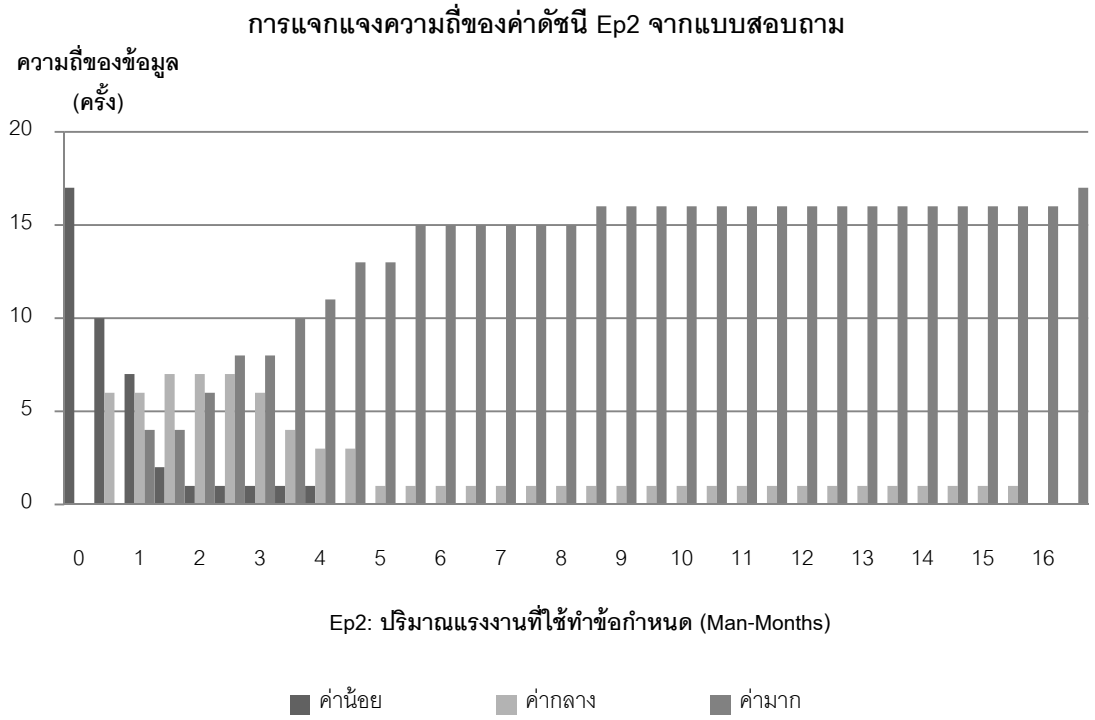
จากภาพที่ 5.20 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep1 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมแบบก่อสร้างเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 17 ครั้ง ที่ค่า Ep1 เท่ากับ 0.8 และ 1.4 แรงงาน-เดือน หลังจากนั้นความถี่ของค่า Ep1 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Ep1 ระหว่าง 8 แรงงาน-เดือน และ 12 แรงงาน-เดือน มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมแบบก่อสร้างระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Ep1 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Ep1 เท่ากับ 2 แรงงาน-เดือน จนถึง 30 แรงงาน-เดือน โดยค่า Ep1 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดคือ Ep1 ที่มีค่าระหว่าง 6.8 แรงงาน-เดือน และ 10.5 แรงงาน-เดือน โดยมีความถี่เท่ากันคือ 11 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมแบบ

ก่อสร้างสูง โดยค่า Ep1 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Ep1 ระหว่าง 4.9 แรงงาน-เดือน และ 9 แรงงาน-เดือน ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้ง เท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Ep1 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Ep1 เท่ากับ 33 คือ ความถี่เท่ากับ 17 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Ep1 เท่ากับ 57.6 แรงงาน-เดือน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Ep1 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.21



ภาพที่ 5.21 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep1

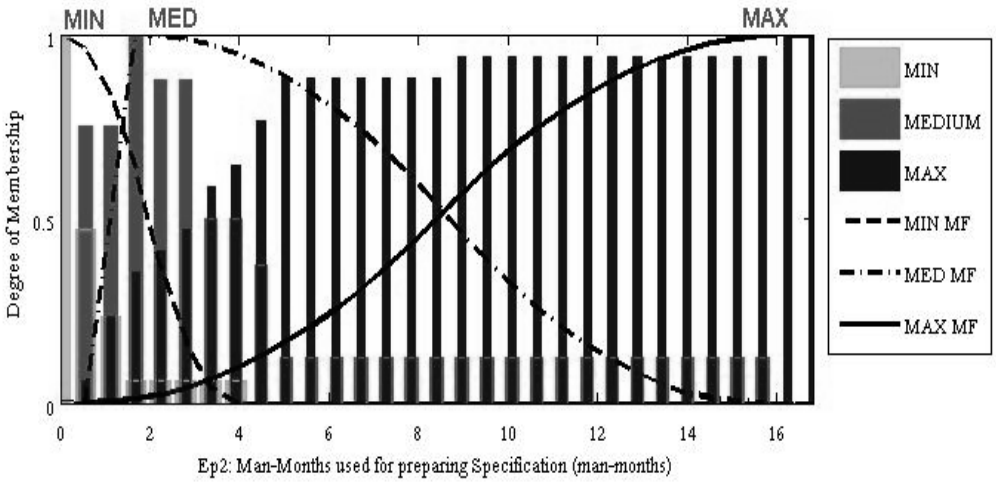
(2) *เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Ep2: ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำข้อกำหนด* ผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.22



ภาพที่ 5.22 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep2 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

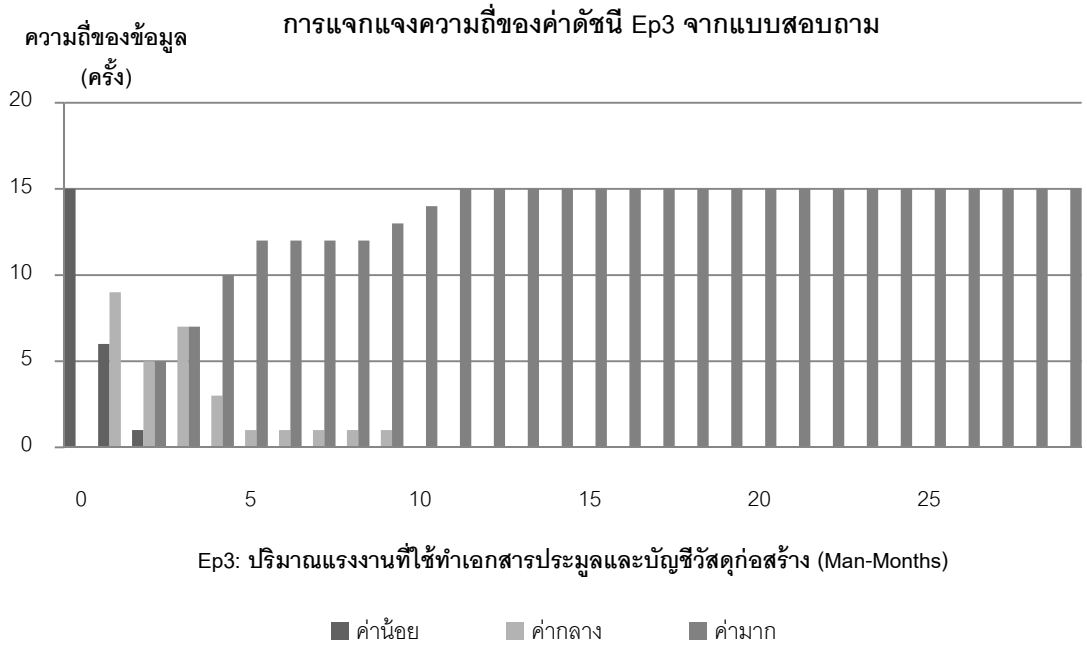
จากภาพที่ 5.22 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep2 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 17 ครั้ง ที่ค่า Ep2 เท่ากับ 0.1 และ 0.15 แรงงาน-เดือน หลังจากนั้นความถี่ของค่า Ep2 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Ep2 ระหว่าง 1.5 แรงงาน-เดือน และ 4 แรงงาน-เดือน มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Ep2 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Ep2 เท่ากับ 0.1 แรงงาน-เดือน จนถึง 16.8 แรงงาน-เดือน โดยค่า Ep2 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดคือ Ep2 ที่มีค่าระหว่าง 1.2 แรงงาน-เดือน และ 1.5 แรงงาน-เดือน โดยมีความถี่เท่ากันคือ 9 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดสูง โดยค่า Ep2 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Ep2

ระหว่าง 0.5 แรงงาน-เดือน และ 0.7 แรงงาน-เดือน ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Ep2 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Ep2 เท่ากับ 16 คือความถี่เท่ากับ 17 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Ep2 เท่ากับ 16.8 แรงงาน-เดือน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Ep2 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.23



ภาพที่ 5.23 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep2

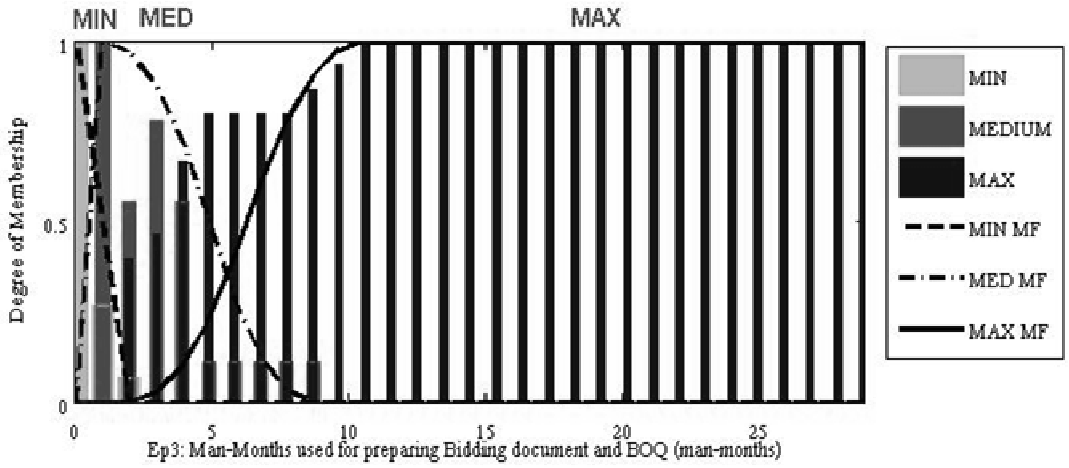
(3) *เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Ep3: ปริมาณแรงงานที่ใช้ทำข้อกำหนด* ผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.24



ภาพที่ 5.24 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep3 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.24 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Ep3 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดเล็กน้อย ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 15 ครั้ง ที่ค่า Ep3 เท่ากับ 0.1 และ 0.2 แรงงาน-เดือน หลังจากนั้นความถี่ของค่า Ep3 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Ep3 ระหว่าง 1.5 แรงงาน-เดือน และ 2.4 แรงงาน-เดือน มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดระดับปานกลาง โดยขอบเขตของค่า Ep3 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Ep3 เท่ากับ 0.45 แรงงาน-เดือน จนถึง 9.6 แรงงาน-เดือน โดยค่า Ep3 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดคือ Ep3 ที่มีค่าระหว่าง 1.2 แรงงาน-เดือน และ 1.4 แรงงาน-เดือน โดยมีความถี่เท่ากันคือ 9 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ปริมาณแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดสูง โดยค่า Ep3 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Ep3 ระหว่าง 1.4 แรงงาน-เดือน และ 1.8 แรงงาน-เดือน ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 4 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนี

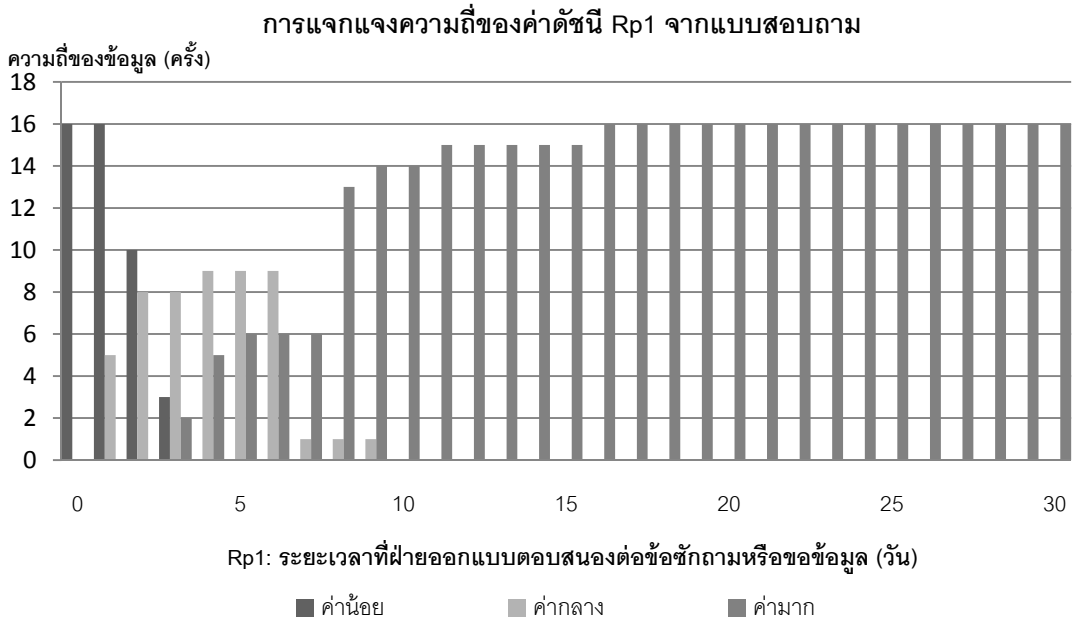
ดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Ep3 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Ep3 เท่ากับ 9.6 แรงงาน-เดือน คือความถี่เท่ากับ 15 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Ep3 เท่ากับ 28.8 แรงงาน-เดือน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Ep3 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.25



ภาพที่ 5.25 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Ep3

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Rp1: ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูล

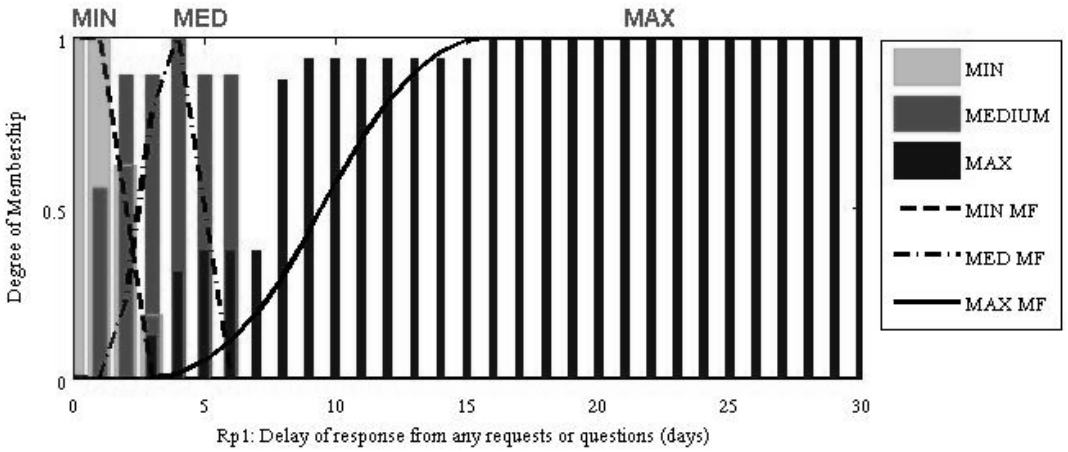
ดัชนี Rp1 คือระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบสามารถตอบสนองต่อคำร้องได้อย่างรวดเร็ว ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อตอบสนองต่อคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบ และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าตอบสนองต่อคำร้องได้อย่างล่าช้า ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.26 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp1 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.26 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp1 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบสามารถตอบสนองต่อคำร้องได้อย่างรวดเร็ว ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 16 ครั้ง ที่ค่า Rp1 น้อยกว่า 1 วัน หลังจากนั้นความถี่ของค่า Rp1 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Rp1 ระหว่าง 2 วัน และ 3 วัน มีความถี่เท่ากับ 3 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อตอบสนองต่อคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบ โดยขอบเขตของค่า Rp1 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Rp1 เท่ากับ 1 วัน จนถึง 10 วัน โดยค่า Rp1 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อตอบสนองต่อคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบ คือ Rp1 ที่มีค่าระหว่าง 4 วัน และ 7 วัน โดยมีความถี่เท่ากันคือ 9 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีตอบสนองต่อคำร้องได้อย่างล่าช้า โดยค่า Rp1 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Rp1 ระหว่าง 2 วัน และ 3 วัน ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 5 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Rp1 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Rp1 เท่ากับ 15 วัน คือความถี่เท่ากับ 16 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Rp1 เท่ากับ 30 วัน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Rp1 จะถูกนำมา

ปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.27

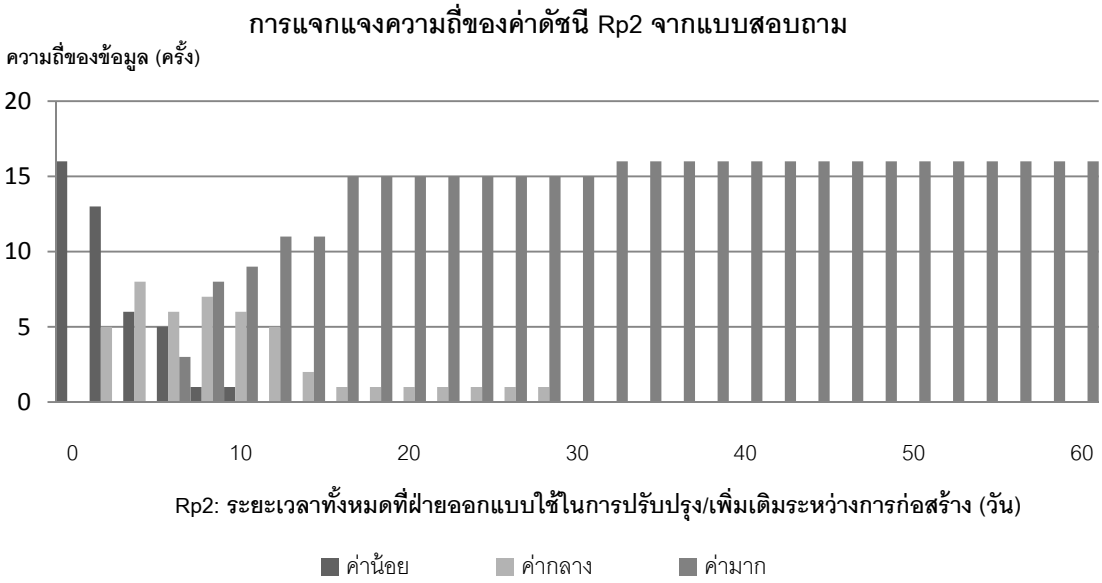


ภาพที่ 5.27 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Rp1

จากภาพที่ 5.27 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลงานออกแบบมีค่าตั้งแต่ภายใน 1 วัน จนกระทั่งค่า Rp1 สูงสุดคือค่าที่ 30 วัน

เกณฑ์ประเมินสำหรับดัชนี Rp2: ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการปรับปรุง/เพิ่มเติมระหว่างการก่อสร้างในโครงการ

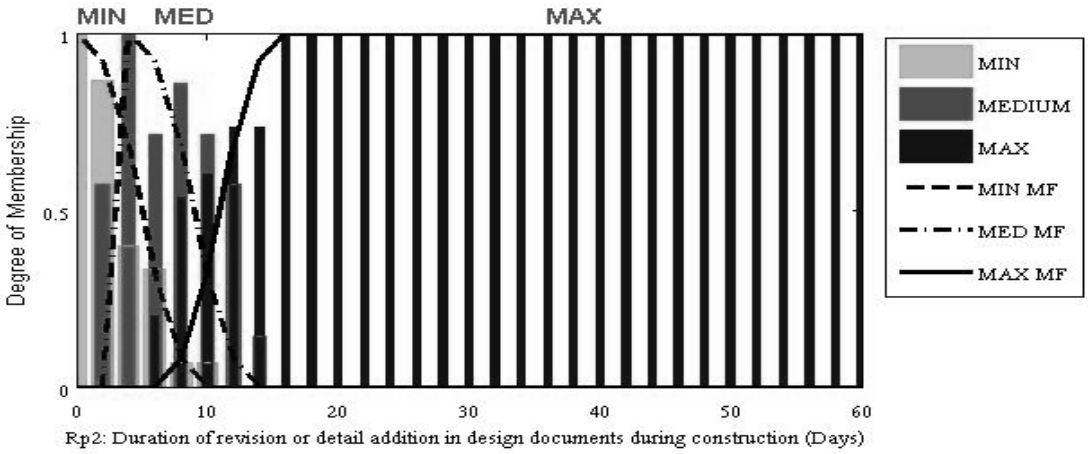
ดัชนี Rp2 คือระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมระหว่างการก่อสร้างในโครงการ ดังนั้นเกณฑ์การประเมินที่ระบุในแบบสอบถามจึงจำแนกออกเป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบสามารถแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้าง และชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบล่าช้าต่อการแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้าง ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุค่าขอบเขตของดัชนีที่ตรงกับชุดข้อมูลทั้งสามชุดข้างต้น และการแจกแจงความถี่ของชุดข้อมูลทั้งสามชุดแสดงในภาพที่ 5.28



ภาพที่ 5.28 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp2 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่ามีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.28 การแจกแจงความถี่ของค่าดัชนี Rp2 สามารถพิจารณาออกเป็น 3 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลชุดแรกคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบสามารถแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ชุดข้อมูลดังกล่าวมีความถี่สูงสุดเท่ากับ 16 ครั้ง ที่ค่า Rp2 น้อยกว่า 1 วัน หลังจากนั้นความถี่ของค่า Rp2 ของชุดข้อมูลนี้จะลดลงจนน้อยสุดที่ค่า Rp2 ระหว่าง 7 วัน และ 10 วัน มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ชุดข้อมูลถัดมาคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้าง โดยขอบเขตของค่า Rp2 ที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุมีค่าตั้งแต่ Rp2 เท่ากับ 1 วัน จนถึง 30 วัน โดยค่า Rp2 ที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุดที่ระบุว่าฝ่ายออกแบบใช้ระยะเวลาปานกลางเพื่อแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้าง คือ Rp2 ที่มีค่าระหว่าง 3 วัน และ 6 วัน โดยมีความถี่เท่ากันคือ 8 ครั้ง และชุดข้อมูลสุดท้ายคือชุดข้อมูลที่ผู้ตอบแบบสอบถามระบุว่าฝ่ายออกแบบล่าช้าต่อการแก้ไขหรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบที่ส่งกลับมาระหว่างก่อสร้าง โดยค่า Rp2 ที่มีจำนวนผู้ระบุว่าอยู่ในชุดข้อมูลนี้น้อยที่สุดคือ Rp2 ระหว่าง 4 วัน และ 5 วัน ซึ่งมีความถี่ของผู้ระบุเท่ากับ 1 ครั้งเท่ากัน หลังจากนั้นค่าความถี่ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ระบุว่าดัชนีดังกล่าวมีปริมาณมากมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Rp2 และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ค่า Rp2 เท่ากับ 30 วัน คือความถี่เท่ากับ 16 ครั้ง และความถี่จึงคงที่ต่อไปจนถึงค่า Rp2 เท่ากับ 60 วัน ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจาก

การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ตอบแบบสอบถาม การแจกแจงความถี่ของดัชนี Rp2 จะถูกนำมาปรับค่าเพื่อให้ได้ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละชุดข้อมูล และนำมาประมาณด้วยฟังก์ชันรูปตัวเอส ฟังก์ชันรูปตัวไพน์ และฟังก์ชันรูปตัวซี ซึ่งกราฟความเป็นสมาชิกสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.29



ภาพที่ 5.29 กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนี Rp2

จากภาพที่ 5.29 แสดงกราฟความเป็นสมาชิกของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุดที่ได้กล่าวข้างต้น โดยค่าที่เป็นไปได้สำหรับระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลงานออกแบบมีค่าตั้งแต่ภายใน 1 วัน จนกระทั่งค่า Rp2 สูงสุดคือค่าที่ 60 วัน

แม้ว่ามีดัชนีที่ระบุว่ามีความเหมาะสมในการวัดผลดำเนินงานจำนวน 10 ดัชนี แต่ผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำว่าควรจำแนกดัชนี Ep ออกเป็นงานย่อยๆ ได้แก่ Ep1 Ep2 และ Ep3 ดังนั้นกราฟความเป็นสมาชิกที่ถูกพัฒนาแทนเกณฑ์การประเมินของกลุ่มข้อมูล จึงมีทั้งสิ้น 12 กราฟ ในหัวข้อนี้กราฟความเป็นสมาชิกที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเพียงการประเมินปริมาณหรือขนาดของค่าที่ได้จากการวัดผลด้วยดัชนี ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น้อยหรือมาก แต่ในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาทั้งปริมาณของค่าที่วัดได้ และลักษณะของโครงการ ดังนั้นในการประเมินผลการดำเนินงาน กราฟความเป็นสมาชิกของดัชนีต่างๆ ต้องนำมาพิจารณาร่วมกันกับกราฟการจำแนกลักษณะโครงการที่ได้แสดงในหัวข้อก่อนหน้านี้ โดยในงานวิจัยนี้อาศัยการพิจารณาร่วมกันระหว่างกราฟความเป็นสมาชิกของการจำแนกขนาดของดัชนีและกราฟความเป็นสมาชิกของการจำแนกลักษณะโครงการ ซึ่งการพิจารณาดังกล่าวต้องอาศัยการอนุมานแบบเงื่อนไข (If-then rule) ซึ่งแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

5.3 การกำหนดเงื่อนไขในการประเมินโดยฝ่ายออกแบบ (Fuzzy Rule)

ในการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ เกณฑ์การประเมินที่แสดงในรูปกราฟความเป็นสมาชิกซึ่งได้กล่าวในหัวข้อก่อนหน้านี้จะถูกพิจารณาร่วมกันด้วยกฎการอนุมานแบบเงื่อนไข อย่างไรก็ตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้สำหรับผู้ประเมินแต่ละท่านย่อมแตกต่างกัน เพื่อหาเงื่อนไขในการประเมินที่ตรงกับทัศนคติของผู้ประเมินส่วนใหญ่ งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างของเงื่อนไขดังกล่าวในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมิน

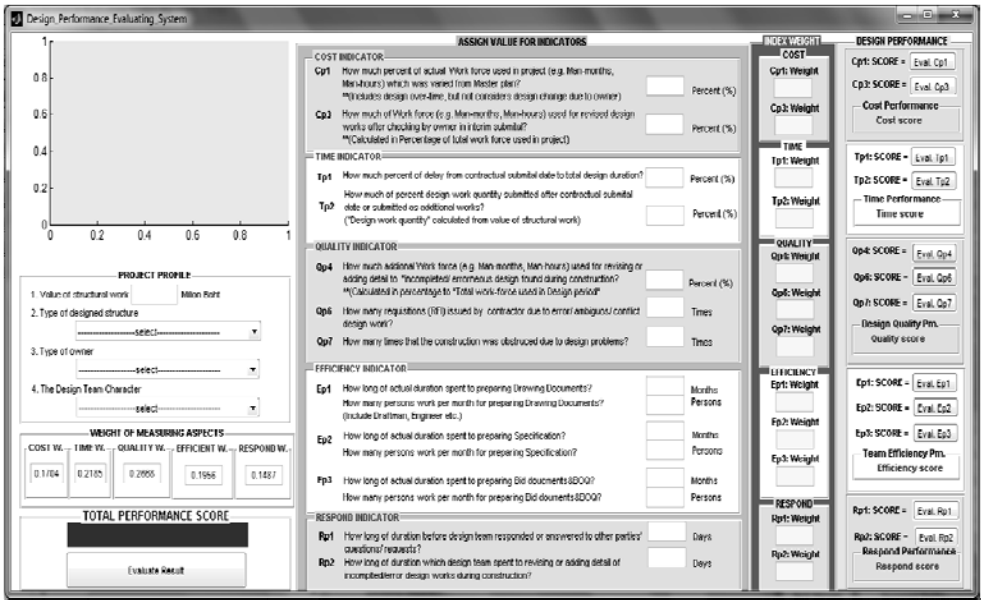
	Cp1: ปริมาณแรงงานของฝ่ายออกแบบ (Man-months) ที่ใช้จริงแตกต่างจากแผนงานเท่าไร		ความยาก-ง่ายในการออกแบบ		ขนาดโครงการ (มูลค่างานโครงสร้าง)		ผลการดำเนินงานในด้านต้นทุน ของฝ่ายออกแบบอยู่ในระดับใด		
							ดี	ปานกลาง	แก้ไข
ถ้า	**แปรผันเล็กน้อย**	และ	**ออกแบบยาก** *(สะพานยาว ตึกสูง โรงกลั่น ฯลฯ)*	และ	โครงการใหญ่	แล้วดังนั้น	✓		
ถ้า		และ		และ	ขนาดกลาง	แล้วดังนั้น	✓		
ถ้า		และ		และ	โครงการเล็ก	แล้วดังนั้น	✓		
ถ้า		และ	**ออกแบบง่าย** *(บ้าน อาคารเตี้ย ห้างฯ สะพานช่วงสั้น ฯลฯ)*	และ	โครงการใหญ่	แล้วดังนั้น	✓		
ถ้า		และ		และ	ขนาดกลาง	แล้วดังนั้น		✓	
ถ้า		และ		และ	โครงการเล็ก	แล้วดังนั้น		✓	

ตารางที่ 5.12 แสดงตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขในการประเมินของดัชนี Cp1: *ปริมาณแรงงานของฝ่ายออกแบบที่แปรผันจากแผนงาน* โดยดัชนี Cp1 มีค่าของชุดที่เป็นไปได้ 3 ชุด ได้แก่ ปริมาณแรงงานแปรผันจากแผนงานเล็กน้อย ปริมาณแรงงานแปรผันจากแผนงานระดับปานกลาง ปริมาณแรงงานแปรผันจากแผนงานมาก ซึ่งชุดข้อมูลทั้ง 3 ประเภทจะถูกพิจารณาร่วมกับเกณฑ์

การประเมินที่เกี่ยวกับลักษณะของโครงการคือ ระดับความยากของการออกแบบ ซึ่งมีประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่จำแนกออกเป็น 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ โครงสร้างที่ออกแบบง่าย และโครงสร้างที่ออกแบบยาก นอกจากนี้เกณฑ์การประเมินลักษณะโครงการยังพิจารณาถึงขนาดของโครงการ ซึ่งมีมูลค่าของงานโครงสร้างจำแนกได้เป็น 3 ชุดข้อมูล ได้แก่ โครงการขนาดเล็ก โครงการขนาดกลาง และโครงการขนาดใหญ่ หลังจากนั้นเมื่อพิจารณาเงื่อนไขที่เกิดจากการรวบรวมเกณฑ์การประเมินข้างต้น ผู้ตอบแบบสอบถามจะถูกขอให้พิจารณาเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นและประเมินว่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ปานกลาง หรือควรปรับปรุงแก้ไข ซึ่งในงานวิจัยนี้มีดัชนีที่ต้องประเมินทั้งสิ้น 12 ดัชนี (Cp1, Cp3, Tp1, Tp2, Qp4, Qp6, Qp7, Ep1, Ep2, Ep3, Rp1, Rp2) และมีเกณฑ์ในการประเมินปริมาณของดัชนี 3 ชุดข้อมูล (น้อย กลาง มาก) มีเกณฑ์การประเมินความยากง่ายในการออกแบบ 2 ชุด (ออกแบบง่าย ออกแบบยาก) และเกณฑ์การประเมินขนาดโครงการ (เล็ก กลาง ใหญ่) ดังนั้นจำนวนเงื่อนไขมีทั้งสิ้น 12x3x2x3 = 216 เงื่อนไข จากการรวบรวมผลการประเมินจากผู้ตอบแบบสอบถามที่ทำงานในฝ่ายออกแบบ 10 ท่าน จึงสามารถเลือกเงื่อนไขที่มีผลการประเมินซ้ำกันมากที่สุด

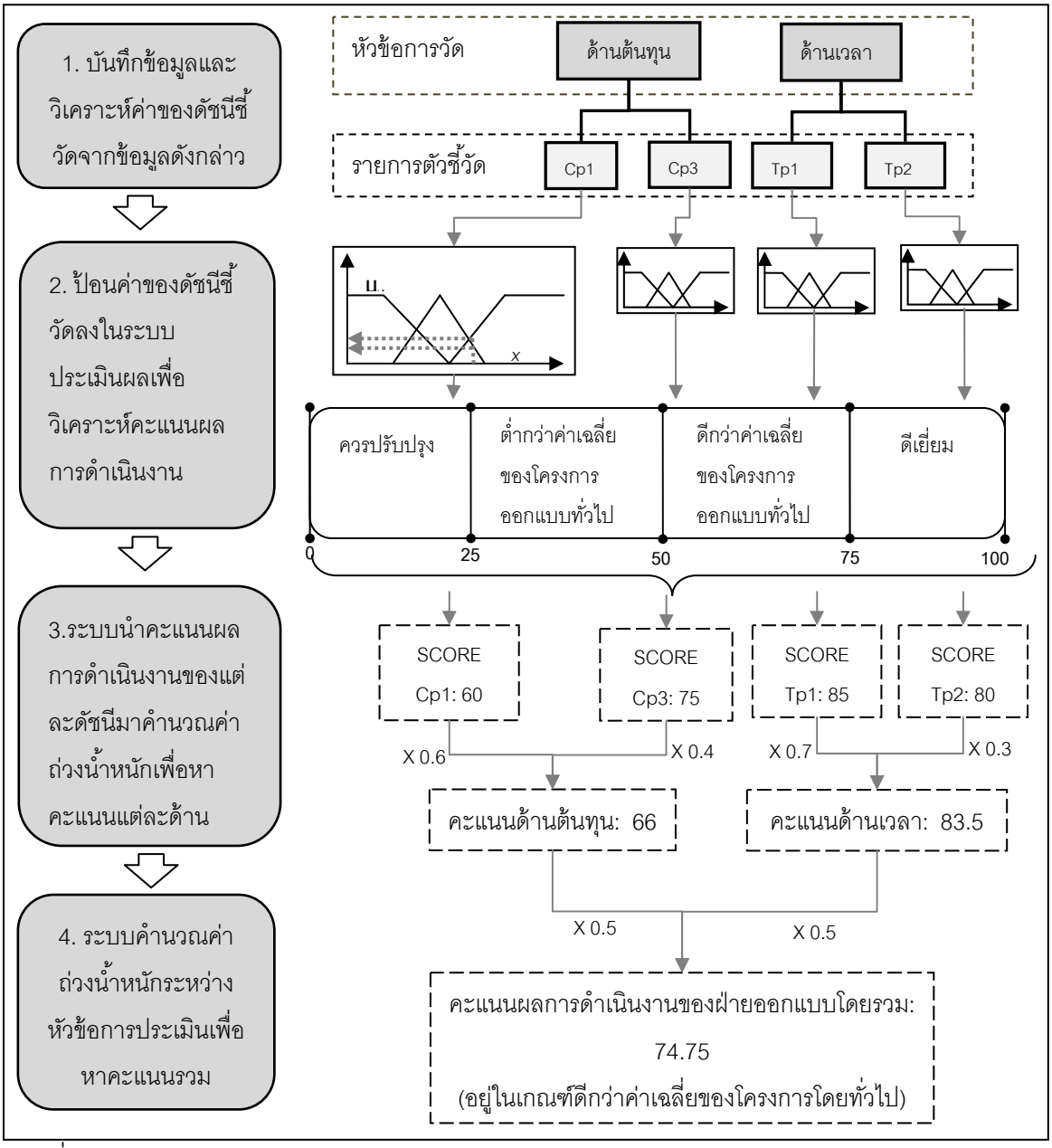
5.4 ลักษณะของระบบประเมินผลการดำเนินงานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์

ข้อมูลและเกณฑ์ที่ได้วิเคราะห์ดังแสดงในบทนี้จะถูกนำมาพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานด้วยโปรแกรม MATLAB ลักษณะของระบบประเมินผลแสดงในภาพที่ 5.30 โดยคู่มือการใช่งานแสดงในภาคผนวก จ



ภาพที่ 5.30 ลักษณะของระบบประเมินผลการดำเนินงานที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์

โดยระบบมีกระบวนการทำงานดังภาพที่ 5.31



ภาพที่ 5.31 กระบวนการทำงานของระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

จากภาพที่ 5.31 แสดงกระบวนการทำงานของระบบ โดยผู้ใช้งานต้องป้อนค่าของดัชนีชี้วัดในโครงการที่ต้องการประเมิน จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์คะแนนผลการดำเนินงานของแต่ละดัชนี เมื่อนำคะแนนดังกล่าวมาพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละดัชนีและค่าถ่วงน้ำหนักของหัวข้อการวัดผลจะได้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมของฝ่ายออกแบบ

ระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้แสดงในบทนี้สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินค่าของดัชนีชี้วัดว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือควรปรับปรุง อย่างไรก็ตามค่าของดัชนีชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผลดังกล่าวอาจจำเป็นต้องมีระบบหรือเอกสารสำหรับการบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมจากเดิม ซึ่งงานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการเก็บข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้งานจริงของระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

5.5 ข้อเสนอแนะแนวทางการเก็บข้อมูล

รายการดัชนีชี้วัดของงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยผู้ประเมินสามารถใช้การประมาณค่าของดัชนีจากโครงการออกแบบที่เสร็จสิ้นแล้ว เช่น ประมาณค่าของต้นทุนที่แปรผันไปจากแผนการหลัก ประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของงานออกแบบ เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวจะสามารถแสดงผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบโดยรวมได้ชัดเจนกว่าการประเมินโดยการให้คะแนนด้วยทัศนคติเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะมีประโยชน์ในการประกอบการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการออกแบบ อย่างไรก็ตามหากบริษัทที่ปรึกษาต้องการใช้ดัชนีชี้วัดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เพื่อวัดค่าที่แท้จริงของผลลัพธ์จากงานออกแบบนอกเหนือจากการประมาณค่า บริษัทดังกล่าวควรจัดเตรียมเอกสารสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสม ในบทนี้เป็นการเสนอกรอบความคิดและข้อเสนอแนะสำหรับการจัดเก็บและบันทึกข้อมูล ซึ่งแสดงในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลที่จำเป็นต้องการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัด

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ข้อมูลที่จำเป็น	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
ด้านต้นทุน	Cp1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานของงานออกแบบจากปริมาณที่กำหนดในแผนงาน	(1) จำนวนผู้รับผิดชอบในโครงการออกแบบ	(1) ผังโครงสร้างการทำงาน (WBS)
			(2) ระยะเวลาออกแบบตามแผนงาน	(2) แผนงานย่อย (Detailed Schedule)
			(3) (4) ระยะเวลาที่ใช้ออกแบบจริง	(3) บันทึกวันที่ในเอกสารแนบพร้อมผลงานที่ส่ง (4) บันทึกการทำงานล่วงเวลาของผู้รับผิดชอบในโครงการ

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลที่จำเป็นต้องการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัด (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ข้อมูลที่จำเป็น	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
ด้านต้นทุน ด้านต้นทุน	Cp3	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	(5) จำนวนผู้รับผิดชอบในการแก้ไขงานแต่ละงวด	(5) รายชื่อผู้รับผิดชอบให้แก้ไขงาน ในบันทึกการแก้ไขงาน (ช่วงการออกแบบ)
			(5) ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ไขงานออกแบบในแต่ละงวดงาน	(5) บันทึกผู้รับผิดชอบ วันรับงาน วันส่งงาน ในบันทึกการแก้ไขงาน (ช่วงการออกแบบ)
			(1) จำนวนผู้รับผิดชอบในโครงการออกแบบ	(1) ผังโครงสร้างการทำงาน (WBS)
			(3) (4) ระยะเวลาที่ใช้ออกแบบจริง	(3) บันทึกวันที่ในเอกสารแนบพร้อมผลงานที่ส่ง (4) บันทึกการทำงานล่วงเวลาของผู้รับผิดชอบในโครงการ
ด้านเวลาและแผนงาน	Tp1	เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ	(6) วันส่งผลงานที่กำหนดตามสัญญา	(6) วันกำหนดส่งงานในสัญญาล่าสุด หากมีการขยายระยะเวลาออกแบบ
			(7) วันส่งผลงานออกแบบจริง	(7) เอกสารรับงานออกแบบ (Design Approval)
	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ	(8) ปริมาณงานออกแบบที่ส่งเพิ่มเติม	(8) จำนวนหมวดงานย่อยที่ส่งเพิ่มเติม และจำนวนหมวดของงานทั้งหมดที่ต้องส่ง

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลที่จำเป็นต้องการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัด (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ข้อมูลที่จำเป็น	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
ด้านคุณภาพ	Qp4	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ	(5) จำนวนผู้รับผิดชอบในการแก้ไขงานแต่ละงวด	(5) รายชื่อผู้รับผิดชอบให้แก้ไขงาน ในบันทึกการแก้ไขงาน (ช่วงการก่อสร้าง)
			(5) ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ไขงานออกแบบในแต่ละงวดงาน	(5) บันทึกผู้รับผิดชอบ วันรับงาน วันส่งงาน ในบันทึกการแก้ไขงาน (ช่วงการก่อสร้าง)
	Qp6	จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ ขัดแย้งกัน ผิดพลาด ไม่สมบูรณ์	(9) จำนวนหัวข้อของคำร้องในเอกสารคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบระหว่างงานก่อสร้างโครงการ	(9) เอกสารคำร้อง (RFI) ซึ่งอาจต้องมีระบบการจัดการเอกสารดังกล่าว เพื่อแยกหัวข้อ เนื่องจากในแต่ละหัวข้อมีปริมาณการแก้ไขที่ไม่เท่ากัน
	Qp7	จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้ง (Dispute) ที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ	(10) จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้ง (Dispute) ที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง	(10) เอกสารบันทึกการประชุมเพื่อเจรจาในการแก้ไขข้อขัดแย้ง
ด้านผลิตภาพ	Ep	ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ	(1) จำนวนผู้รับผิดชอบในโครงการออกแบบ	(1) ผังโครงสร้างการทำงาน (WBS)
			(3) (4) ระยะเวลาที่ใช้ออกแบบจริง	(3) บันทึกวันที่ในเอกสารแนบพร้อมผลงานที่ส่ง (4) บันทึกการทำงานล่วงเวลาของผู้รับผิดชอบในโครงการ

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลที่จำเป็นต้องการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัด (ต่อ)

วัดในด้าน	ดัชนี	ดัชนีวัดผล	ข้อมูลที่จำเป็น	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง	Rp1	ระยะเวลาช้าสุดที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก	(11) วันที่มีคำร้องเข้ามายังบริษัทและวันที่มีการตอบข้อซักถาม	(11) ต้องการระบบในการบันทึกการบริการโดยฝ่ายประสานงานหรือฝ่ายลูกค้าสัมพันธ์เป็นผู้จัดเก็บ
	Rp2	ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ	(5) (9)ระยะเวลาช้าสุดสำหรับการแก้ไขงานออกแบบ หรือเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบ (แต่ละโครงการย่อมแตกต่างกันซึ่งงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเกณฑ์จำแนกตามลักษณะโครงการแล้ว)	(9) วันที่รับงานจากเอกสารคำร้อง (RFI) (5) วันที่เอกสารที่แก้ไขแล้วได้รับการอนุมัติ (ช่วงระหว่างการก่อสร้าง)

จากตารางที่ 5.13 แสดงข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ค่าของแต่ละดัชนีชี้วัดและเอกสารที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นซึ่งผู้วิจัยได้แนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลดังกล่าว โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ข้อมูลจำนวนผู้รับผิดชอบในโครงการออกแบบ: ในการเริ่มโครงการออกแบบผู้บริหารโครงกรจะแบ่งงานในโครงการออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยระบุในผังโครงสร้างการทำงานของโครงการ (Project Work Break Down Structure: PWBS) ซึ่งสมาชิกในฝ่ายออกแบบจะถูกกำหนดหน้าที่การทำงานตามหมวดงานย่อยดังกล่าว โดยสมาชิกที่เกี่ยวข้องได้แก่ผู้บริหารโครงการ วิศวกรออกแบบ ผู้เขียนแบบ แต่ไม่ควรรวมถึงบุคลากรที่ไม่ได้มีหน้าที่ในการเตรียมเอกสารงานออกแบบโดยเฉพาะเช่น ฝ่ายประสานงาน เป็นต้น โดยเอกสารดังกล่าวมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินผลการดำเนินงานของงานวิจัยนี้ได้แก่ จำนวนผู้ออกแบบที่ใช้ในหมวดงานย่อยต่างๆ

(2) ข้อมูลระยะเวลาออกแบบตามแผนงาน : จากหัวข้อข้างต้นเมื่อผู้บริหารโครงการแบ่งงานแต่ละหมวดให้สมาชิกในฝ่ายออกแบบรับผิดชอบแล้ว จะกำหนดแผนงานย่อย (Detailed Design Schedule) ในการดำเนินการออกแบบของแต่ละหมวดงาน ซึ่งแผนงานดังกล่าวมีข้อมูลที่สำคัญต่อการวิเคราะห์เพื่อหาค่าของดัชนีชี้วัดได้แก่ระยะเวลาออกแบบที่ผู้บริหารโครงการคาดการณ์ให้สมาชิกที่รับผิดชอบในหมวดงานดังกล่าวใช้ในการออกแบบ โดยระยะเวลาการออกแบบที่ระบุในแผนงานจะนำมาพิจารณาร่วมกับจำนวนผู้รับผิดชอบในหมวดงานดังกล่าวตามเอกสารที่ระบุในข้อ (1) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแรงงานออกแบบ (Man-Months) ของหมวดงานย่อยๆ ซึ่งเมื่อรวมปริมาณแรงงานทั้งหมดในหมวดงานต่างๆ จะได้ปริมาณแรงงานโดยประมาณที่ใช้สำหรับโครงการดังกล่าว โดยตัวอย่างของแผนงานย่อยและผู้รับผิดชอบในการอกแบบแสดงในภาพที่ 5.32

	หมวดงาน	เริ่ม	เสร็จ	จำนวนวันที่ทำงาน (ไม่คิดวันหยุดราชการและนักขัตฤกษ์)	ผู้รับผิดชอบ	หมวดงานที่ต้องเสร็จก่อน (Precedence)	มี.ค						เม.ย
1.1	Structural Work - Footing												
1.1.1	- Footing Detail 1	1/3/12	6/3/12	3	John S.								
1.1.2	- Footing Detail 2	7/3/12	9/3/12	2	Andrew F.	1.1.1							
1.1.3	- Footing at Terminal	12/3/12	16/3/12	4	Stewart B.	1.1.2							

ภาพที่ 5.32 ตัวอย่างแผนงานย่อยและผู้รับผิดชอบของแต่ละหมวดงานออกแบบ

(3) (4) ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบจริง: ผลงานออกแบบที่เสร็จสิ้นจะมีการระบุวันส่งงานลงในแบบ ในบางบริษัทอาจมีการบันทึกวันรับมอบงานลงในเอกสารแนบ ซึ่งในงานวิจัยนี้แนะนำให้มีการจัดทำเอกสารที่บันทึกวันที่ผู้ออกแบบรับมอบหมายงานและวันที่ผู้ออกแบบส่งผลงานแก่ผู้บริหารโครงการ

เพื่อคำนวณระยะเวลาในการออกแบบที่แท้จริง นอกจากนี้ข้อมูลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือระยะเวลาการทำงานล่วงเวลาสำหรับผู้ออกแบบแต่ละคน เนื่องจากระยะเวลาที่แท้จริงในการออกแบบส่วนหนึ่งถูกรวมอยู่ในการทำงานล่วงเวลา โดยการบันทึกการทำงานล่วงเวลาทั่วไปจะมีการระบุว่าผู้ออกแบบได้ทำงานล่วงเวลาในโครงการใด เมื่อคำนวณผลรวมระหว่างระยะเวลาออกแบบจากบันทึกในเอกสารแนบเมื่อส่งผลงานและบันทึกการทำงานล่วงเวลาจะได้ระยะเวลาที่ผู้ออกแบบแต่ละคนใช้ในการทำงาน

(5) ข้อมูลเกี่ยวกับการแก้ไขผลงานออกแบบ: ข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัดที่เกี่ยวข้องต่อการแก้ไขงานออกแบบได้แก่ จำนวนผู้แก้ไขแบบ และระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ไขแบบ ซึ่งโดยปกติการแก้ไขผลงานออกแบบจะมีการระบุผู้แก้ไขและวันที่แก้ไขลงในแบบโดยเฉพาะในโครงการแบบ อย่างไรก็ตามข้อมูลดังกล่าวควรมีระบบในการบันทึกเพื่อใช้อ้างอิงในภายหลัง โดยบริษัทที่ประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลในงานวิจัยนี้ควรมีระบบในการบันทึกการแก้ไขผลงานซึ่งแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ การแก้ไขผลงานภายหลังการส่งงวดงานออกแบบ และการแก้ไขผลงานในช่วงระหว่างการก่อสร้าง โดยมีเอกสารในการบันทึกผู้รับผิดชอบในการแก้ไข วันที่รับมอบหมายงานแก้ไข วันที่ส่งผลงานแก้ไขแก่ผู้บริหารโครงการ

(6) ข้อมูลวันกำหนดส่งผลงานออกแบบตามสัญญา: การวัดความล่าช้าในการส่งผลงานออกแบบจะใช้การวัดโดยเทียบกับวันที่กำหนดส่งงานตามสัญญา และในกรณีที่มีการขยายเวลาในสัญญาจากเจ้าของโครงการให้ยึดวันที่กำหนดส่งผลงานใหม่ที่ได้รับการขยายแล้ว

(7) ข้อมูลวันที่ส่งผลงานออกแบบจริง (Design Approval): การส่งผลงานออกแบบที่เสร็จสิ้นโดยทั่วไปใช้การประทับตราอนุมัติลงในผลงานออกแบบโดยฝ่ายเจ้าของโครงการซึ่งจะมีการระบุวันที่อนุมัติอยู่ในผลงานออกแบบ หรือในเอกสารแนบ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลของงานวิจัยนี้ ควรมีระบบในการบันทึกข้อมูลดังกล่าวเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงในภายหลัง

(8) ข้อมูลปริมาณงานออกแบบที่ส่งเพิ่มเติม: สำหรับงานวิจัยนี้การพิจารณาปริมาณงานออกแบบที่ส่งเป็นงานเพิ่มเติมภายหลังกำหนดส่งงานตามสัญญาจะใช้การวัดเป็นหมวดของงานออกแบบ โดยทั่วไปหากมีการส่งงานเพิ่มเติมฝ่าย

ออกแบบมักส่งงานในแต่ละหมวดหลักๆ ครบแต่มักส่งงานที่เป็นรายละเอียดซึ่งเป็นหมวดย่อยๆ ในภายหลัง เช่นในงานโครงสร้างอาจส่งงานหมวดหลัก เช่น ผังโครงหลังคา ซึ่งอาจมีงานในหมวดย่อยๆ เช่น รูปหน้าตัดผังโครงหลังคา จุดเชื่อมต่อโครงหลังคา ที่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ โดยทั่วไปการแบ่งหมวดงานของการออกแบบจะไม่แตกต่างกันมากนักในโครงสร้างประเภทเดียวกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงคิดเปอร์เซ็นต์ของปริมาณงานที่ส่งเพิ่มเติมในรูปของจำนวนหมวดงานออกแบบย่อยที่ส่งภายหลังกำหนด เทียบกับจำนวนหมวดงานออกแบบย่อยทั้งหมดที่ต้องส่งในโครงการ ซึ่งเอกสารที่แสดงหมวดงานต่างๆ ได้แก่ สารบัญแบบ (List of Drawing)

(9) ข้อมูลจำนวนหัวข้อของคำร้องในเอกสารคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบระหว่างงานก่อสร้าง : การประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จำเป็นต้องมีระบบในการรวบรวมเอกสารคำร้องจากผู้รับเหมาหรือวิศวกรผู้ควบคุมงาน ซึ่งในบางครั้งเอกสารคำร้องหนึ่งฉบับอาจมีคำร้องมากกว่าหนึ่งหัวข้อ ดังนั้นจำนวนของคำร้องควรพิจารณาจากจำนวนหัวข้อ นอกจากนี้ระบบการรวบรวมคำร้องควรมีการจำแนกประเภทของคำร้อง โดยข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินผลจะไม่พิจารณาคำร้องเพื่อการยืนยันก่อนการก่อสร้างจริง (Confirmation) แต่ควรพิจารณาคำร้องเกี่ยวกับปัญหาในแบบ เช่น แบบคลุมเครือ แบบผิดพลาด เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปบริษัทส่วนใหญ่มีการรวบรวมคำร้องดังกล่าวโดยรวมแต่อาจไม่มีการจำแนกหมวดหมู่ของคำร้องดังกล่าวแม้ว่าจะสามารถจำแนกประเภทคำร้องจากรายละเอียดที่ผู้รับเหมาแจ้งมาก็ตาม ดังนั้นอาจต้องมีขั้นตอนดังกล่าวเพิ่มเติมเพื่อการประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลจากงานวิจัยนี้

(10) เอกสารบันทึกการประชุมเพื่อเจรจาหาข้อยุติเมื่อมีความขัดแย้งเกิดขึ้น: ในกรณีที่มีข้อขัดแย้งซึ่งเกี่ยวข้องกับฝ่ายออกแบบเกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง ฝ่ายออกแบบและฝ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น ตัวแทนเจ้าของโครงการ วิศวกรควบคุมงานอาจประชุมเพื่อยุติข้อขัดแย้งดังกล่าว ซึ่งเอกสารในการบันทึกวาระการประชุมจะสามารถระบุได้ว่าในโครงการดังกล่าวมีข้อขัดแย้งที่เกี่ยวกับฝ่ายออกแบบเกิดขึ้นกี่ครั้ง

(11) วันที่มีข้อซักถามเข้ามายังบริษัทและวันที่มีการตอบข้อซักถาม: งานในช่วงการดำเนินงานออกแบบอาจรวมถึงการให้บริการในการตอบข้อซักถามต่างๆ ที่

เกี่ยวกับโครงการ เช่น เจ้าของโครงการอาจต้องการทราบถึงมูลค่าของโครงการในเบื้องต้น หรือต้องการทราบว่ามีข้อกำหนดทางด้านกฎหมายใดที่เป็นข้อจำกัดสำหรับโครงการ เป็นต้น โดยอาจติดต่อกับฝ่ายประสานงาน หรือติดต่อกับผู้บริหารโครงการออกแบบโดยตรง อย่างไรก็ตามบางบริษัทอาจไม่มีการบันทึกข้อซักถามดังกล่าวอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรแต่พยายามตอบคำถามดังกล่าวตามลำดับของข้อซักถามที่ได้รับแจ้ง อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลในงานวิจัยนี้แนะนำให้พัฒนาระบบในการบันทึกข้อซักถามดังกล่าวโดยมีการระบุหัวข้อของคำถาม วันที่รับเรื่อง วันที่ตอบข้อซักถาม ลำดับความสำคัญของข้อซักถามดังกล่าว ซึ่งผู้บันทึกข้อมูลได้แก่ฝ่ายประสานงาน ฝ่ายลูกค้าสัมพันธ์ หรือสมาชิกในฝ่ายออกแบบที่รับผิดชอบโครงการดังกล่าว โดยระบบบันทึกข้อซักถามนอกจากช่วยเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินผลการดำเนินงานแล้ว ยังสามารถช่วยเรียบเรียงหัวข้อของข้อซักถามเพื่อให้ฝ่ายออกแบบทราบว่ามีข้อซักถามใดบ้างที่ต้องตอบแก่ฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้การส่งข้อมูลที่จำเป็นไปยังฝ่ายที่เกี่ยวข้องมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

หัวข้อนี้เป็นการแสดงข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ค่าของดัชนีชี้วัดแต่ละรายการ และแสดงเอกสารในกระบวนการออกแบบซึ่งผู้วิจัยได้แนะนำในเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูล โดยเอกสารบางอย่างได้มีการใช้งานและจัดเก็บในบริษัทโดยทั่วไป แต่อาจต้องมีการเพิ่มเติมรายละเอียดและระบบในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินผลโดยเฉพาะ ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงในข้างต้น

5.6 สรุปท้ายบท

ในบทนี้เป็นการแสดงการรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานงานของฝ่ายออกแบบ โดยระบบประกอบจากข้อมูลที่จำเป็นสามส่วน ได้แก่ ส่วนการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก ส่วนการรวบรวมและพัฒนาเกณฑ์การประเมิน และการรวบรวมเงื่อนไขที่ใช้เชื่อมเกณฑ์การประเมินแต่ละเกณฑ์เข้าด้วยกัน โดยส่วนแรกเป็นการการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) เพื่อเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีวัดผลที่อยู่ในหัวข้อการวัดผลเดียวกันว่าดัชนีใดสามารถสะท้อนผลการดำเนินงานในหัวข้อดังกล่าวได้มากกว่ากัน และการเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างหัวข้อการวัดผลดำเนินงานว่าหัวข้อการดำเนินงานใดที่ฝ่ายออกแบบควรให้ความใส่ใจมากกว่ากัน ผลจากการเก็บข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ 7 ท่านแสดงให้เห็นว่าหัวข้อที่สำคัญที่สุดคือการวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ (Quality of Design Document) 26.68% รองลงมาคือด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ (Time and Schedule of Design Team) 21.85% ในส่วนต่อมาคือการรวบรวมและพัฒนาเกณฑ์การประเมิน ซึ่งงานวิจัยนี้พัฒนาเกณฑ์การประเมินในรูปฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวได้จากการรวบรวมเกณฑ์จากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ 19 ท่านเพื่อสร้างเป็นกราฟการแจกแจงข้อมูล จากกราฟดังกล่าวข้อมูลที่จำเป็นสองชุดได้แก่ ขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดและช่วงของข้อมูลที่มีการแจกแจงสูงสุดจะถูกนำมาประมาณให้เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิก และในส่วนสุดท้ายคือการกำหนดเงื่อนไขการประเมินผลการดำเนินงานเนื่องจากการประเมินต้องพิจารณาหลายเกณฑ์ประกอบกัน เช่น เกณฑ์จำแนกขนาดโครงการ เกณฑ์จำแนกระดับความยากในการออกแบบ หรือเกณฑ์จำแนกปริมาณของค่าที่ได้จากดัชนีวัดผล เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขที่เป็นไปได้ทั้งหมด 216 กรณี เงื่อนไขจะถูกรวบรวมจากผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบ 10 ท่าน โดยเงื่อนไขที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดจะถูกเลือกใช้เป็นเงื่อนไขของระบบ ระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นเกณฑ์การระบุระดับความเหมาะสมของดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงาน ซึ่งผู้ใช้งานระบบอาจประมาณค่าดังกล่าวที่เกิดขึ้นในโครงการหรืออาจมีการบันทึกค่าของดัชนีชี้วัดที่แท้จริง อย่างไรก็ตามในตอนท้ายของบทนี้ได้เสนอแนวทางการบันทึกข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานประเมินผลซึ่งแนวทางดังกล่าวเกี่ยวข้องต่อเอกสารต่างๆในกระบวนการออกแบบ หลังจากนั้นระบบประเมินผลจะถูกทดสอบความถูกต้องซึ่งจะแสดงในบทต่อไป

บทที่ 6
การทดสอบระบบประเมินผลการดำเนินงาน

บทนี้แสดงผลการทดสอบระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบที่ได้รับพัฒนาจนเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งงานวิจัยแบ่งการทดสอบของระบบออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การทดสอบความถูกต้องของการทำงาน (Verification) และการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Validation) ซึ่งในการทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบจะแบ่งย่อยเป็นการตรวจสอบความแม่นยำ (Reliability) และการตรวจสอบความอ่อนไหวของระบบ (Sensitivity analysis) รายละเอียดของการทดสอบได้แสดงในหัวข้อต่อไปนี้

6.1 การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ (Verification)

การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ เป็นกระบวนการทดสอบว่าระบบสามารถดำเนินการตามแบบจำลองหรือแนวทางที่กำหนดได้อย่างสมบูรณ์ มีความแม่นยำของคำตอบจากข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนสู่ระบบ (Smith และ Kandel, 1995; IEE, 1990) โดยงานวิจัยนี้แบ่งการทดสอบความถูกต้องของระบบดังหัวข้อย่อยต่อไปนี้

6.1.1 ผลการทดสอบความเชื่อมั่นของระบบ

การทดสอบความเชื่อมั่นเป็นการทดสอบว่าระบบสามารถให้คำตอบเดียวกันเมื่อข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้าระบบไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดชุดข้อมูลที่ต่างกัน 2 ชุด ทำการป้อนชุดข้อมูลดังกล่าวและบันทึกผลลัพธ์ของระบบ โดยกำหนดให้มีข้อมูลที่ป้อนเข้าระบบมีค่าดังแสดงในตารางที่ 6.1 จากตารางดังกล่าวไม่มีการป้อนข้อมูล Tp2 และข้อมูลในสองแถวสุดท้ายของตาราง เนื่องจากข้อมูลชุดที่สองกำหนดให้เป็นโครงการภาครัฐและมีฝ่ายประมาณราคาทำหน้าที่เตรียมเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุแทนฝ่ายออกแบบ (รายละเอียดศึกษาในบทที่ 5) ผลลัพธ์จากการประเมินด้วยระบบแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของระบบจำนวนสองชุด

ข้อมูลที่ป้อนเข้าระบบ	ข้อมูลชุดที่ 1	ข้อมูลชุดที่ 2
มูลค่าของงานโครงสร้าง (ล้านบาท)	400	1500
ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	โรงเก็บสินค้า	สะพานช่วงยาว 80-100 เมตร
ประเภทของเจ้าของโครงการ	ภาคเอกชน	ภาครัฐ
ลักษณะของฝ่ายออกแบบ	ไม่มีฝ่ายประมาณราคา	มีฝ่ายประมาณราคา
ค่าของดัชนี Cp1 (%)	18	31
ค่าของดัชนี Cp3 (%)	30	18
ค่าของดัชนี Tp1 (%)	29	41
ค่าของดัชนี Tp2 (%)	60	-
ค่าของดัชนี Qp4 (%)	14	29
ค่าของดัชนี Qp6 (ครั้ง)	20	40
ค่าของดัชนี Qp7 (ครั้ง)	5	15
ค่าของดัชนี Rp1 (วัน)	5	15
ค่าของดัชนี Rp2 (วัน)	8	8
ระยะเวลาที่ใช้เตรียมแบบก่อสร้าง (เดือน)	3	8
จำนวนแรงงานที่ใช้เตรียมแบบก่อสร้าง (คน)	2	6
ระยะเวลาที่ใช้เตรียมข้อกำหนดงานก่อสร้าง (เดือน)	1	3
จำนวนแรงงานที่ใช้เตรียมข้อกำหนดงานก่อสร้าง (คน)	1	2
ระยะเวลาที่ใช้เตรียมเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุ (เดือน)	1	-
จำนวนแรงงานที่ใช้เตรียมเอกสารประมูลและบัญชีวัสดุ (คน)	1	-

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบจากการป้อนข้อมูลสองชุด

รายการป้อนข้อมูล	การป้อนข้อมูลชุดที่ 1		การป้อนข้อมูลชุดที่ 2	
	ผลลัพธ์รอบแรก (Output)	ผลลัพธ์ที่สอง (Output)	ผลลัพธ์รอบแรก (Output)	ผลลัพธ์ที่สอง (Output)
คะแนนจากการประเมินดัชนี Cp1 (%)	49.92	49.92	50.00	50.00
คะแนนจากการประเมินดัชนี Cp3 (%)	41.70	41.70	50.05	50.05
คะแนนจากการประเมินดัชนี Tp1 (%)	18.48	18.48	50.00	50.00
คะแนนจากการประเมินดัชนี Tp2 (%)	36.40	36.40	-	-
คะแนนจากการประเมินดัชนี Qp4 (%)	41.95	41.95	50.00	50.00

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบจากการป้อนข้อมูลสองชุด (ต่อ)

รายการป้อนข้อมูล	การป้อนข้อมูลชุดที่ 1		การป้อนข้อมูลชุดที่ 2	
	ผลลัพธ์รอบแรก (Output)	ผลลัพธ์ที่สอง (Output)	ผลลัพธ์รอบแรก (Output)	ผลลัพธ์ที่สอง (Output)
คะแนนจากการประเมินดัชนี Qp6 (%)	50.00	50.00	58.67	58.67
คะแนนจากการประเมินดัชนี Qp7 (%)	48.30	48.30	54.96	54.96
คะแนนจากการประเมินดัชนี Rp1 (%)	56.89	56.89	50.00	50.00
คะแนนจากการประเมินดัชนี Rp2 (%)	57.89	57.89	65.64	65.64
คะแนนจากการประเมินดัชนี Ep1 (%)	57.89	57.89	50.00	50.00
คะแนนจากการประเมินดัชนี Ep2 (%)	63.86	63.86	65.66	65.66
คะแนนจากการประเมินดัชนี Ep3 (%)	50.21	50.21	-	-
คะแนนผลการดำเนินงานรวมที่คำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก (%)	45.1631	45.1631	53.2218	53.2218

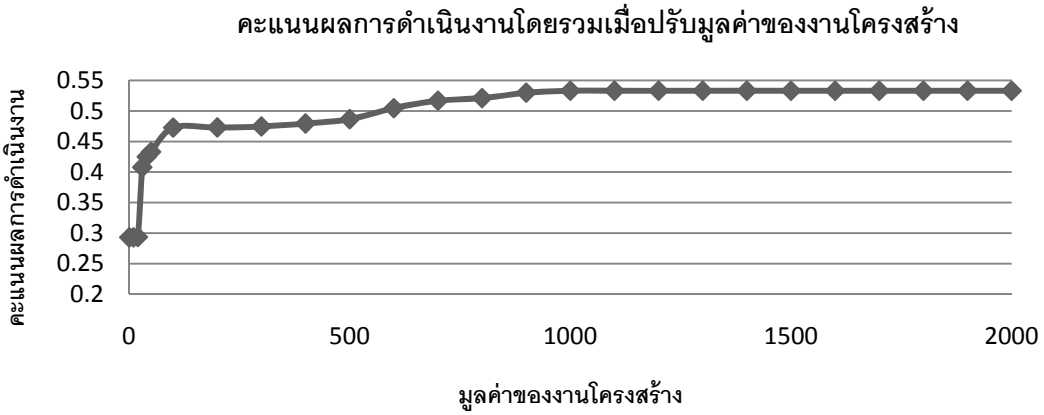
ตารางที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าจากการทดสอบป้อนข้อมูลและประเมินผลลัพธ์ของระบบอย่างต่อเนื่อง พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของข้อมูลที่ป้อนเข้าระบบทั้งสองชุด และผลลัพธ์ที่ได้จากการป้อนข้อมูลชุดเดียวกันมีค่าเท่ากัน จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบมีความเชื่อมั่นในการทำงาน

6.1.2 **การทดสอบความอ่อนไหวของระบบ** (Sensitivity Analysis)

การทดสอบความอ่อนไหวของระบบเป็นวิธีการทดสอบแนวโน้มของผลลัพธ์ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยการเปลี่ยนค่าของข้อมูลป้อนเข้าของแต่ละตัวแปรทีละน้อย และพิจารณาแนวโน้มของผลลัพธ์ว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ (ÓKeefe, Balci และ Smith, 1986) จากการทดลองปรับค่าของตัวแปรข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องป้อนเข้าสู่ระบบทีละตัวแปร สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวและคะแนนผลดารดำเนินงานของฝ่ายออกแบบซึ่งเป็นผลลัพธ์ของระบบได้ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

(1) *การทดสอบความอ่อนไหวของตัวแปรมูลค่างานก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้าง*

ผลการปรับค่าตัวแปรมูลค่างานโครงสร้าง ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.1

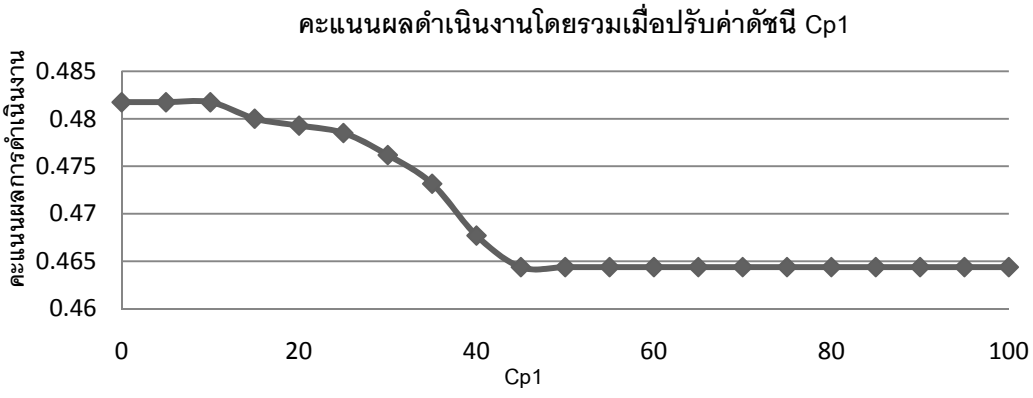


ภาพที่ 6.1 การทดสอบความอ่อนไหวของตัวแปรมูลค่างานโครงสร้าง

ภาพที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรมูลค่างานโครงสร้างเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะเพิ่มสูงตามไปด้วย แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบที่มีปริมาณงานขนาดใหญ่ขึ้นแต่ค่าดัชนีวัดผลให้เท่าเดิม จะสะท้อนความสามารถในการควบคุมค่าของดัชนีวัดผลให้อยู่ในระดับต่ำได้ ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมเพิ่มขึ้น

(2) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp1*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Cp1 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.2

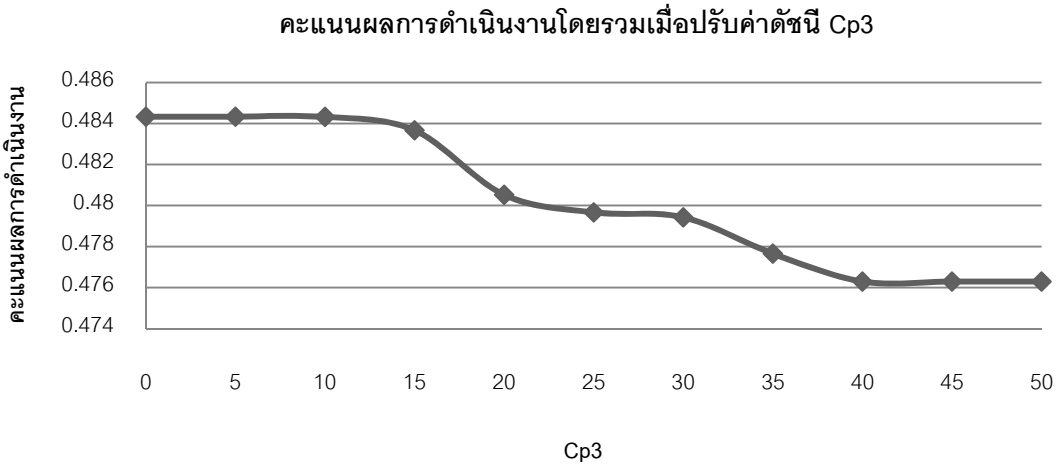


ภาพที่ 6.2 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp1

ภาพที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Cp1: *เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงานของงานออกแบบจริงต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบไม่สามารถควบคุมความแปรผันของปริมาณแรงงานและมีการแปรผันจากแผนงานเดิมมากขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(3) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp3*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Cp3 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.3

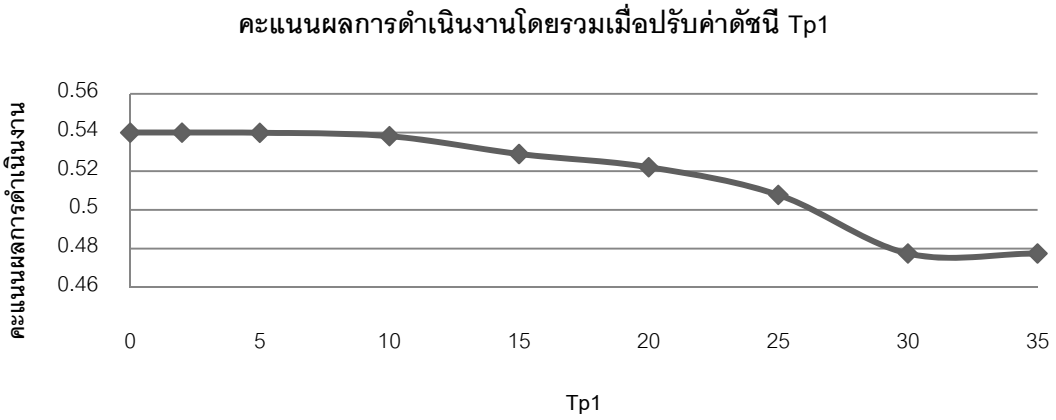


ภาพที่ 6.3 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Cp3

ภาพที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Cp3: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบต่อปริมาณแรงงานทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบไม่สามารถควบคุมต้นทุนที่เกิดจากการแก้ไขแบบได้และมีสัดส่วนสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(4) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp1*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Tp1 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.4

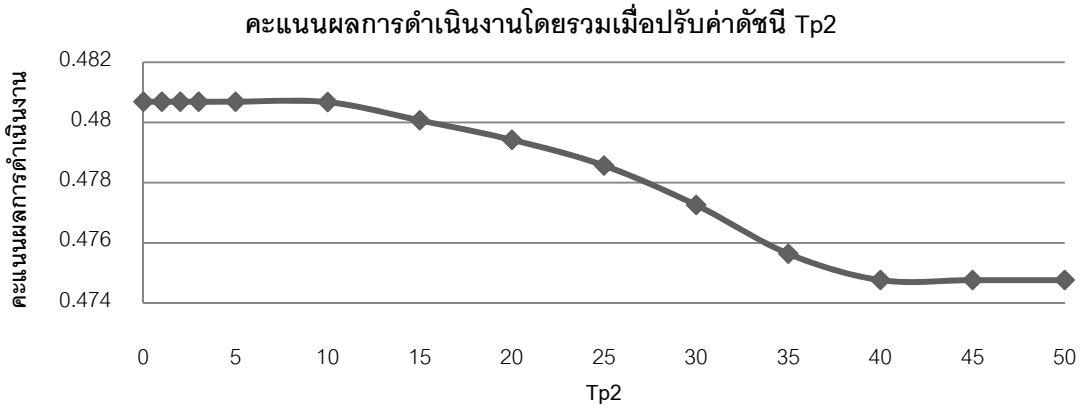


ภาพที่ 6.4 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp1

ภาพที่ 6.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Tp1: *เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบไม่สามารถควบคุมแผนงานและระยะเวลาล่าช้าเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(5) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp2*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Tp2 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.5

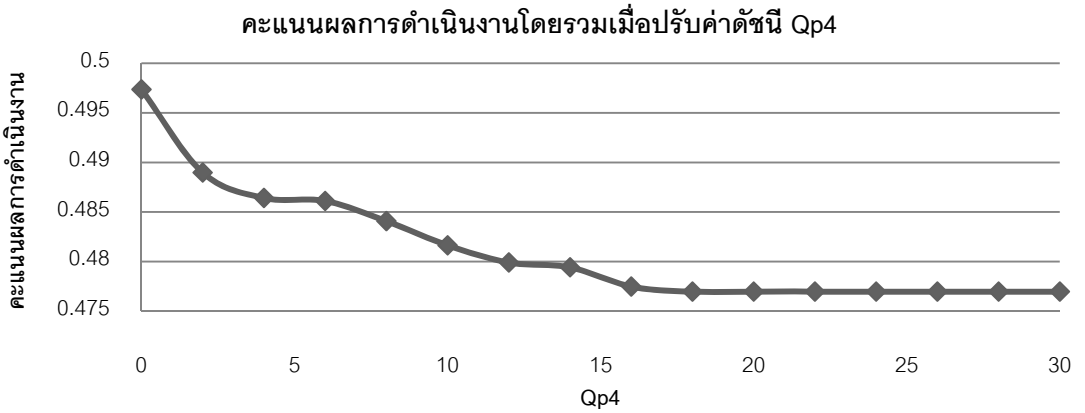


ภาพที่ 6.5 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Tp2

ภาพที่ 6.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Tp2: *เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ ในโครงการ* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีปริมาณผลงานที่ส่งล่าช้ากว่าวันที่กำหนดตามสัญญาเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(6) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp4*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Qp4 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.6

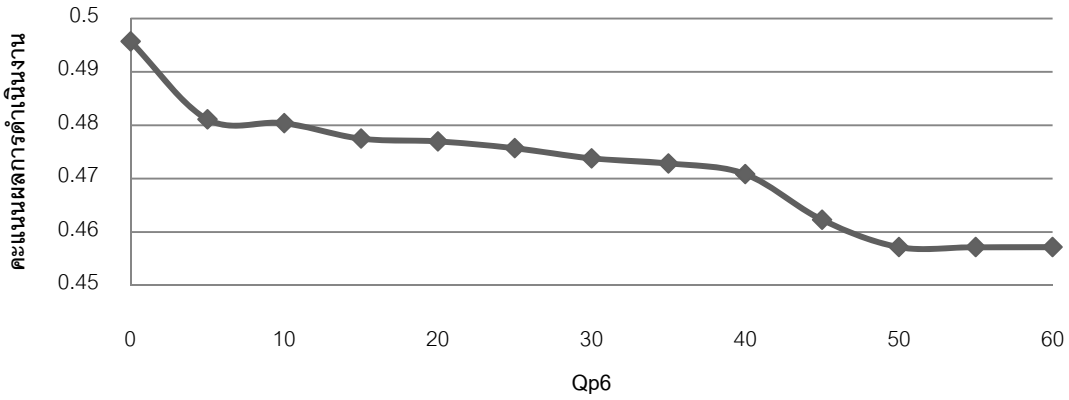


ภาพที่ 6.6 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp4

ภาพที่ 6.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Qp4: *เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้าง* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีปริมาณแรงงานที่ใช้สำหรับแก้ไขผลงานออกแบบเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(7) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp6*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Qp6 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.7

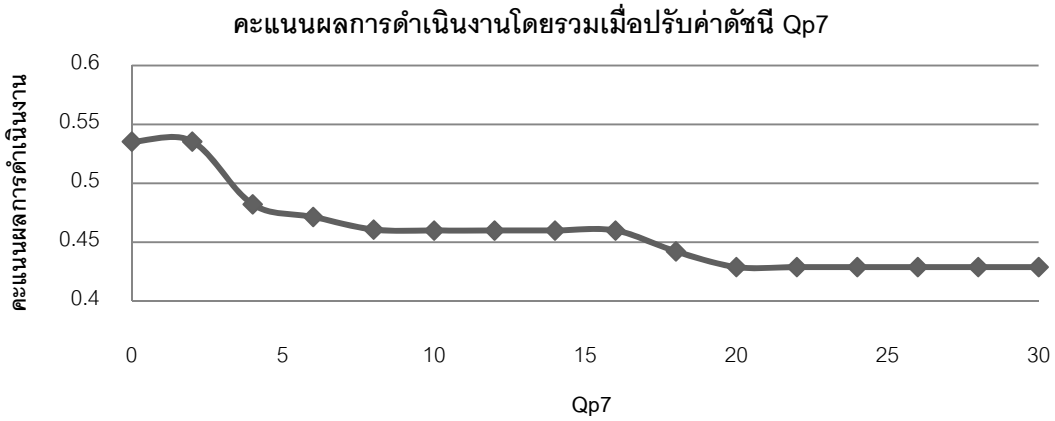


ภาพที่ 6.7 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp4

ภาพที่ 6.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Qp6: *จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้าง* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีจำนวนคำร้องที่ส่งมายังฝ่ายออกแบบเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(8) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp8*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Qp7 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.8

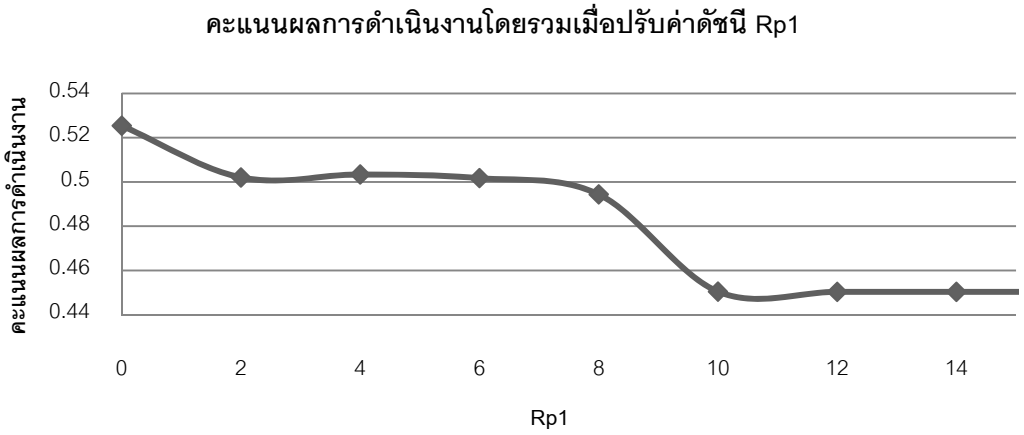


ภาพที่ 6.8 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Qp7

ภาพที่ 6.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Qp7: *จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้าง* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีปัญหาหรือข้อขัดแย้งเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมลดต่ำลง

(9) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp1*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Rp1 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.9

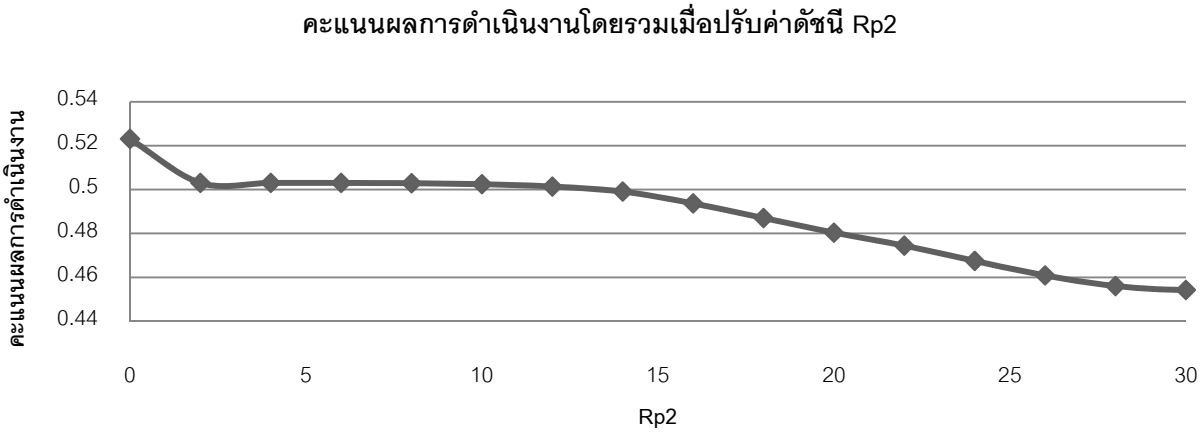


ภาพที่ 6.9 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp1

ภาพที่ 6.9 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Rp1: *ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีระยะเวลาในการตอบสนองต่อข้อเรียกร้องต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นย่อมสะท้อนถึงคะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมที่ลดต่ำลง

(10) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp2*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Rp2 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.10

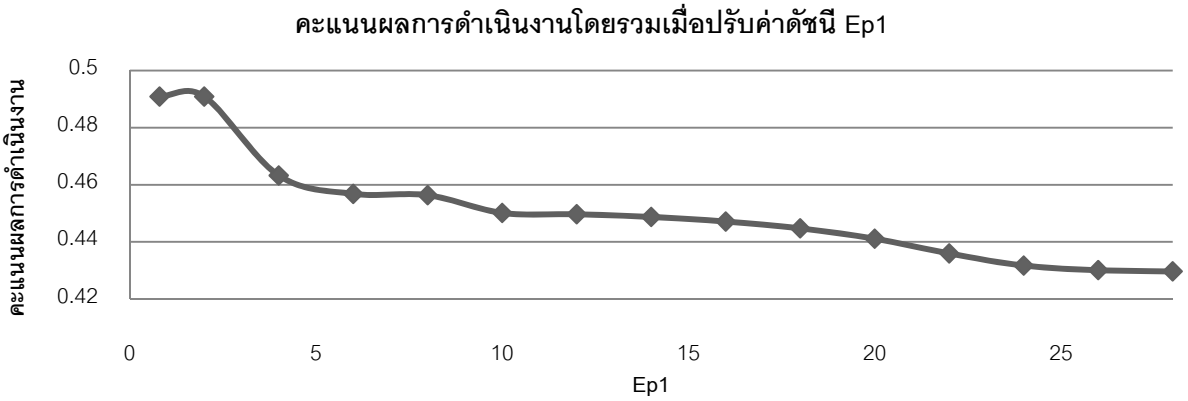


ภาพที่ 6.10 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Rp2

ภาพที่ 6.10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Rp2: *ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลงานที่สมบูรณ์* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีระยะเวลาในการแก้ไขปรับปรุงแบบระหว่างการก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นย่อมสะท้อนถึงคะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมที่ลดต่ำลง

(11) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep1*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Ep1 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.11

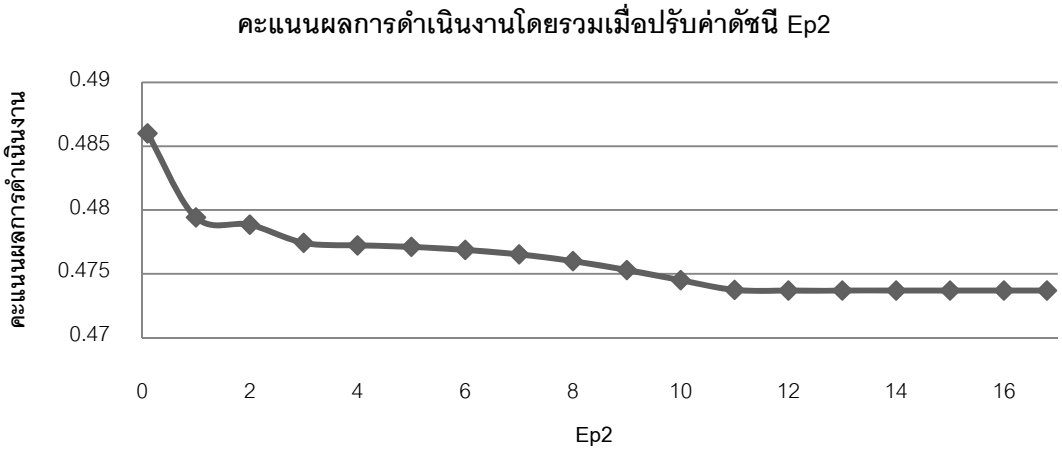


ภาพที่ 6.11 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep1

ภาพที่ 6.11 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Ep1: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง*เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีใช้ปริมาณแรงเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ขนาดหรือความซับซ้อนในการออกแบบเท่าเดิม ย่อมสะท้อนถึงคะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมที่ลดต่ำลง

(12) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep2*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Ep2 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.12

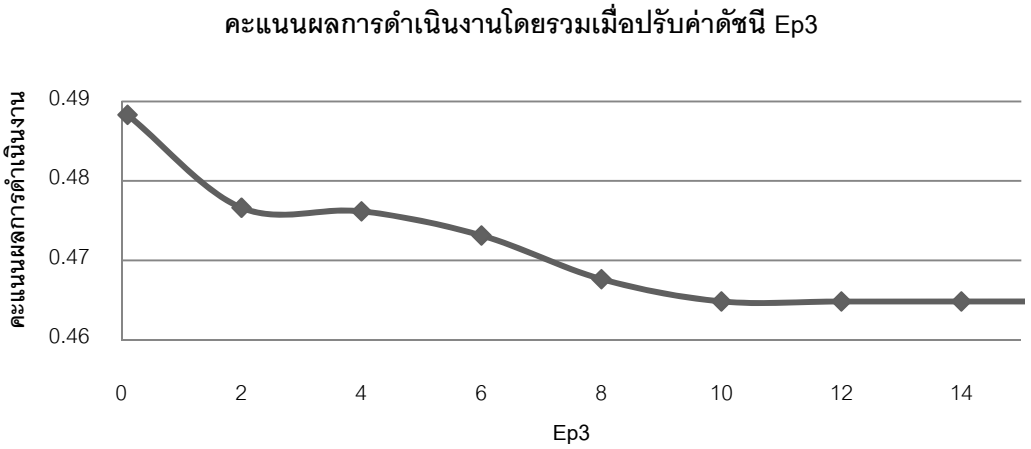


ภาพที่ 6.12 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep2

ภาพที่ 6.12 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Ep1: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการข้อกำหนด*เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีใช้ปริมาณแรงเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ขนาดหรือความซับซ้อนในการออกแบบเท่าเดิม ย่อมสะท้อนถึงคะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมที่ลดต่ำลง

(13) *การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep3*

ผลการปรับค่าตัวแปรดัชนี Ep3 ส่งผลให้คะแนนผลการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 6.13



ภาพที่ 6.13 การทดสอบความอ่อนไหวของดัชนี Ep3

ภาพที่ 6.13 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปรับค่าให้ตัวแปรดัชนี Ep3: *ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานประมูลและบัญชีวัสดุก่อสร้าง* เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ คงที่ ค่าผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจะลดลง แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มกราฟมีแนวโน้มที่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงการออกแบบมีใช้ปริมาณแรงเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ขนาดหรือความซับซ้อนในการออกแบบเท่าเดิม ย่อมสะท้อนถึงคะแนนผลการดำเนินงานโดยรวมที่ลดต่ำลง

จากการทดสอบความอ่อนไหวของระบบจากการปรับค่าตัวแปรดังแสดงข้างต้น แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถให้ผลลัพธ์ที่สมเหตุสมผล และมีแนวโน้มที่ถูกต้อง

6.2 การทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากระบบ (Validation)

การทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ เป็นกระบวนการทดสอบว่าระบบสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องและมีประโยชน์แก่ผู้ใช้ สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานได้ (Smith และ Kandel, 1995; IEE, 1990) งานวิจัยนี้ได้ทดสอบความถูกต้องโดยการประยุกต์ใช้ระบบกับกรณีศึกษาซึ่งเป็นโครงการออกแบบที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วจำนวน 13 กรณี โดยข้อมูลที่ได้จากกรณีศึกษาจะถูกประเมินจากผู้ที่มีประสบการณ์ในโครงการ อย่างไรก็ตามโครงการที่เป็นกรณีศึกษาดังกล่าวไม่สามารถบันทึกข้อมูลที่แท้จริงตามที่รายการดัชนีชี้วัดระบุไว้ได้ เนื่องจากยังขาดระบบการบันทึกข้อมูลที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 5.4 ดังนั้นในการทดสอบความ

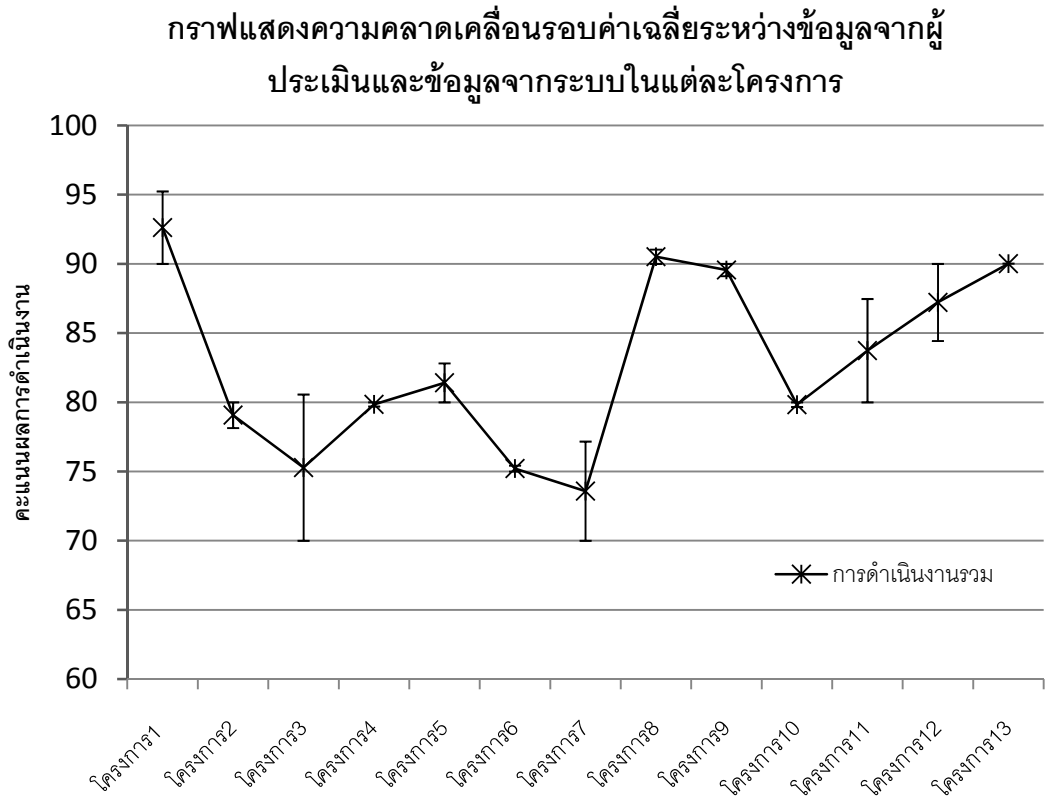
ถูกต้องของผลลัพธ์ในงานวิจัยนี้จึงอาศัยการป้อนข้อมูลดัชนีชี้วัดจากค่าโดยประมาณของโครงการออกแบบที่เสร็จสิ้นแล้วโดยผู้มีประสบการณ์ในโครงการดังกล่าวแทนการเก็บข้อมูลที่แท้จริง หลังจากนั้นค่าของดัชนีชี้วัดที่ได้จากการประมาณจะถูกประเมินผลโดยการให้คะแนนจากผู้มีประสบการณ์ท่านดังกล่าว และประเมินผลจากระบบที่ได้พัฒนาขึ้น จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ในโครงการออกแบบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบเพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน โดยผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการประเมินผลการดำเนินงานในแต่ละด้านและการประเมินผลโดยรวมแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ในแต่ละโครงการออกแบบที่เป็นกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	ร้อยละความคลาดเคลื่อนระหว่างผลลัพธ์จากผู้ประเมินและผลลัพธ์จากระบบ					
	ด้านต้นทุน	ด้านเวลาและแผนงาน	ด้านคุณภาพ	ด้านผลิตภาพ	ด้านการตอบสนอง	ผลการดำเนินงานโดยรวม
โครงการที่ 1	3.93	3.93	4.10	0.17	6.43	5.50
โครงการที่ 2	3.75	3.82	2.00	3.45	76.48	2.37
โครงการที่ 3	2.82	0.52	0.83	0.66	54.01	13.12
โครงการที่ 4	1.80	4.50	5.25	0.55	7.88	0.38
โครงการที่ 5	3.86	8.72	2.29	11.36	19.75	3.40
โครงการที่ 6	3.82	0.00	8.62	1.41	2.20	0.57
โครงการที่ 7	16.35	2.95	3.83	0.70	10.07	9.28
โครงการที่ 8	1.95	0.01	0.01	18.52	7.91	1.14
โครงการที่ 9	1.24	0.00	0.00	8.96	16.41	0.99
โครงการที่ 10	7.26	5.18	6.35	14.79	34.02	0.42
โครงการที่ 11	1.34	1.08	0.75	21.32	2.22	8.54
โครงการที่ 12	4.34	3.98	6.59	8.51	1.39	6.59
โครงการที่ 13	5.05	1.85	1.95	32.60	2.08	0.03
ค่าเฉลี่ย	4.43	2.81	3.27	9.46	18.53	4.02

ตารางที่ 6.3 ร้อยละความคลาดเคลื่อนระหว่างผลที่ได้จากผู้ประเมินและผลที่ได้จากระบบมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยหัวข้อการประเมินที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือการประเมินด้านเวลาและแผนงานมีร้อยละของความคลาดเคลื่อนเพียง 2.81% และหัวข้อการ

ประเมินที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือด้านการตอบสนองและการประสานงานระหว่างฝ่าย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนเป็น 18.53% อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนจากการประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมแสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนของระบบมีเพียง 4.02% ซึ่งมีค่าน้อยมาก โดยสามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนยิ่งขึ้นในภาพที่ 6.14



ภาพที่ 6.14 แสดงความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์จากผู้ประเมินและผลลัพธ์จากระบบของแต่ละกรณีศึกษา

ภาพที่ 6.14 แสดงค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากผู้ประเมินและผลลัพธ์จากระบบด้วยเครื่องหมายกากบาท ซึ่งมีเส้นแนวดิ่งลากผ่านโดยที่ปลายทั้งสองข้างเป็นค่าที่แท้จริงสองค่า คือค่าจากระบบและค่าจากผู้ประเมิน จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าช่วงระหว่างปลายทั้งสองข้างสั้น หมายความว่าความคลาดเคลื่อนต่ำ อย่างไรก็ตามยังสรุปไม่ได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงอาศัยทฤษฎีสถิติอ้างอิง (Hypothesis Test) `เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าชุดข้อมูลที่ได้จากระบบและชุดข้อมูลที่ได้จากการประเมินมีความแตกต่างกัน

หรือไม่ โดยเลือกใช้วิธีทดสอบ Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Test ซึ่งแม้ว่าวิธีดังกล่าวจะใช้ลำดับของข้อมูลมาทดสอบแทนขนาดหรือค่าที่แท้จริง (Ordinal Scale) แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่แสดงในเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ดังนั้นขนาดที่แท้จริงของข้อมูลจึงไม่ส่งผลต่อการทดสอบมากนัก โดยการตั้งสมมติฐานทดสอบ (Ho) กำหนดให้ทดสอบว่าผลลัพธ์จากระบบและจากผู้ประเมินมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีสมมติฐานแย้ง (H1) คือผลลัพธ์จากระบบมีค่าแตกต่างจากผลลัพธ์จากผู้ประเมิน (ผลลัพธ์จากระบบมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าผลลัพธ์จากผู้ประเมิน) จากนั้นทำการคำนวณค่าผลรวมความแตกต่างของข้อมูล (T) ตามขั้นตอนที่แสดงในหัวข้อ 2.6.6 และวิเคราะห์ผลที่ได้โดยเทียบกับตารางค่าวิกฤติ (ตารางที่ 2.5) โดยผลการวิเคราะห์ซึ่งพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการคำนวณและการเปิดตารางวิกฤตสามารถสรุปในตารางที่ 6.4 ดังนี้

ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Test

ผลการทดสอบสมมติฐานจากค่าผลต่างของชุดข้อมูล (ค่าจากผู้ประเมิน – ค่าจากระบบ)	การประเมินผลการดำเนินงาน					
	ด้านต้นทุน	ด้านเวลา	ด้านคุณภาพ	ด้านผลิตภาพ	ด้านการตอบสนอง	ผลการดำเนินงานรวม
จำนวนคู่เปรียบเทียบที่มีความแตกต่างระหว่างข้อมูลไม่เท่ากับศูนย์ (n)	13	12	12	13	13	13
ผลรวมค่าความต่างระหว่างชุดข้อมูลที่มีเครื่องหมายเป็นค่าบวก (T^+: ค่าจากผู้ประเมิน > ค่าจากระบบ)	65	51	58	39	62	27
ผลรวมค่าความต่างระหว่างชุดข้อมูลที่มีเครื่องหมายเป็นค่าลบ (T^-: ค่าจากผู้ประเมิน < ค่าจากระบบ)	-26	-27	-20	-52	-29	-64
ค่า T ที่ใช้ทดสอบ $T = Min(T^+ , T^-)$	26	27	20	39	29	27
ค่า T_c วิกฤติที่ยอมรับได้จากการเปิดตารางที่ 2.5 ในระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) ของการทดสอบแบบสองทาง (Two Tailed Test)	17	13	13	17	17	17
ผลการทดสอบ	สามารถยอมรับสมมติฐานทดสอบ (Ho)					

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลรวมค่าความต่างของชุดข้อมูลน้อยสุดที่ยอมรับได้คือค่า T_c วิกฤติ ดังนั้นหากชุดข้อมูลทั้งสองชุดมีค่าผลรวมค่าความแตกต่างน้อยกว่าค่าวิกฤติข้างต้น หมายความว่ามีโอกาสที่ข้อมูลจากผู้ประเมินและข้อมูลจากระบบจะต่างกันมีมากกว่า 5% หรือกล่าวได้ว่าโอกาสที่ข้อมูลจากผู้ประเมินและข้อมูลจากระบบจะเท่ากันมีค่าน้อยกว่า 95% ซึ่งต่ำกว่าระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้และปฏิเสธสมมติฐานทดสอบที่กำหนดไว้ตอนต้น แต่ผลจากตารางที่ 6.4 แสดงให้เห็นว่าค่า T ที่ใช้ทดสอบในทุกกรณีศึกษามีค่าน้อยกว่าค่า T_c วิกฤติ หมายความว่าในทุกกรณีศึกษามีโอกาสที่ข้อมูลจากผู้ประเมินและจากระบบเท่ากันมากกว่า 95% จึงสามารถยืนยันสมมติฐานได้ว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ประเมินและข้อมูลที่ได้จากระบบนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

6.3 สรุปท้ายบท

ในบทนี้เป็นการทดสอบระบบซึ่งแบ่งเป็นการทดสอบความถูกต้องของกระบวนการทำงานของระบบ (Verification) โดยการทดสอบความถูกต้องของระบบแบ่งเป็นการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการทดสอบว่าในการป้อนข้อมูลที่เหมือนกันระบบควรให้ผลลัพธ์ที่เท่ากันซึ่งในการทดลองป้อนข้อมูลที่เหมือนกันสองรอบ ระบบได้ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ลำดับต่อมาคือการทดสอบความอ่อนไหวของระบบ (Sensitivity Analysis) ซึ่งทดสอบโดยการเปลี่ยนค่าของตัวแปรที่ป้อนเข้าสู่ระบบทีละตัวแปรและเปลี่ยนทีละน้อยพร้อมทั้งพิจาณาผลลัพธ์ของระบบ ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีความสมเหตุสมผล และในลำดับสุดท้ายเป็นการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ (Validation) โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยมาก โดยความคลาดเคลื่อนของการประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมมีค่าเพียง 4.025% อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ประเมินและข้อมูลจากระบบมีความใกล้เคียงกันจึงใช้สถิติอ้างอิง (Hypothesis Test) โดยเลือกใช้วิธี Wilcoxon Matched Pair Signed Rank Test ผลที่ได้สามารถสรุปว่าข้อมูลจากผู้ประเมินและข้อมูลจากระบบมีความใกล้เคียงกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α= 0.05) ผลจากการทดสอบข้างต้นจึงเป็นการยืนยันว่าระบบประเมินผลดำเนินงานที่พัฒนาในงานวิจัยนี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือไม่แตกต่างจากการประเมินด้วยผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัย

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานออกแบบเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในโครงการก่อสร้างเนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นการก่อสร้างส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ โดยงานวิจัยในอดีตมีการเสนอเครื่องมือเพื่อปรับปรุงและพัฒนางานออกแบบหลายแนวทาง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในอดีตยังขาดเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของฝ่ายออกแบบที่สะท้อนการดำเนินงานเชิงปริมาณ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานที่ใช้รายการดัชนีและเกณฑ์วัดผลเชิงปริมาณเพื่อสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ซึ่งสรุปผลงานวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการทบทวนเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการระบุดัชนีที่ใช้วัดผลการดำเนินงาน และเครื่องมือที่ใช้วัดผลการดำเนินงาน ผลการทบทวนงานวิจัยในอดีตพบดัชนีวัดผลดำเนินงานเชิงปริมาณ ซึ่งแต่ละดัชนีมีวัตถุประสงค์การวัดในหัวข้อที่แตกต่างกัน โดยการรวบรวมรายการดัชนีวัดผลในเบื้องต้นมีรายการทั้งสิ้น 24 ดัชนี นอกจากนี้งานวิจัยรวบรวมเกณฑ์การจำแนกลักษณะของโครงการ ซึ่งเกณฑ์จำแนกในเบื้องต้น 8 เกณฑ์ โดยขั้นตอนแรกในกระบวนการเดลฟายคือการระบุจุดมุ่งหมายในการวัดผลการดำเนินงานพร้อมการปรับปรุงดัชนี และการคัดเลือกปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกลักษณะของโครงการออกแบบ โดยวิธีการวิจัยใช้การสัมภาษณ์ด้วยคำถามปลายเปิด ซึ่งกำหนดให้ผู้สัมภาษณ์ระบุจุดมุ่งหมายในการวัดของแต่ละดัชนี และปรับปรุงดัชนีให้มีรายละเอียดมากขึ้น รวมทั้งการคัดเลือกปัจจัยในการจำแนกลักษณะของโครงการออกแบบ ผลจากการระบุจุดมุ่งหมายในการวัดโดยผู้ให้สัมภาษณ์สามารถสรุปหัวข้อในการวัดผลทั้งสิ้น 5 หัวข้อได้แก่

(1) *การวัดผลด้านการควบคุมต้นทุน* เป็นการวัดความสามารถของฝ่ายออกแบบในการลดต้นทุนที่เกิดจากการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ และการควบคุมต้นทุนให้อยู่ในงบประมาณที่วางไว้สำหรับโครงการ โดยการวัดผลด้านการควบคุมต้นทุนมีดัชนีที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้น 4 ดัชนี อาทิเช่น เปอร์เซ็นต์การแปรผันของปริมาณแรงงาน เปอร์เซ็นต์ต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ เป็นต้น

(2) *การวัดผลด้านการควบคุมแผนงานและระยะเวลาออกแบบ* เป็นการวัดประสิทธิภาพในการส่งงานให้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญา การควบคุมให้ระยะเวลาออกแบบสอดคล้องกับแผนงาน โดยดัชนีที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นประกอบด้วย 2 ดัชนี อาทิเช่น เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาออกแบบจากแผนงาน เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด เป็นต้น

(3) *การวัดผลด้านคุณภาพของผลงานออกแบบ* เป็นการวัดประสิทธิภาพของฝ่ายออกแบบจากผลกระทบหรือปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากแบบที่คลุมเครือ ขัดแย้งหรือผิดพลาด ซึ่งดัชนีที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นมี 7 ดัชนี อาทิเช่น จำนวนการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงแบบระหว่างก่อสร้าง เปอร์เซ็นต์ความต่างของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริงเทียบกับแบบเดิม เป็นต้น

(4) *การวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ* เป็นการวัดประสิทธิภาพของฝ่ายออกแบบโดยวัดปริมาณแรงงานและระยะเวลาที่ใช้เพื่อให้ผลงานออกแบบในโครงการเสร็จสิ้น ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่อหน่วยของผลงานออกแบบ ดัชนีที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นเมื่อตัดทอนรายการที่ซ้ำซ้อนพบว่าทุกงานวิจัยอ้างอิงดัชนีที่มีบริบทในการวัดเดียวกันเพียงดัชนีเดียว คือ ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ

(5) *การวัดผลด้านการประสานงานและการตอบสนองต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้อง* เป็นการวัดประสิทธิภาพของฝ่ายออกแบบโดยวัดระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการตอบสนองต่อคำร้องหรือคำสั่งในการแก้ไขผลงาน ซึ่งมีดัชนีที่เกี่ยวข้องเพียง 2 ดัชนี เช่น จำนวนวันใช้ก่อนตอบสนองต่อคำแนะนำหรือร้องเรียนจากฝ่ายต่างๆ และระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียดงานออกแบบ

นอกจากการกำหนดเป้าหมายและดัชนีในการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ผู้วิจัยยังได้ระบุปัจจัยที่ใช้จำแนกลักษณะโครงการ โดยผู้ตอบแบบสอบถามเลือกปัจจัยการจำแนกที่เห็นว่าส่งผลต่อการประเมินฝ่ายออกแบบในระดับโครงการได้แก่

(1) *ประเภทของสิ่งปลูกสร้างที่ออกแบบในโครงการ* ผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบระบุว่าประเภทของสิ่งปลูกสร้างส่งผลต่อระดับความยากง่าย และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ โดยผู้ประเมินโครงการที่มีประเภทของสิ่งปลูกสร้างต่างกันย่อมไม่สามารถใช้บรรทัดฐานเดียวกันในการประเมินได้ เช่น ผู้ประเมินไม่สามารถระบุว่าฝ่ายออกแบบโครงการที่เป็นอาคารสูงใช้ระยะเวลาในการออกแบบมากกว่าโครงการโดยทั่วไป แต่ควรพิจารณาเทียบกับโครงการที่เป็นอาคารสูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากการออกแบบอาคารสูงต้องพิจารณาข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงลม แรงแผ่นดินไหว ขั้นตอนในการก่อสร้าง ซึ่งอยู่นอกเหนือจากการออกแบบอาคารปกติ

(2) *ขอบเขตของสัญญา* เนื่องจากการประสานงานของฝ่ายออกแบบกับฝ่ายอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงงาน การแก้ไขผลงานออกแบบ ย่อมมีความแตกต่างกันตามสัญญาที่มีขอบเขตความรับผิดชอบที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะฝ่ายออกแบบของบริษัทที่ปรึกษา ซึ่งเกี่ยวข้องกับเฉพาะสัญญาจ้างออกแบบ และสัญญาจ้างออกแบบและจัดการ

(3) *ขนาดของโครงการ* ผู้ให้สัมภาษณ์กำหนดให้พิจารณาขนาดของโครงการในการประเมินผลการดำเนินงาน และเนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะส่วนของงานออกแบบโครงสร้าง โดยไม่พิจารณางานออกแบบเครื่องกลและระบบ ดังนั้นผู้ให้สัมภาษณ์จึงแนะนำให้ใช้มูลค่าของงานโครงสร้างเพื่อประเมินขนาดหรือปริมาณงานในโครงการออกแบบ

(4) *ประเภทของเจ้าของโครงการ* ผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบต้องพิจารณาประเภทของเจ้าของโครงการ ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าดัชนี Tp1 ซึ่งวัดปริมาณผลงานที่ส่งหลังกำหนดเป็นเพียงดัชนีเดียวที่มีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันตามประเภทของเจ้าของโครงการ

รายการดัชนีวัดผลดำเนินงานในเบื้องต้นจะถูกคัดเลือกเฉพาะรายการดัชนีวัดผลที่สำคัญและมีเหมาะสมต่อการประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยงานวิจัยเลือกใช้กระบวนการเดลฟาย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาศัยการสัมภาษณ์และการให้ระดับคะแนนความเหมาะสมต่อการใช้งานจากผู้ที่มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบทั้ง 19 ท่าน หลังจากการเก็บข้อมูล

และวิเคราะห์ผล สามารถสรุปรายการดัชนีที่ได้รับฉันทามติว่าเหมาะสมต่อการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบจำนวน 9 ดัชนี ได้แก่

(1) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ

(2) เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ

(3) เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ

(4) เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ

(5) จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)

(6) จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ

(7) ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบในโครงการ

(8) ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อข้อซักถามหรือขอข้อมูลจากฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ฝ่ายก่อสร้าง

(9) ระยะเวลาทั้งหมดที่ฝ่ายออกแบบใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มรายละเอียดเพื่อให้ได้ผลงาน (เช่น แบบก่อสร้างและข้อกำหนด) ที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ

นอกจากนี้ยังมีดัชนี Tp2 ซึ่งวัดเปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนดต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ ซึ่งระบุว่ามีความเหมาะสมหากใช้เฉพาะโครงการเอกชนและจะไม่เหมาะสมหากใช้ในโครงการภาครัฐ รายละเอียดสามารถศึกษาในหัวข้อที่ 4.4.2

หลังจากได้ระบุรายการดัชนีวัดผลที่ผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบเห็นว่ามีความเหมาะสมต่อการวัดผลการดำเนินงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว รายการดัชนีดังกล่าวสามารถใช้วัดผลดำเนินงานในเชิงเปรียบเทียบได้แต่อาจมีข้อจำกัดในการใช้งานเนื่องจากค่าที่ได้จากการวัดด้วยดัชนีดังกล่าวยังไม่สามารถประเมินได้อยู่ในระดับที่ดีหรือไม่ ดังนั้นวัตถุประสงค์ข้อที่สองในงานวิจัยนี้ได้แก่การพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ซึ่งในการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานจำเป็นต้องเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในสองส่วนได้แก่ ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหัวข้อการวัดและแต่ละดัชนีวัดผล และอีกส่วนหนึ่งคือข้อมูลเกี่ยวกับเกณฑ์ประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงโดยสังเขปดังนี้

(1) *การวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนัก* รายการดัชนีวัดผลการดำเนินงานแต่ละรายการย่อมสามารถสะท้อนผลการดำเนินงานได้แตกต่างกัน ดังนั้นการระบุค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละดัชนีใช้การพิจารณาว่าดัชนีดังกล่าวสามารถสะท้อนผลการดำเนินงานในหัวข้อการวัดต่างๆ ได้มากเพียงใด จากการให้คะแนนโดยผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบจำนวน 7 ท่าน ด้วยวิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ผลจากการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักแสดงในหัวข้อ 6.5.1 ซึ่งหัวข้อการวัดผลที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ หัวข้อที่สำคัญที่สุดคือการวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ (Quality of Design Document) 26.68% รองลงมาคือด้านเวลาและแผนงานของฝ่ายออกแบบ (Time and Schedule of Design Team) 21.85% ลำดับถัดมาคือผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ ด้านต้นทุนและการตอบสนองต่อคำร้องของฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ โดยการวิเคราะห์ตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความสอดคล้อง โดยค่าสัดส่วนความสอดคล้องไม่เกินกว่าค่า 0.01 ดังนั้นค่าถ่วงน้ำหนักดังกล่าวจึงสามารถใช้ในการพัฒนาระบบประเมินผลได้

(2) *การรวบรวมเกณฑ์การประเมินผลการดำเนินงาน* รวบรวมเกณฑ์การประเมินจากผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบจำนวน 19 ท่าน โดยผู้มีประสบการณ์จะ

กำหนดค่าที่ได้จากดัชนีวัดผลในสามระดับ ได้แก่ คือกำหนดค่าของดัชนีที่ถือว่ามีค่าน้อยสำหรับโครงการออกแบบโดยทั่วไป ค่าของดัชนีที่ถือว่ามีระดับปานกลางหรือเป็นค่าที่เกิดโดยปกติในโครงการออกแบบ และค่าของดัชนีที่ถือว่ามีค่ามาก ผลจากการรวบรวมค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์การประเมินผู้ผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบไม่ได้มีลักษณะเป็นขอบเขตที่ตายตัว แต่มีลักษณะเป็นกราฟแจกแจงความถี่ ซึ่งกราฟดังกล่าวจะถูกนำมาใช้พัฒนาระบบประเมินต่อไป รายละเอียดศึกษาได้ในหัวข้อ 5.2

ระบบการประเมินผลที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับเกณฑ์การประเมินที่สามารถใช้ประเมินผลการดำเนินงานจากผลลัพธ์ของงานออกแบบ ซึ่งดัชนีชี้วัดที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการกำหนดแนวทางการวัดผลลัพธ์ของงานออกแบบว่าควรวัดสิ่งใดบ้าง อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้งานจริงในโครงการออกแบบ บริษัทที่ใช้งานระบบประเมินผลอาจจำเป็นต้องมีเอกสารในการบันทึกหรือระบบในการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการบันทึกและเก็บข้อมูลในหัวข้อที่ 5.4

ข้อมูลที่ได้จากหัวข้อข้างต้นได้ถูกนำมาพัฒนาเป็นระบบประเมินผลการดำเนินงานด้วย Matlab Fuzzy Toolbox เนื่องจากโปรแกรมดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่สามารถเชื่อมเกณฑ์การประเมินต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ เกณฑ์จำแนกขนาดของโครงการ เกณฑ์จำแนกความยากในการออกแบบ และเกณฑ์ขนาดของค่าที่ได้จากการวัดด้วยดัชนี เข้าด้วยกันและประมวลผลให้เป็นระดับคะแนนความเหมาะสมในขอบเขตคะแนน 0 ถึง 100 คะแนน ลักษณะของระบบประเมินและการใช้งานแสดงในคู่มือการใช้งานของภาคผนวก ฉ จากนั้นระบบที่ได้จะถูกนำมาทดสอบความถูกต้อง โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ขั้นตอนคือ

(1) *การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบ (Verification)* การทดสอบความแม่นยำของระบบแสดงให้เห็นว่าไม่มีความผิดพลาดในกระบวนการวิเคราะห์ของระบบ

(2) *การทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Validation)* จากการประยุกต์ใช้ระบบประเมินผลที่ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ในโครงการออกแบบ 13 โครงการ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ในโครงการดังกล่าวจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ โดยผลที่ได้สามารถสรุปว่าข้อมูลจากผู้ประเมินและข้อมูลจากระบบมีความใกล้เคียงกันที่ระดับความเชื่อมั่น

95% (α= 0.05) ผลจากการทดสอบข้างต้นจึงเป็นการยืนยันสมมติฐานว่าระบบประเมินผลดำเนินงานที่พัฒนาในงานวิจัยนี้สามารถให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างจากการประเมินด้วยผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ

7.2 ประโยชน์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีประโยชน์ในสองด้าน ได้แก่ ประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้งานจริง และประโยชน์ในเชิงวิชาการ

(1) *ประโยชน์ต่อการใช้งานจริง* รายการดัชนีวัดผลเชิงปริมาณที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานและสามารถสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษาทางวิศวกรรม โดยการวัดหรือประมาณค่าของดัชนีชี้วัดเชิงปริมาณสามารถช่วยระบุข้อบกพร่องที่ฝ่ายออกแบบควรปรับปรุงได้อย่างเป็นรูปธรรมและสมาชิกในฝ่ายออกแบบสามารถเข้าใจได้ง่ายมากกว่าการให้คะแนนจากผู้ประเมินเพียงลำพัง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ โดยรวบรวมเกณฑ์การประเมินจากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ ซึ่งระบบดังกล่าวจะช่วยให้การประเมินค่าที่วัดได้จากดัชนีวัดผลมีความแม่นยำเนื่องจากไม่ต้องอาศัยทัศนคติของผู้ประเมิน ซึ่งระบบดังกล่าวถูกพัฒนาในรูปโปรแกรมให้ผู้ที่สนใจสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก

(2) *ประโยชน์ในเชิงวิชาการ* การพัฒนารายการดัชนีวัดผลเชิงปริมาณและระบบประเมินผลการดำเนินงานสำหรับฝ่ายออกแบบของบริษัทที่ปรึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยในอดีตที่มุ่งศึกษาเฉพาะดัชนีชี้วัดเชิงคุณภาพ ส่งผลให้การศึกษาเกี่ยวกับการระบุดัชนีชี้วัดในงานออกแบบมีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้ที่สนใจสามารถนำกรอบการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนารายการดัชนีชี้วัดเชิงปริมาณในฝ่ายอื่นๆ นอกเหนือจากฝ่ายออกแบบได้ต่อไป

7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

(1) *ข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม* เนื่องจากในการดำเนินงานวิจัยจำเป็นต้องได้รับข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายออกแบบ และบางท่านอาจต้องสัมภาษณ์มากกว่าหนึ่งรอบหรือต้องตอบแบบสอบถามมากกว่าหนึ่งชุด ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดของผู้ให้สัมภาษณ์ที่อาจไม่สามารถให้ข้อมูลได้ครบตามจำนวนรอบที่กำหนด อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยเลือกเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้กับข้อมูลประชากรขนาดเล็กกว่า 30 คน เช่นสถิติที่ไม่ใช้ตัวแปร (Nonparametric) มาวิเคราะห์เพื่อหาสรุปของข้อมูลดังกล่าว หรือการสัมภาษณ์ประกอบการใช้แบบสอบถามเพื่อซักถามข้อสงสัยหากพบว่าข้อมูลในแบบสอบถามมีความไม่สอดคล้องกันเกิดขึ้น เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด

(2) *ข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาดำเนินงานวิจัย* เนื่องจากโครงการออกแบบมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้นการระบุรายการดัชนีวัดผลและเกณฑ์การประเมินสำหรับโครงการออกแบบทุกประเภทอาจต้องอาศัยระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างมาก แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านเวลาทำให้ผู้วิจัยต้องกำหนดขอบเขตการศึกษาให้เหมาะสม โดยศึกษาเฉพาะดัชนีสำหรับประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในบริษัทที่ปรึกษาที่มีจำนวนสมาชิกในฝ่ายออกแบบมากกว่า 10 คนขึ้นไป และรับเฉพาะงานในการจัดเตรียมเอกสารงานออกแบบในช่วงก่อนการประมูล ศึกษาเฉพาะงานออกแบบโครงสร้างโดยไม่พิจารณาการออกแบบงานระบบไฟฟ้าและเครื่องกล

(3) *ข้อจำกับเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมิน* เกณฑ์การประเมินจะพิจารณาเฉพาะกรณีที่ดัชนีมีค่าเป็นบวกเท่านั้น หมายความว่าการประเมินจะไม่พิจารณากรณีที่การดำเนินงานเร็วกว่า หรือประหยัดกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้ตอนต้น เช่น ดัชนี Tp1 ที่วัดเปอร์เซ็นต์ความล่าช้าจะไม่พิจารณากรณีโครงการเร็วกว่าที่คาดการณ์ไว้หรือดัชนี Cp1 ที่วัดการเพิ่มขึ้นของแรงงานจากแผนงานหลัก จะไม่พิจารณากรณีที่ใช้แรงงานน้อยกว่าแผนงานหลักเนื่องจากในการเก็บข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามต่างระบุว่าหากค่าของดัชนีดังกล่าวน้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ หรือมีค่าดัชนีติดลบ จะถือว่าการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมทั้งสิ้น โดยไม่สามารถประเมินเป็นระดับการดำเนินงานเช่นเดียวกรณี

ดัชนีค่าบวกได้ ดังนั้นหากต้องการประเมินกรณีที่ฝ่ายออกแบบดำเนินงานได้ดีกว่าที่คาดการณ์อาจต้องใช้เครื่องมือในการประเมินประเภทอื่น

(4) *ข้อจำกัดเกี่ยวกับการเปิดเผยข้อมูล* แม้ว่าดัชนีวัดผลการดำเนินงานในเชิงปริมาณจะมีความแม่นยำ แต่ในการระบุดัชนีวัดผลในเบื้องต้น รายการดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการระบุผลกำไรของโครงการ หรือการใช้ต้นทุนที่แท้จริงมาพิจารณาจะถูกตัดออกจากรายการเนื่องจากผู้ให้ตอบแบบสอบถามไม่สะดวกต่อการเปิดเผยข้อมูลเหล่านี้ อย่างไรก็ตามผู้ให้สัมภาษณ์แนะนำให้ใช้การวัดด้วยเปอร์เซ็นต์การแปรผันแทนการวัดค่าที่แท้จริง เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวสำหรับดัชนีวัดผลบางรายการ

7.4 ข้อเสนอแนะการวิจัยในอนาคต

ระบบการประเมินผลที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับเกณฑ์การประเมินที่สามารถใช้ประเมินผลการดำเนินงานจากผลลัพธ์ของงานออกแบบ ซึ่งดัชนีชี้วัดที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการกำหนดแนวทางการวัดผลลัพธ์ของงานออกแบบว่าควรวัดสิ่งใดบ้าง อย่างไรก็ตามในการประยุกต์ใช้งานจริงในโครงการออกแบบ บริษัทที่ใช้งานระบบประเมินผลอาจจำเป็นต้องมีเอกสารในการบันทึกหรือระบบในการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการบันทึกและเก็บข้อมูลในหัวข้อที่ 5.4 โดยรายการดัชนีวัดผลในการศึกษานี้มุ่งเน้นสะท้อนผลการดำเนินงานโดยรวมที่เกิดขึ้นจริงในฝ่ายออกแบบ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ศึกษารายการวัดผลในระดับโครงการเท่านั้น แต่ในการวัดผลดำเนินงานของบริษัทที่ปรึกษา การวัดผลดำเนินงานร่วมกันระหว่างระดับโครงการและระดับองค์กรเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการวัดผลระดับโครงการสามารถระบุข้อบกพร่องและการปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างเฉพาะเจาะจง แต่ในการวางนโยบายหรือทิศทางของฝ่ายบริหารจำเป็นต้องใช้การวัดระดับองค์กร นอกจากนี้ผู้วิจัยเห็นว่าในการศึกษาลำดับต่อไป ควรเพิ่มรายการดัชนีที่วัดระดับความก้าวหน้าจากระดับผลการดำเนินงานเดิมโดยวัดระหว่างช่วงเวลา เช่น การวัดผลกำไรที่เพิ่มขึ้นรายปี การวัดจำนวนลูกค้าต่อปีที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านระยะเวลาทำให้ศึกษาเฉพาะดัชนีวัดผลของฝ่ายออกแบบ แต่ในการวัดผลการดำเนินงานของบริษัทที่ปรึกษาควรศึกษาดัชนีวัดผลของฝ่ายอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายควบคุมงาน ฝ่ายบริหารคุณภาพ หรือแม้แต่ฝ่ายบริหารก็ตาม เพื่อให้ได้รายการดัชนีวัดผลที่สมบูรณ์ต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ณฤทธิ์ นาคเสวตร. การศึกษาความผิดพลาดในการออกแบบทางวิศวกรรมโครงสร้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ทวี อ่ำสุริยา. กลยุทธ์การสรรหาและคัดเลือกวิศวกรที่ปรึกษา: กรณีศึกษาบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2546.

ภัควดี บุญยะสุต. ลักษณะของงานวิจัยที่ดี. จุลสารสำนักวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ 2 (2548) : 47-51.

มนตร์ชัย ธีระวันทนีย์. การศึกษาการส่งมอบข้อมูลการออกแบบอาคารสูงจากผู้ออกแบบถึงผู้รับเหมาก่อสร้าง.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.

วินิต ช่อวิเชียร และ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร. การประมาณราคาก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: 2526.

วิสูตร จิระดำเกิง. สัญญา ข้อกำหนด และการประมาณราคาก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนสยามสเตชั่นเนอรี่ ซัพพลายส์ จำกัด, 2540.

ศักดิ์ชัย บาลศิริ. การเปรียบเทียบผลของการให้ข้อมูลกลับคืนในเทคนิคเดลฟายระหว่างการให้ข้อมูลกลับคืนด้วยค่าสถิติที่แตกต่างกัน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สุวลี ทวีบุตร. การเปรียบเทียบผลการสร้างฉันทามติและระดับการให้ความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญระหว่างการใช้เทคนิคเดลฟายแบบเดิมและเทคนิคเดลฟายปรับปรุงที่ใช้ในการประเมินความต้องการจำเป็น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย. ลักษณะของงานบริการวิชาชีพวิศวกรรม . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.ceat.or.th [2553, มีนาคม 13]

อมรรัตน์ ปิ่นตา และ อรรถกร เก่งพล. การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการ

แปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD): กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 13 (ตุลาคม-ธันวาคม 2546): 36-42.

ภาษาอังกฤษ

Andi, and Minato, T. Design Documents Quality in the Japanese Construction Industry: Factors Influencing and Impacts on Construction Process. International Journal of Project Management 21 (2003): 537-546.

Alarcón, L. F., et al. Learning from Collaborative Benchmarking in the Construction Industry. Proc. 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-9), Singapore, 2001.

Alarcón, L. F., and Mardones, D. A. Improving the Design-Construction Interface. International Group for Lean Construction, 1998.

Barrie, D. S., and Paulson, B. C. Professional Construction Management. McGraw-Hill, 1984.

Bubshait, A. A., and Abdulrazzak, A. A. Design Quality Management Activities. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice 122 (1996): 104-106.

Budawara, N. Key Performance Indicators to Measure Design Performance in Construction. Philosophies Doctor's Thesis. Concordia University, 2009.

Busby, J. S., and Willaimson, A. The Appropriate use of Performance Measurement in Non-Production Activity: The Case of Engineering Design. International Journal of Operation and Production Management 20 (2000): 336-358.

Busseri, M. A., and Palmer, J. M. Improving Teamwork: The Effect of Self-Assessment on Construction Design Teams. Design Studies 21(2000): 223-238.

Cha, H. S., and Kim C. K. Quantitative Approach for project performance measurement on building construction in South Korea. KSCE journal of Civil Engineering 15 (2011): 1319-1328.

Chan, A. P. C., and Chan, A. P. L. Key Performance Indicators for Measuring

Construction Success. An International Journal of Benchmarking 11(2004): 203-221.

Crafford, G. J. Clients' Views on Construction and Design Team Competencies. Philosophies Doctor' s thesis. Built Environment and Information Technology, 2007.

Cooper, R., et al. The Development of a Generic Design and Construction Process. Management 136 (1996): 62-63.

Cox, R. F., Issa, R. R.A., and Ahrens, D. Management's Perception of Key Performance Indicators for Construction. Journal of Construction and Engineering 129 (2003): 142-151.

Dajani, J. S., Sincoff, M. Z., and Talley, W. K. Stability and Agreement Criteria for the Termination of Delphi Studies. Technological Forecasting and Social Change 13 (1979): 89-90.

Darwish, M. I. Factors Affecting Design and Documentation Quality in Construction Industry. Master's Thesis. King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2007.

Dawood, N., and Sikka, S. Development of 4D based performance indicators in construction industry. Engineering Construction and Architectural Management 16 (2009): 438-458.

El-Baz, M. A. Fuzzy Performance Measurement of a Supply Chain in Manufacturing Companies. Expert system with Application 38 (2011): 6681-6688.

Fayek, A. R., and Sun, Z. A Fuzzy Expert System for Design Performance Prediction and Evaluation. Canada journal of Civil Engineering 28 (2001): 1-25.

Georgy, M. E., Chang, L. M., and Zhang, L. Prediction of Engineering Performance: Neurofuzzy Approach. Journal of Construction engineering and management 131 (2005): 548-557.

Gransberg, D.D., and Windel, E. Communicating Design Quality Requirements for Public Sector Design/Build Projects. Journal of Management in Engineering 24 (2008): 105-110.

Hallowell, M. R., and Gambatese, J. A. Quantitative Reseach: Application of the Delphi Method to CEM Research. Journal of Constructioh Engineering and Management 136 (2010): 99-107.

Haponava, T., and Al-Jibouri, S. Identifying Key Performance Indicators for Use in Control of Pre-Project Stage Process in Construction. International Journal of Productivity and Performance Management 58 (2009): 160-173.

Helfert, G., and Vith, K. Improving the Utilization of Customer Relationship Potentials Through a High Team Design Quality. Industrial Marketing Management 28 (1999): 553-564.

Hsu, C. C., and Sandford, B. A. The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus. Practical Assessment, Research and Evaluation 12 (2007): 1-8.

Jantzen, J. Tutorial of Fuzzy Logic. Technical Report No. 98-E 868. Technical University of Denmark, 1998.

Kirby, J. G. Improvements in Design Review Management. Journal of Construction Engineering and Management 114 (1988): 69-82.

Kline, A. A., et al. Creating and Using a Performance Measure for the Engineering Design Process. Proceeding of the American Society of Engineering Educationa Annual Meeting, Session 2125, 2003.

Linstone, H. A., and Turoff, M. The Delphi Method Techniques ans Applications. New Jersey Institute of Technology, 2002.

Luu, V. T., Kim, S. Y., and Huynh, T. A. Improving Project Management Performance of Large Contractors Using Benchmarking Approach. International Journal of Project management 26 (2008):758-769.

Macmillan, T. T. The Delphi Technique. Paper Presented at the Annual Meeting of the California Junior Colledges Associations Committee on Research and Development (1971): 3-5.

Ng, S.T. Performance of Engineering Consultants in ISO 9000-based Quality Management Systems Implementation. Engineering Construction and Architectural Management 12: 519-532.

Ng, S.T. Using Balanced Scorecard for Subcontractor Performance Appraisal. Management of Partnership and Conflict (13 -17 May 2007): 1-9.

ÓKeefe, R. M., Balci, O., and Smith, E. P. Validation of Expert System Performance. IEEE Expert 4 (1986): 81-89.

Quazi, H. A., et al. Critical Factors in Quality Management and Guidelines for Self-Assessment: The Case of Singapore. Total quality management 9 (1998): 35-55.

Rose, K. H. A Performance Measurement Model. Quality Progress 28 (1995): 63-66.

Ross, T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. John Wiley and Son Ltd., 2004.

Roy, R., et al. A Framework To Create Performance Indicators in Knowledge Management. Proceeding to the 3th International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management 34 (2000): 1–8.

Samofalov, M., and Papinigis, V. Quality Problems of Lithunian Civil Engineering Design Documentation. The 10th International Conference of Modern Building Materials, Structures and Techniques (May 2010): 768-777.

Smith, S., and Kandel, A. Verfication and Validation in Fuzzy Expert System. Institute of Electrical and Electronics Engineers (1995): 3647-3651.

Tan, R.R., and Lu, Y.G. On the Quality of Construction Engineering Design Projects: Criteria and Impacting Factors. International Journal of Quality & Reliability Management 12 (1995): 18-37.

Tatsiana, H., and Saad, A. J. Identifying the KPIs for the Design Stage Based on the Main Design Sub-Processes. Proceeding of Joint CIB Conference: Performance and Knowledge Management (2008): 14-23.

The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. ISBM 1-55937-067-X. New York, 1990.

Thomas, H. R., et al. Conceptual Model for Measuring Productivity of Design and Engineering. Journal of Architectural Engineer 5 (1999): 1-7.

Tilley, P. A. Indicatros of Design and Documentation Defficiency. Design and Document Defficiency (1997): 1-14.

Ventovuori, T., et al. A Review and Classification of Academic Research in

Facilities Management. Claasification of Academic Research in FM 25 (2007): 227-237.

Vlatas, D. A. Owner and Contractor Review to Reduce Claims. Journal of Construction Engineering and Management 112 (1986): 104–111.

Yeung, J. F. Y., Chan, A. P. C., and Chan, D. W. M. A Computerized model for measuring and benchmarking the partnering performance of construction projects., Automation in Construction 18 (2009): 1099-1113.

Zimmermann, H. J. Fuzzy Set Theory and Its Application. Kluwer Academic Publishers, 1991.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายการผู้ให้การสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม

รหัส	บริษัท	ชื่อ	ตำแหน่ง	ประสบการณ์
STD01	Warnes Associate	พรชัย ลักขณาพินิจ	ผู้จัดการฝ่ายรับรองคุณภาพ และผู้บริหารโครงการออกแบบ	10-20
STD02	MEINHARDT	ดร. ประวีณ ชูศิลป์	วิศวกรโครงสร้างและผู้บริหาร	5-10
STD03	Arun Chai Seri	อดุลย์ กิตติมงคลพ	ผู้จัดการแผนกออกแบบโครงสร้าง	10-20
STD04	Jarken Group	รศ.ดร. กุลเดช สินธวณรงค์	ผู้จัดการแผนกออกแบบโครงสร้างและผู้บริหาร	>20
STD05	SEATEC Group	ชัยวัฒน์ มนัสกุล	วิศวกรโครงสร้าง	>20
STD06	Team Consulting Co. Ltd.	ชัยชาญ สุทธิกานต์	ผู้จัดการฝ่ายออกแบบโครงสร้าง	>20
STD07	Stonehenge	สมจิตร์ เปี่ยมเปรมสุข	รองผู้จัดการบริษัท	>20
STD08	EEC Lincolne Scott	พิเชษฐ์ กล้าหาญ	วิศวกรโครงสร้าง	5-10
STD09	AEC Consult Group	ปรัชญา มังกร	วิศวกรฝ่ายออกแบบ	5-10
STD10	MAA Consult-	เด่นศักดิ์ สุขกูล	วิศวกรโยธา/โครงสร้าง	5-10
STD11	MAA Consult-	ปรัชญา มังกร	วิศวกรฝ่ายออกแบบ	5-10

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	บริษัท	ชื่อ	ตำแหน่ง	ประสบการณ์
STD12	TESCO ltd.	สุธารา ปิ่นการะเกศ	วิศวกรโยธา	5-10
STD13	BPAC	อลงกฎ สถิตย์	วิศวกรโยธา ออกแบบ	5-10
STD14	CASA Co. Ltd.	ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร	วิศวกร โครงสร้าง	5-10
STD15	Stonehenge	สมศักดิ์ สืบสาย	วิศวกร โครงสร้าง	5-10
STD16	MEINHARDT	ดร. วิศว จักรไพศาล	ฝ่ายบริหาร	10-20
STD17	Thai Takanaka Ltd.	อสิต นารถพินิจ	วิศวกรโยธา	5-10
STD18	NSL Const. Co. ltd.	วิศิษฐิ์ ภิญโญ	วิศวกรออกแบบ	5-10
STD19	Civil Design & Arch (CDA)	สมพงษ์ ลาภเอี่ยมไพศาล	ผู้บริหาร	>20
STD20	Team Consulting Co. Ltd.	ประสิทธิ์ เกตุสมบูรณ์ศักดิ์	วิศวกรออกแบบ	10
STD21	Team Consulting Co. Ltd.	ประสงค์ เกตุสมบูรณ์ศักดิ์	วิศวกรออกแบบ	14
STD22	Team Consulting Co. Ltd.	นิธิวุฒิ จิตตะกวี	วิศวกรออกแบบ	11
STD23	AE49 Consulting	เอกสิทธิ์ วงศ์จีรัง	วิศวกรออกแบบ	6
STD24	Civil Park	ทศพล แก้วนุรัชดาสร	วิศวกรโยธา	5
STD25		ธีริทธ์ วุฒิคีรีศาสตร์	วิศวกรโยธา	5
STD26	Thai Takenaka	อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ	วิศวกรโยธา	28

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม (ต่อ)

รหัส	บริษัท	ชื่อ	ตำแหน่ง	ประสบการณ์
STD27		วรวัฒน์ ศรีอุดม	วิศวกรออกแบบ	4
STD28	Team Consulting Co. Ltd.	นิภาพร สถาผล	วิศวกรออกแบบ	7
STD29	Team Consulting Co. Ltd.	ศักดิ์ระวี ศรีภิรมย์	วิศวกรออกแบบ	5
STD30	บริษัท วิศกรและสถาปนิก คิวบิค จำกัด	ธันยธร อมตวีระกุล	วิศวกรออกแบบ	5
STD31	วิ้นท์ เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ เมเนจเม้นท์ จำกัด	วรนาถ แช่มสุวรรณ	วิศวกรออกแบบ	5
STD32	WISE PROJECT CONSULTING	ศิริชัย อังคสิงห์	วิศวกรออกแบบ	5
STD33	Meinhardt	ปณิธาน ลีลาประเทือง	วิศวกรออกแบบ	5
STD34	KCS Consulting	เอกลักษณ์ ยอดทองสิน	วิศวกรออกแบบ	8

ภาคผนวก ข

การเก็บข้อมูลคะแนนความเหมาะสมของดัชนีวัดผล และการวิเคราะห์ฉันทามติ

ภาคผนวก ข-1
ตัวอย่างแบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ครั้งที่ 2 และ 3 ด้วยเทคนิคเดลฟาย

(ขอละเว้นตัวอย่างแบบสอบถามส่วนที่ 1 ที่เป็นการเก็บข้อมูลส่วนบุคคล)

ส่วนที่ 2: วัตถุประสงค์เพื่อระบุดัชนีวัดผลการดำเนินงานของการออกแบบที่เหมาะสม

ดัชนีวัดผลที่ระบุในการประเมินส่วนที่ 2 นี้ ใช้เพื่อการวัดผลการดำเนินงานออกแบบในระดับโครงการ โดยมีรูปแบบจัดจ้างแบบทั่วไป (Design-Bid-Build)

①โปรดระบุคะแนนความเหมาะสมต่อการใช้งานดัชนีวัดผล โดยคำนึงถึงว่าผู้ทำหน้าที่ประเมินภายในฝ่ายออกแบบพอจะประมาณค่าของดัชนีชี้วัดดังกล่าวได้หรือไม่ โดยการทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อกำหนดคะแนนความเหมาะสมต่อการใช้งาน ดังตัวอย่าง

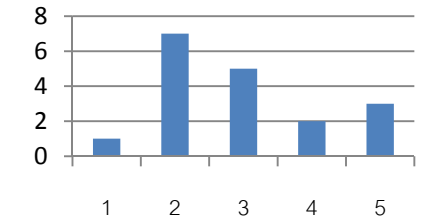
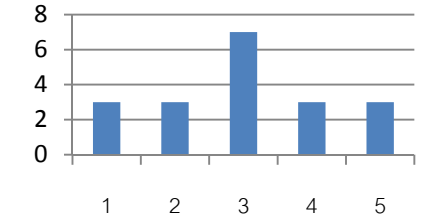
ตัวอย่าง:

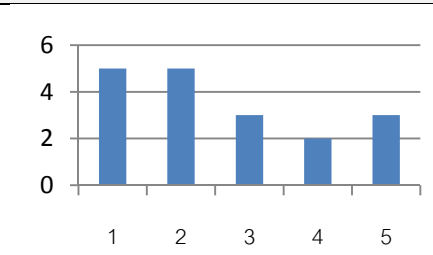
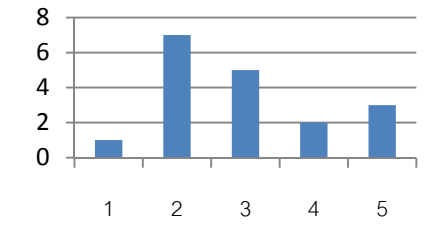
วัดในด้าน	**ดัชนี**วัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	① ไม่เหมาะสมที่สุด	ไม่เหมาะสม	ปานกลาง	เหมาะสม	เหมาะสมที่สุด
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	*เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-ชั่วโมง (Man-hours) ของงานออกแบบจริง จากปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan)*	*เปอร์เซ็นต์*			✓		

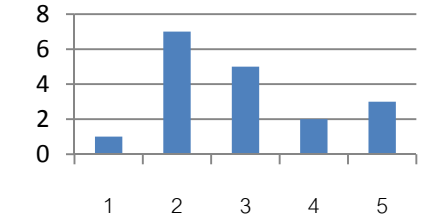
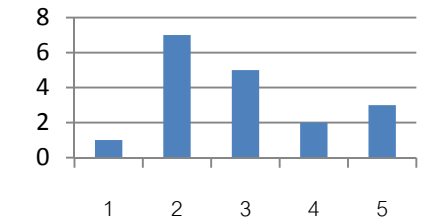
เกณฑ์การประเมินระดับความเหมาะสม

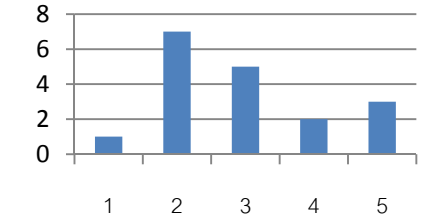
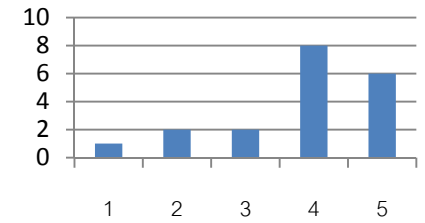
ระดับความเหมาะสม	ความหมาย
1 = เหมาะสมมากที่สุด	ดัชนีที่ประเมินมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากที่สุด สามารถสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้ดีที่สุด
2 = เหมาะสมมาก	ดัชนีที่ประเมินมีความเหมาะสมต่อการใช้ในทางปฏิบัติค่อนข้างมาก โดยการเก็บข้อมูลเพื่อใช้วัดผลค่อนข้างสะดวก และสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้มาก
3 = เหมาะสมปานกลาง	ดัชนีที่ประเมินมีความเหมาะสมต่อการใช้ในทางปฏิบัติน้อย โดยมีความยากลำบากในการเก็บข้อมูลบ้าง แต่สามารถสะท้อนผลการดำเนินงานได้ดี หรือในทางกลับกันคือมีความสะดวกในการเก็บข้อมูลแต่สะท้อนผลการดำเนินงานได้น้อย
4 = เหมาะสมน้อย	ดัชนีที่ประเมินมีความเหมาะสมต่อการใช้ในทางปฏิบัติน้อย โดยอาจความยากลำบากในการเก็บข้อมูลบ้าง และสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้น้อย
5 = เหมาะสมน้อยที่สุด	ดัชนีที่ประเมินมีความเหมาะสมต่อการใช้ในทางปฏิบัติน้อยที่สุด มีความยากลำบากในการเก็บข้อมูลมาก เช่น ต้องเตรียมเอกสารเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นจากงานปกติมาก และสะท้อนผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบได้น้อยที่สุด

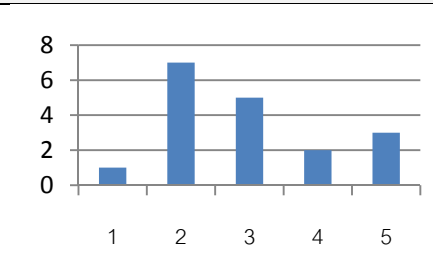
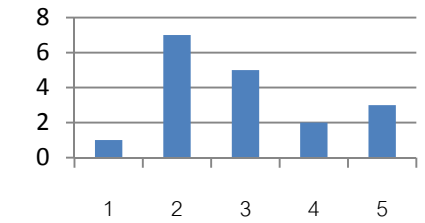
โปรดประเมินความเหมาะสมของดัชนีวัดผลดำเนินงานจากเกณฑ์ที่ระบุ โดยให้คะแนนระดับความเหมาะสมและเหตุผลที่ให้คะแนนดังกล่าว

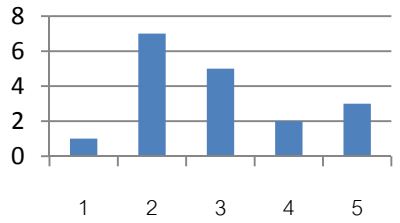
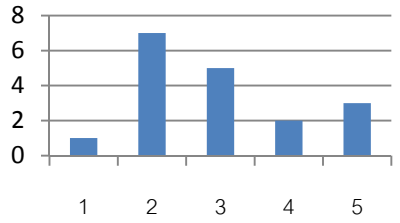
วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ระดับความเหมาะสม	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง ต่อปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (actual/ budgeted Plan) ในโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Cp2	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (change orders) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบของโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

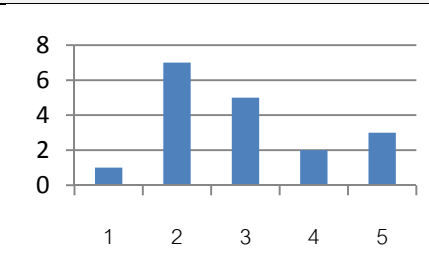
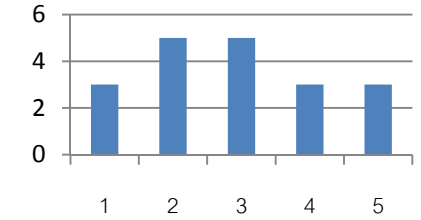
วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ความคิดเห็นเพิ่มเติม	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp3	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบ (Rework) ต่อปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในงานออกแบบ ของโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Cp4	เปอร์เซ็นต์ต้นทุนงานออกแบบจริงต่อต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมด ในโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

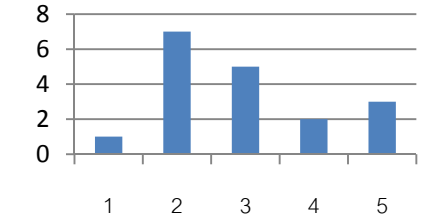
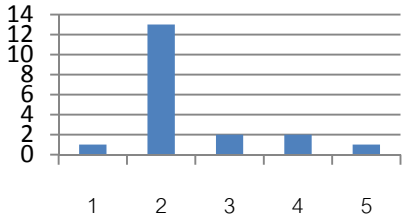
วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ระดับความสำคัญ	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบ(หรือเปอร์เซ็นต์ปริมาณงาน)ที่ส่งช้ากว่าวันส่งมอบงาน ต่องานที่ต้องส่งทั้งหมดในโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ระดับความสำคัญ	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp1	จำนวนการอนุมัติการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบในช่วงระหว่างการก่อสร้างของโครงการ	ครั้ง	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Qp2	เปอร์เซ็นต์ของมูลค่างานที่ถอดจากแบบที่ได้รับการปรับปรุงก่อนก่อสร้างจริง (Shop Drawing) เทียบกับแบบเดิม (Design Drawing)	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ความคิดเห็นเพิ่มเติม	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp3	เปอร์เซ็นต์การแปรผันของต้นทุนมูลค่าของงานก่อสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงงานออกแบบ (Design Change) ในโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Qp4	เปอร์เซ็นต์ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไข/ปรับปรุง/เพิ่มเติมแบบ ในช่วงระหว่างการก่อสร้างซึ่งเพิ่มขึ้นจากแรงงานที่ใช้ออกแบบก่อนการประมูลโครงการ	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ความคิดเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
	Qp5	เปอร์เซ็นต์ระยะเวลาล่าช้าของแผนงานก่อสร้างในโครงการ เนื่องจากความผิดพลาดของงานออกแบบ (Design deficiency)	เปอร์เซ็นต์	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Qp6	จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)	ครั้ง	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ระดับความสำคัญ	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านคุณภาพ	Qp7	จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงักเนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ	ครั้ง	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency of design team)	Ep	ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารงานออกแบบ (Design documents) ในโครงการ	Man-Month	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

วัดในด้าน	สัญลักษณ์ของดัชนี	ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ผลจากการสัมภาษณ์รอบที่ผ่านมา	ความคิดเห็นเพิ่มเติม	เหตุผลที่เลือกระดับความเหมาะสมดังกล่าว
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อคำร้องขอข้อมูล หรือข้อซักถาม (Request for Information) จากฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการ	หน่วย	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		
	Rp2	ระยะเวลาทั้งหมดในการแก้ไขแบบ (Design Rework) หรือเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ	หน่วย	 (จำนวนผู้ตอบในแต่ละคะแนนประเมิน)		

ขอขอบคุณในการให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ข- 2
ผลการวิเคราะห์ฉันทามติของข้อมูลจากการสัมภาษณ์

ตารางที่ ข-2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 2

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนี	ฐานนิยม (MODE)	มัธยฐาน (MEDIAN)	ควอไทล์ที่ 3	ควอไทล์ที่ 1	ค่ากึ่งกลางระหว่างพิสัยควอไทล์	ผลการวิเคราะห์ฉันทามติ
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	4.00	4.00	4.50	3.00	1.50	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Cp2	2.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Cp3	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Cp4	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	4.00	4.00	5.00	4.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Tp2	4.00	4.00	4.00	2.00	2.00	ไม่ฉันทามติ
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp1	3.00	3.00	3.50	2.00	1.50	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp2	2.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp3	2.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp4	4.00	3.00	4.00	2.00	2.00	ไม่ฉันทามติ
	Qp5	3.00	3.00	4.00	2.00	2.00	ไม่ฉันทามติ
	Qp6	3.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Qp7	4.00	4.00	4.00	2.00	2.00	ไม่ฉันทามติ

ตารางที่ ข-2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 2 (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนี	ฐานนิยม (MODE)	มัธยฐาน (MEDIAN)	ควอไทล์ที่ 3	ควอไทล์ที่ 1	ค่ากึ่งกลางระหว่างพิสัยควอไทล์	ผลการวิเคราะห์ฉันทามติ
ด้านผลิตภาพ (Productivity of design team)	Ep	4.00	4.00	4.00	3.50	0.50	ฉันทามติว่าเหมาะสม
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Rp2	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม

ตารางที่ ข-2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 2 โดยแยกพิจารณาดัชนี Tp2

ดัชนี	คำอธิบาย	ฐานนิยม (MODE)	มัธยฐาน (MEDIAN)	ควอไทล์ที่ 3	ควอไทล์ที่ 1	ค่ากึ่งกลางระหว่างพิสัย ควอไทล์	ผลการวิเคราะห์ฉันทามติ
Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ (ราชการ)	2.00	2.00	2.50	2.00	0.50	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
Tp2	เปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบที่ส่งช้ากว่ากำหนด ต่อจำนวนเอกสารงานออกแบบทั้งหมดในโครงการ (เอกชน)	4.00	4.00	4.00	4.00	0	ฉันทามติว่าเหมาะสม

ตารางที่ ข-2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 3

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนี	ฐานนิยม (MODE)	มัธยฐาน (MEDIAN)	ควอไทล์ที่ 3	ควอไทล์ที่ 1	ค่ากึ่งกลางระหว่างพิสัยควอไทล์	ผลการวิเคราะห์ฉันทามติ
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	4.00	4.00	4.50	3.00	1.50	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Cp2	3.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Cp3	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Cp4	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	4.00	4.00	5.00	4.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Tp2 (Public)	2.00	2.00	2.25	2.00	0.25	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Tp2 (Private)	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp1	3.00	3.00	3.50	2.00	1.50	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp2	2.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp3	2.00	2.00	3.00	2.00	1.00	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp4	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Qp5	3.00	3.00	3.50	2.00	1.50	ฉันทามติว่าไม่เหมาะสม
	Qp6	3.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Qp7	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม

ตารางที่ ข-2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ฉันทามติจากการสัมภาษณ์รอบที่ 3 (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนี	ฐานนิยม (MODE)	มัธยฐาน (MEDIAN)	ควอไทล์ที่ 3	ควอไทล์ที่ 1	ค่ากึ่งกลางระหว่างพิสัยควอไทล์	ผลการวิเคราะห์ฉันทามติ
ด้านผลิตภาพ (Productivity of design team)	Ep	4.00	4.00	4.00	3.50	0.50	ฉันทามติว่าเหมาะสม
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม
	Rp2	4.00	4.00	4.00	3.00	1.00	ฉันทามติว่าเหมาะสม

ภาคผนวก ข-3
การวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ

ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ ระหว่างการสัมภาษณ์รอบที่ 2 และ 3

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนีลำดับที่	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ของการแจกแจง (Absolute Difference in Number rating) ระดับคะแนนความเหมาะสม					ผลรวมการเปลี่ยนแปลงความถี่ทั้งหมด	จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบโดยสุทธิ	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบ	ทดสอบความคงที่ของระดับฉันทามติ
		1	2	3	4	5					
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	Cp1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Cp2	0	0	2	2	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่
	Cp3	0	2	1	1	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่
	Cp4	1	0	1	2	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่

ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ ระหว่างการสัมภาษณ์รอบที่ 2 และ 3 (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนีลำดับที่	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ของการแจกแจง (Absolute Difference in Number rating) ระดับคะแนนความเหมาะสม					ผลรวมการเปลี่ยนแปลงความถี่ทั้งหมด	จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบโดยสุทธิ	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบ	ทดสอบความคงที่ของระดับฉันทามติ
		1	2	3	4	5					
ด้านเวลาและแผนงาน (Time and Schedule of Design)	Tp1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Tp2 (Public)	0	0	1	1	0	2	1	8	12.50	ระดับฉันทามติคงที่
	Tp2 (Private)	0	0	0	0	0	0	0	11	0	ระดับฉันทามติคงที่
ด้านคุณภาพงาน (Quality of Design document)	Qp1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Qp2	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่

ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ ระหว่างการสัมภาษณ์รอบที่ 2 และ 3 (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนีลำดับที่	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ของการแจกแจง (Absolute Difference in Number rating) ระดับคะแนนความเหมาะสม					ผลรวมการเปลี่ยนแปลงความถี่ทั้งหมด	จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบโดยสุทธิ	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบ	ทดสอบความคงที่ของระดับฉันทามติ
		1	2	3	4	5					
ด้านคุณภาพ (Quality of Design document)	Qp3	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Qp4	1	1	1	1	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่
	Qp5	1	1	1	1	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่
	Qp6	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Qp7	0	2	1	1	0	4	2	19	10.53	ระดับฉันทามติคงที่

ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงที่ของระดับฉันทามติ ระหว่างการสัมภาษณ์รอบที่ 2 และ 3 (ต่อ)

หัวข้อการวัดผลการดำเนินงาน	ดัชนีลำดับที่	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ของการแจกแจง (Absolute Difference in Number rating) ระดับคะแนนความเหมาะสม					ผลรวมการเปลี่ยนแปลงความถี่ทั้งหมด	จำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบโดยสุทธิ)	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงคำตอบ	ทดสอบความคงที่ของระดับฉันทามติ
		1	2	3	4	5					
ด้านผลิตภาพ (Productivity of design team)	Ep1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
ด้านการตอบสนองต่อคำร้อง (Respond to request)	Rp1	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่
	Rp2	0	0	0	0	0	0	0	19	0	ระดับฉันทามติคงที่

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างและผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ภาคผนวก ค-1
ตัวอย่างแบบสอบถามเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนัก

แบบสอบถามเพื่อทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การระบุดัชนีชี้วัดสำหรับการวัดผลการดำเนินงานของการออกแบบ

ส่วนที่ 1: ในการประเมินผลการดำเนินการของฝ่ายออกแบบ สามารถแบ่งการวัดออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

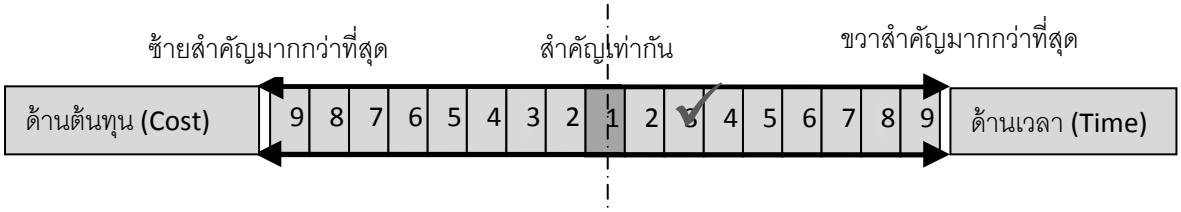
การประเมินฝ่ายออกแบบในด้าน	ความหมาย
C : ด้านต้นทุน (Cost of Design)	ประเมินความคลาดเคลื่อนของต้นทุนและแรงงานจากแผนงาน
T: ด้านเวลาและแผนงาน (Time of Design)	ประเมินความล่าช้าในการส่งงาน
Q: ด้านคุณภาพของผลงาน (Quality of Design documents)	ประเมินความสมบูรณ์และถูกต้องของผลงาน เช่น แบบก่อสร้าง
E: ด้านผลิตภาพของผู้ออกแบบ (Productivity of design team)	ประเมินแรงงานที่ต้องใช้ เพื่อให้ได้ผลงานนี่เสร็จสมบูรณ์
S: ด้านการตอบสนองต่อข้อเรียกร้องของเจ้าของและฝ่ายก่อสร้าง (Response to Owner and Contractor)	ประเมินความรวดเร็วในการตอบสนองต่อคำร้องที่เกี่ยวกับการออกแบบ

โปรดเรียงลำดับหัวข้อทั้ง 5 หัวข้อดังกล่าวตามลำดับความสำคัญลงในช่องว่าง (.....) ต่อไปนี้

อันดับที่ 1. มีความสำคัญมากที่สุด	ได้แก่ปัจจัยด้าน (.....)
อันดับที่ 2. มีความสำคัญมาก	ได้แก่ปัจจัยด้าน (.....)
อันดับที่ 3. มีความสำคัญระดับปานกลาง	ได้แก่ปัจจัยด้าน (.....)
อันดับที่ 4. มีความสำคัญน้อย	ได้แก่ปัจจัยด้าน (.....)
อันดับที่ 5. มีความสำคัญน้อยที่สุด	ได้แก่ปัจจัยด้าน (.....)

จากหัวข้อที่เรียงลำดับข้างต้นข้างต้น โปรดเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างหัวข้อการประเมินในแต่ละคู่ดังตัวอย่างด้านล่าง หากต้องการวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ หัวข้อใดมีความสำคัญมากกว่ากัน

<u>ตัวอย่าง</u> เปรียบเทียบการวัดผลด้านเวลา (ขวา) <u>สำคัญกว่า</u>ด้านต้นทุน (ซ้าย) พอสมควร (ระดับ 3)

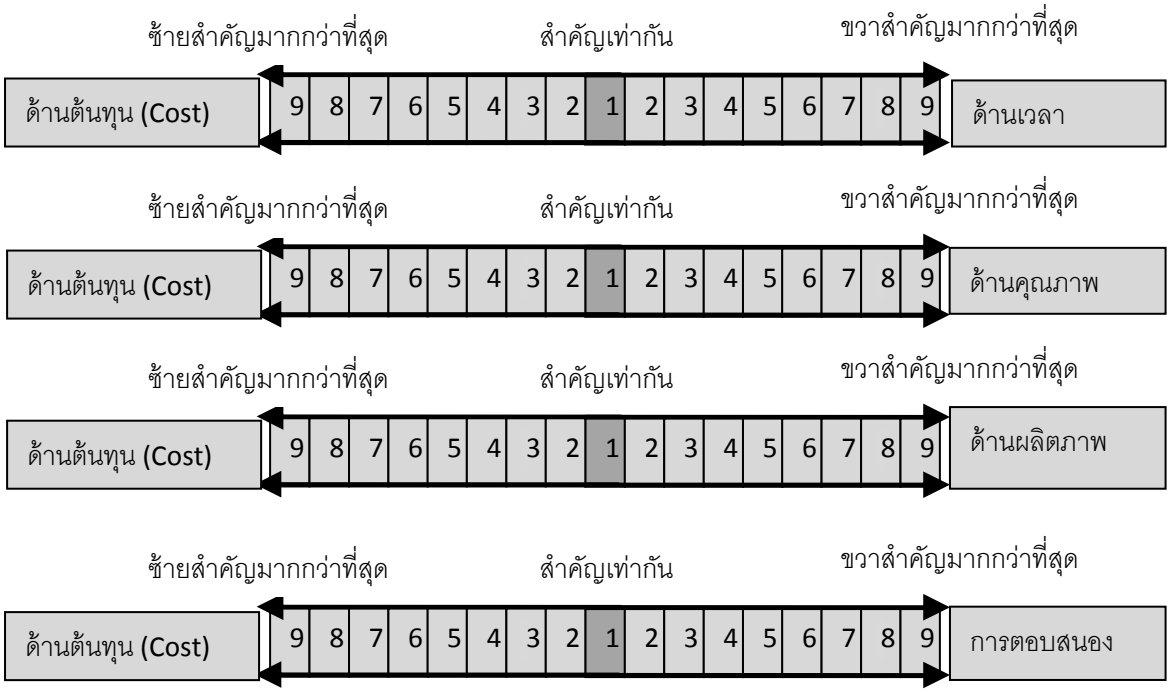


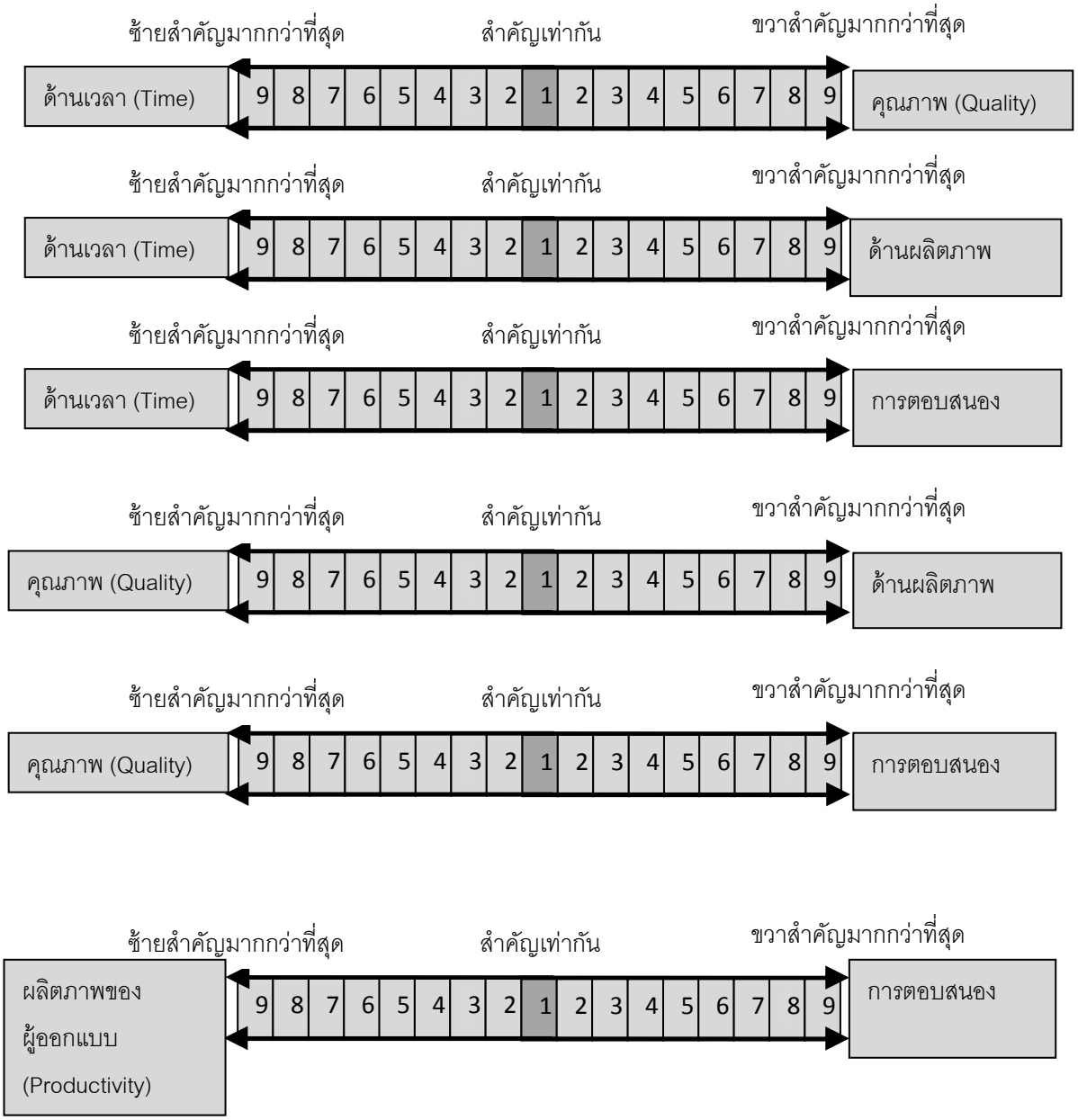
โดยมีเกณฑ์การให้ระดับความสำคัญดังนี้

1 = ด้านขวาสำคัญเท่ากับด้านซ้าย
3 = สำคัญกว่าพอสมควร
5 = สำคัญกว่ามาก
7 = สำคัญกว่าอย่างยิ่ง
9 = สำคัญกว่ามากที่สุด

(ท่านสามารถเลือกคะแนน 2,4,6,8 สำหรับค่าคลุมเครืออยู่ระหว่างเกณฑ์ข้างต้น)

<u>โปรดเปรียบเทียบความสำคัญของการวัดผลระหว่างด้านต่างๆ โดยทำเครื่องหมาย✓ในทิศทางที่ท่านเห็นว่ามีความสำคัญมากกว่า ตามเกณฑ์การให้คะแนนและตัวอย่างข้างต้น</u>




ซ้ายสำคัญมากกว่าที่สุด
สำคัญเท่ากัน
ขวาสำคัญมากกว่าที่สุด
ด้านเวลา (Time)
9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9
คุณภาพ (Quality)
ด้านเวลา (Time)
ด้านผลิตภาพ
ด้านเวลา (Time)
การตอบสนอง
คุณภาพ (Quality)
ด้านผลิตภาพ
คุณภาพ (Quality)
การตอบสนอง
ผลิตภาพของ
ผู้ออกแบบ
(Productivity)
การตอบสนอง

ส่วนที่ 2: โปรดระบุระดับความสำคัญของดัชนีเพื่อใช้วัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ ว่าดัชนีตัวใดสะท้อนผลการดำเนินงานได้มากกว่ากัน

2.1 **การวัดผลด้านต้นทุน**: ดัชนีที่ใช้วัดผลการดำเนินงานในด้านการควบคุมต้นทุนของฝ่ายออกแบบ มี 3 ดัชนี ได้แก่

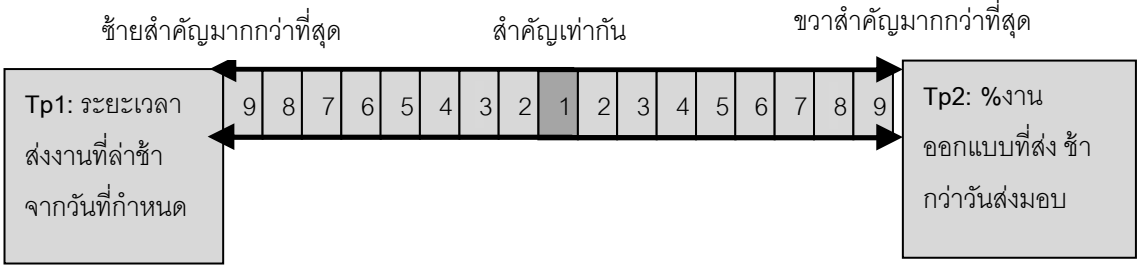
ดัชนีวัดผลด้านต้นทุน (Cost of Design)	
Cp1	วัดผลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณแรงงาน (Man-Months) ของงานออกแบบจริงจากปริมาณที่กำหนดในแผนงาน (%Work force vary from master plan)
Cp3	วัดผลจากเปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงาน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงาน (Design Rework) ต่อปริมาณแรงงาน (Man-Months) ทั้งหมดในการออกแบบ ก่อนการประมูล (%Work force used in Design Rework)

โปรดระบุระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ใน**ส่วนที่** 1

2.2 การวัดผลด้านเวลา: ดัชนีที่ใช้วัดผลการดำเนินงานในด้านการควบคุมแผนงานมี 2 ดัชนี ได้แก่

ดัชนีวัดผลด้านเวลา (Time of Design)
Tp1 เปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบ จากวันส่งงานที่กำหนด (actual/scheduled) ในโครงการ
Tp2 วัดจากเปอร์เซ็นต์จำนวนเอกสารงานออกแบบ ที่ส่งช้ากว่าวันส่งมอบตามสัญญา เพื่อหาว่ามีปริมาณงานออกแบบ จำนวนเท่าไรในปริมาณงานทั้งหมดที่ไม่อาจส่งทันตามสัญญาได้

โปรดระบุระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ใน**ส่วนที่ 1**



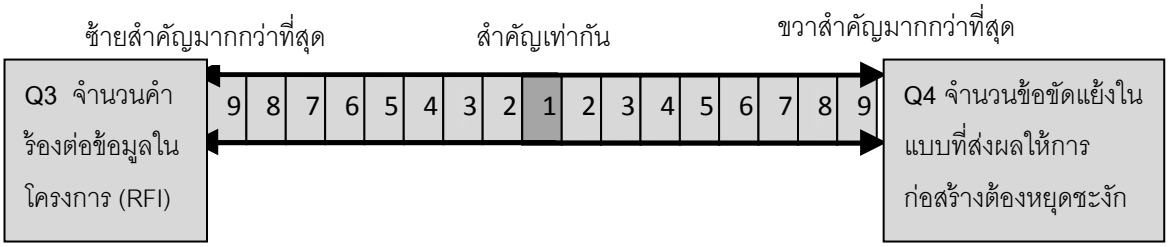
2.3 การวัดผลด้านคุณภาพ: ดัชนีที่ใช้วัดผลคุณภาพ ความถูกต้องของแบบมี 4 ดัชนี ได้แก่

ดัชนีวัดผลด้านคุณภาพ (Quality of Design Documents)
Qp4 ปริมาณแรงงาน (Man-Months) ทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ไขแบบ (Design Rework) เนื่องจากผู้รับเหมาพบว่าแบบผิดพลาด ไม่สมบูรณ์ ในช่วงระหว่างการก่อสร้าง ในโครงการ
Qp6 จำนวนคำร้องต่อข้อมูลในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด(Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์ (Incomplete)
Qp7 จำนวนปัญหาข้อขัดแย้งที่ส่งผลให้การก่อสร้างต้องหยุดชะงัก เนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ

จากหัวข้อที่เรียงลำดับข้างต้นข้างต้น โปรดเรียงลำดับดัชนีวัดผลด้านคุณภาพทั้ง 3 ดัชนีดังกล่าวตามลำดับความสำคัญลงในช่องว่าง **(.....)**

อันดับที่ 1. มีความสำคัญมากที่สุด	ได้แก่ดัชนี **(.....)**
อันดับที่ 2. มีความสำคัญรองลงมา	ได้แก่ดัชนี **(.....)**
อันดับที่ 3. มีความสำคัญน้อยที่สุด	ได้แก่ดัชนี **(.....)**

โปรดระบุระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ใน***ส่วนที่ 1***



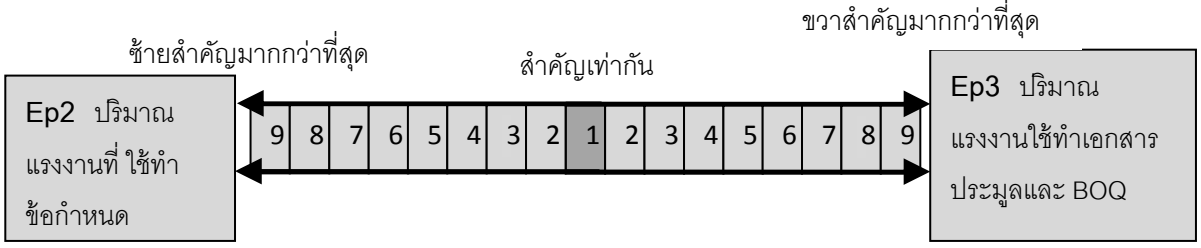
2.4 การวัดผลด้านผลิตภาพของฝ่ายออกแบบ: ดัชนีที่ใช้วัดปริมาณแรงงานที่ใช้เพื่อการทำเอกสารงานออกแบบให้เสร็จสมบูรณ์ มี 2 ดัชนี ได้แก่

ด้านผลิตภาพของผู้ออกแบบ (Productivity of design team)
Ep1 ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing document) ในโครงการ
Ep2 ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำข้อกำหนด(Specification) ในโครงการ
Ep3 ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารในการประมูล(Contract and Bidding document)และ ปริมาณงานในเบื้องต้นในโครงการ

จากหัวข้อที่เรียงลำดับข้างต้นข้างต้น โปรดเรียงลำดับดัชนีวัดผลด้านคุณภาพทั้ง 3 ดัชนีดังกล่าวตามลำดับความสำคัญลงในช่องว่าง **(.....)**

อันดับที่ 1. มีความสำคัญมากที่สุด	ได้แก่ดัชนี **(.....)**
อันดับที่ 2. มีความสำคัญรองลงมา	ได้แก่ดัชนี **(.....)**
อันดับที่ 3. มีความสำคัญน้อยที่สุด	ได้แก่ดัชนี **(.....)**

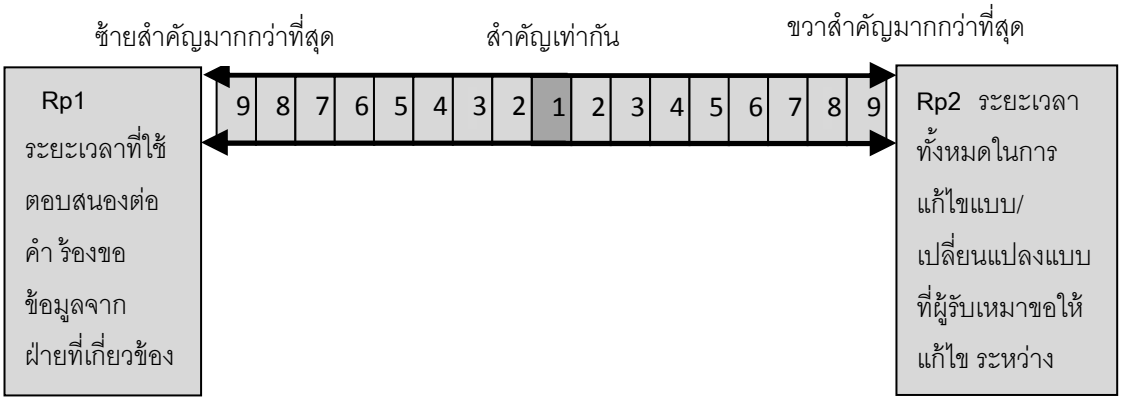
โปรดระบุระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ใน**ส่วนที่ 1**



2.5 ด้านการตอบสนองต่อข้อเรียกร้องของเจ้าของและฝ่ายก่อสร้าง: ดัชนีที่ใช้วัดความรวดเร็วในการตอบสนองต่อคำร้องที่เกี่ยวกับการออกแบบมี 2 ดัชนี ได้แก่

ด้านการตอบสนองต่อข้อเรียกร้องของเจ้าของและฝ่ายก่อสร้าง (Response to Owner and Contractor):
Rp1 ระยะเวลาที่ฝ่ายออกแบบตอบสนองต่อคำร้องขอข้อมูล จากเจ้าของโครงการ ตัวแทน หรือฝ่ายสถาปนิก
Rp2 ระยะเวลาทั้งหมดในการแก้ไขแบบ (Design Rework) หรือเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) ระหว่างการก่อสร้าง ในโครงการ

โปรดระบุระดับความสำคัญของแต่ละดัชนีโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ ตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ใน**ส่วนที่ 1**



สิ้นสุดแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณในการตอบแบบสอบถามอย่างครบถ้วน

กิตติ เดือนหงาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Kitti.duan@gmail.com

ภาคผนวก ค-2
ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น

แสดงตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

(1) ข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถาม STD10 แสดงการเปรียบเทียบระดับความสำคัญของหัวข้อการวัดผลทีละคู่ดังตารางด้านล่าง ซึ่งตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าหัวข้อการวัดผลที่สำคัญที่สุดคือการวัดผลด้านคุณภาพของเอกสารงานออกแบบ ซึ่งมีความสำคัญเท่ากับหัวข้อการวัดผลด้านผลิตภาพของผู้ออกแบบ

ตารางที่ ค-2.1 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP

(1)	(2) Cost	(3) Time	(4) Quality	(5) Productivity	(6) Respond
Cost	1	1/3	1/5	1/5	1/3
Time	3	1	1/7	1/7	1/5
Quality	5	7	1	1	3
Productivity	5	7	1	1	3
Respond	3	5	1/3	1/3	1

(2) การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักมีหลายวิธี แต่วิธีที่งานวิจัยนี้เลือกใช้คือวิธีการคูณค่าความสำคัญ (Good Multiply) โดยคูณคะแนนระดับความสำคัญทั้งหมดที่อยู่ในแถวเดียวกัน และถอดรากของของผลคูณดังกล่าว ตามจำนวนสมาชิก (n^{th} root) ในตัวอย่างนี้มีสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบ 5 หัวข้อ แสดงผลดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ ค-2.2 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP (ต่อเนื่อง)

(1)	(2) Cost	(3) Time	(4) Quality	(5) Productivity	(6) Respond	(7) Multiplying	(8) 5^{th} root	(9) Eigenvector
Cost	1	1/3	1/5	1/5	1/3	0.004444	0.34	0.0488
Time	3	1	1/7	1/7	1/5	0.012245	0.41	0.0598
Quality	5	7	1	1	3	105	2.54	0.3658
Productivity	5	7	1	1	3	105	2.54	0.3658
Respond	3	5	1/3	1/3	1	1.666667	1.11	0.1597
							6.93	1.0000

(3) จากตารางด้านบนเมื่อผลคูณของคะแนนความสำคัญได้ถอดรากที่ 5 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 8 แล้วจึงรวมค่าในคอลัมน์ที่ 8 ทั้งหมดได้ผลรวมเป็น 6.93 แล้วทำการปรับเรียบค่าในคอลัมน์ที่ 8 ทั้งหมดโดยการหารด้วย 6.93 ค่าที่ได้จากการปรับเรียบจะแสดงในคอลัมน์ที่ 9 เรียกเวกเตอร์ที่มีสมาชิกตามคอลัมน์ที่ 9 ว่าไอเกนเวคเตอร์ และค่าต่างๆในไอเกนเวกเตอร์ก็คือค่าถ่วงน้ำหนักของหัวข้อการวัดผลในแต่ละแถวนั่นเอง เช่น หัวข้อด้านต้นทุนมีค่าถ่วงน้ำหนัก 0.0488 เป็นต้น ดังนั้นผลรวมของสมาชิกทั้งหมดในไอเกนเวกเตอร์จึงมีค่าเท่ากับ 1.00

(4) ในลำดับต่อไปเมื่อได้ค่าถ่วงน้ำหนักแล้วจะต้องวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูล โดย (Saaty, 2000) ระบุดัชนีที่เรียกว่าค่าไอเกนสูงสุด (Maximum Eigen Value) เพื่อวัดระดับความสอดคล้องดังกล่าว คำนวณโดยเริ่มจาก นำตารางผลลัพธ์ในรูปเมตริก 5x5 มาคูณไขว้แบบเวกเตอร์ (Cross Product) เข้ากับไอเกนเวคเตอร์ซึ่งแสดงในคอลัมน์ที่ 7 ของตารางด้านล่าง จะได้ผลลัพธ์ดังคอลัมน์ที่ 8 จากนั้นนำผลคูณไขว้มาหารด้วยค่าไอเกนที่อยู่ในแถวเดียวกัน ซึ่งจะได้คอลัมน์ที่ 9 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของคอลัมน์ที่ 9 คือ 5.3572 (= 26.79/5) ซึ่งค่าดังกล่าวคือค่าไอเกนสูงสุดของชุดข้อมูลนั่นเอง

ตารางที่ ค-2.3 ตารางตัวอย่างการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธี AHP (ต่อเนื่อง)

(1)	(2) Cost	(3) Time	(4) Quality	(5) Productivity	(6) Respond	(7) Eigenvector	(8) X Product	(9) Product /eigen
Cost	1	1/3	1/5	1/5	1/3	0.0488	0.27 (= 1x.488+1/3x.598+1/5x.3658+1/5x.3658+1/3x.1597)	5.50
Time	3	1	1/7	1/7	1/5	0.0598	0.34 (= 3x.488+1x.598+1/7x.3658+1/7x.3658+1/5x.1597)	5.73
Quality	5	7	1	1	3	0.3658	1.87(= 5x.488+7x.598+1x.3658+1x.3658+3x.1597)	5.12
Productivity	5	7	1	1	3	0.3658	1.87(= 5x.488+7x.598+1x.3658+1x.3658+3x.1597)	5.12
Respond	3	5	1/3	1/3	1	0.1597	0.85(= 3x.488+5x.598+1/3x.3658+1/3x.3658+1x.1597)	5.32
						1.0000		26.79

(5) คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I)

C.I. = (5.3572 – 5)/ (5 – 1)

= 0.0893

(6) อ้างอิงค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่าง (R.I.) จากการศึกษาของสถาบัน Oak Ridge National Laboratory ซึ่งได้ทำการสุ่มค่าระดับความสำคัญลงในตารางเปรียบเทียบของสมาชิกจำนวนต่างๆ โดยทดลอง 100 ตัวอย่าง ค่าของดัชนีการสุ่มตัวอย่างกรณีสมาชิกที่ใช้เปรียบเทียบมีจำนวน 5 ตัว (n = 5) เท่ากับ 1.12 ซึ่ง (Saaty,2000) ได้แนะนำว่าค่า

ดัชนีความสอดคล้องควรน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งการเปรียบเทียบดังกล่าวใช้ค่าสัดส่วนความสอดคล้องในการประเมินดังสมการ

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

= 0.0893/ 1.12

= 0.0797

(7) ค่า C.R. < 0.1 ถือว่าข้อมูลมีความสอดคล้องสูง

(8) ตัวอย่างที่แสดงข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างหัวข้อการวัดผล อย่างไรก็ตามสำหรับการเปรียบเทียบระดับความสำคัญระหว่างดัชนีจะมีขั้นตอนการคำนวณคล้ายคลึงกัน แต่จำนวนสมาชิก (n) ที่เปลี่ยนไปอาจส่งผลให้การคำนวณต้องเปลี่ยนดัชนีการสุ่มตัวอย่าง (R.I.) เช่นดัชนีการสุ่มตัวอย่างเท่ากับ 0.58 เมื่อ n = 3 เป็นต้น

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเกณฑ์การประเมิน

แบบสอบถามเพื่อทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การระบุดัชนีชี้วัดสำหรับการวัดผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

เรียนท่านที่เคารพ จากการสัมภาษณ์ในครั้งที่ผ่านมา ผมนายกิตติ เดือนหงาย นิสิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง โดยแบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนต่อเนื่อง มีวัตถุประสงค์ให้ท่านช่วยระบุเกณฑ์การประเมินผลการดำเนินงานจากค่าดัชนีวัดผลที่ท่านได้ระบุไว้จากการสัมภาษณ์ครั้งที่ผ่านมา

ส่วนที่ 1: **ข้อมูลทั่วไป** กรุณากรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องว่าง

ชื่อ.....

นามสกุล.....

เบอร์โทรติดต่อ.....

Email.....

ตำแหน่ง..... ประสบการณ์ในงาน

ออกแบบ..... ปี

การให้บริการของบริษัท
- ○ ออกแบบเตรียมเอกสารประมูลเท่านั้น
- ○ รับทั้งออกแบบ เตรียมเอกสารประมูลและควบคุมงานระหว่างการก่อสร้าง

เจ้าของโครงการที่จ้างเป็นหลัก
- ○ งานภาครัฐ
- ○ งานเอกชน

การแบ่งประเภทของโครงการตามขนาดของโครงการ

โปรดระบุช่วงของมูลค่างานโครงสร้างในช่องว่างของตาราง ดังตัวอย่างด้านล่าง

ตัวอย่าง

ขนาดโครงการ	มูลค่าน้อยอยู่ในช่วง	มูลค่าปานกลางอยู่ในช่วง	มูลค่ามากอยู่ในช่วง
มูลค่างานโครงสร้าง	*10-20 ล้านบาท*	*20-100 ล้านบาท*	*100-500 ล้านบาท*

ขนาดโครงการ	โครงการ**ขนาดเล็ก**จะมีมูลค่างานโครงสร้างอยู่ในช่วงเท่าไร	โครงการ**ขนาดกลาง**จะมีมูลค่างานโครงสร้างอยู่ในช่วงเท่าไร	โครงการ**ขนาดใหญ่**จะมีมูลค่างานโครงสร้างอยู่ในช่วงเท่าไร
มูลค่างานโครงสร้าง (หากโครงการที่ท่านพิจารณามีฝ่ายออกแบบหลายราย ให้ประมาณเป็นงานของฝ่ายออกแบบเจ้าเดียว)	……	……..	……

2.การแบ่งประเภทของโครงการตามความยากง่ายของโครงการ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อเลือกประเภทสิ่งปลูกสร้างให้ตรงกับลักษณะความยากง่ายในการออกแบบทางด้านโครงสร้างตามเกณฑ์การประเมินด้านล่าง

เกณฑ์การประเมินระดับความยากในการออกแบบ

ระดับความยากในการออกแบบโครงสร้าง	ความหมาย
ง่าย	ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์สูง มีแรงกระทำน้อยประเภท
ยาก	การออกแบบต้องใช้ความเชี่ยวชาญ ต้องคำนึงถึงแรงกระทำต่อโครงสร้างหลายประเภท เช่น คลื่น แผ่นดินไหว การออกแบบต้องพิจารณาข้อกำหนดหลายด้าน

	ระดับความยากในการออกแบบโครงสร้าง	
ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	(1) ง่าย	(2) ยาก
โรงเก็บสินค้า	✓	
ท่าเรือ		
บ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ อาคารขนาดเล็ก		
สถานีย่อยของโรงสูบน้ำและโรงไฟฟ้า		
ห้างสรรพสินค้า		
โรงงาน		
โรงบำบัดน้ำ		
โรงไฟฟ้า		
โรงกลั่นและสถานีขนส่งน้ำมัน		
อาคารสูง (10-20 ชั้น)		

	ระดับความยากในการออกแบบโครงสร้าง	
ประเภทสิ่งปลูกสร้าง	(1) ง่าย	(2) ยาก
อาคารสูง (20-30 ชั้น)		
อาคารสูง (30-40 ชั้น)		
อาคารสูง (> 40 ชั้น)		
สะพานยาวช่วง (10 – 20 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (20 – 30 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (30 – 40 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (40 – 80 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (80 – 100 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (100 – 200 เมตร)		
สะพานยาวช่วง (> 200 เมตร)		

ส่วนที่ 2: **ดัชนีวัดผลดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ**

2.1 ระบุค่าขอบเขตของดัชนีวัดผลการดำเนินงานของการออกแบบ

ดัชนีวัดผลที่ระบุในการประเมินส่วนที่ 2 นี้ ใช้เพื่อการวัดผลการดำเนินงานออกแบบในระดับโครงการ โดยมีรูปแบบจัดจ้างแบบทั่วไป (Design-Bid-Build)

①โปรดระบุขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ของดัชนีดังกล่าว ในระดับค่าน้อย ค่าปานกลาง และค่ามาก

ตัวอย่าง2.1

วัดในด้าน	**ดัชนี**วัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	① ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มี** **ค่าน้อย** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	① โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี **ค่าโดยทั่วไป** อยู่ระหว่าง	① ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มี** **ค่ามาก** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
ด้านต้นทุน (Cost of Design)	***C1** : ในโครงการ มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง จากปริมาณที่กำหนดในแผนงาน กี่เปอร์เซ็นต์*	*เปอร์เซ็นต์*	*0-5%*	*5-10%*	*10-30%*
	***C2**: ในโครงการมีปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบที่พบความขัดแย้งหรือผิดพลาด (Rework) เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months)ทั้งหมด*	*เปอร์เซ็นต์*	*0-5%*	*5-10%*	*10-30%*

1. **ดัชนีวัดผลด้านต้นทุน** (Cost of Design)

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่าน้อย** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่ามาก** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Cp1: ในโครงการมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ของงานออกแบบจริง จากปริมาณที่กำหนดในแผนงานกี่เปอร์เซ็นต์ (*พิจารณาปริมาณงานที่ทำจริง ไม่พิจารณากรณีล่าช้าจากการเปลี่ยนแปลงงานของเจ้าของ)	เปอร์เซ็นต์			
Cp3: ในโครงการมีปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้เพื่อการแก้ไขงานออกแบบที่พบความขัดแย้งหรือผิดพลาด (Rework) เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months)ทั้งหมด	เปอร์เซ็นต์			

2. **ดัชนีวัดผลด้านเวลาและแผนงาน** (Time and Schedule of Design)

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่าน้อย** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่ามาก** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Tp1: มีเปอร์เซ็นต์ความล่าช้าของระยะเวลาการออกแบบจากที่แผนงานกำหนด (actual/scheduled) ในโครงการเท่าไร	เปอร์เซ็นต์			

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่าน้อย** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่ามาก** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Tp2: มีจำนวนเอกสารงานออกแบบ(หรือปริมาณงาน)ที่ส่งช้ากว่าวันที่กำหนดส่งมอบงานตามสัญญา เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของงานที่ต้องส่งทั้งหมดในโครงการ (พิจารณากรณีที่เกิดการล่าช้า)	เปอร์เซ็นต์			

3. **ดัชนีวัดผลด้านคุณภาพของเอกสาร** (Quality of Design documents)

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่าน้อย** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า **มีค่ามาก** เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Qp4: มีปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการแก้ไขแบบที่ผิดพลาด (ที่มีสาเหตุจากฝ่ายออกแบบ ซึ่งไม่สามารถขอ claim ได้) และพบในช่วงระหว่างการก่อสร้างในโครงการ	เปอร์เซ็นต์			
Qp6: มีจำนวนคำร้องขอข้อมูลเพิ่มเติมในโครงการ (RFI: Request for Information) จากผู้รับเหมา เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับจากงานออกแบบมีลักษณะคลุมเครือ (Questionable)/ มีความขัดแย้งกัน(Conflict)/ ผิดพลาด (Erroneous)/ ไม่สมบูรณ์(Incomplete)	ครั้ง			
Qp7: จำนวนปัญหา ข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ทำให้โครงการต้องหยุดชะงัก เนื่องจากความผิดพลาดในการออกแบบ	ครั้ง			

4. **ดัชนีวัดผลด้านประสิทธิภาพ** (Efficiency of design team)

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่าน้อย**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่ามาก**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Ep1: ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง (Drawing document) ในโครงการ	Man-Month			
Ep2: ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำข้อกำหนด(Specification) ในโครงการ	Man-Month			
Ep3: ปริมาณแรงงาน-เดือน (Man-Months) ที่ใช้ในการจัดทำเอกสารในการประมูล(Contract and Bidding document)ในโครงการ	Man-Month			

5. **ดัชนีวัดผลด้านการตอบสนองต่อคำร้องต่าง ๆ** (Respond to request)

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่าน้อย**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่ามาก**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Rp1: ระยะเวลาก่อนที่ฝ่ายออกแบบจะตอบสนองต่อคำร้องขอข้อมูล หรือคำร้องแก้ไขแบบ (Request for Information) จากเจ้าของโครงการ	วัน			

ดัชนีวัดผลการดำเนินงาน (Performance Indicator)	หน่วยวัด (Units)	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่าน้อย**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง	โดยปกติแล้วดัชนีตัวนี้จะมี**ค่าโดยทั่วไป**อยู่ระหว่าง	ดัชนีตัวนี้จะถือว่า**มีค่ามาก**เมื่อมีขอบเขตอยู่ระหว่าง
Rp2: ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ไขแบบ (Design Rework) หรือเปลี่ยนแปลงแบบ (Design Change) เพื่อให้ได้แบบที่สมบูรณ์ระหว่างการก่อสร้างในโครงการ	วัน			

สิ้นสุดแบบสอบถาม

ขอขอบพระคุณในการตอบแบบสอบถามอย่างครบถ้วน

ภาคผนวก จ

คู่มือการติดตั้งและใช้งานระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

การติดตั้งระบบประเมินผลการดำเนินงาน

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง

(1) ใช้งานสำหรับเครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows XP, 2000

(2) เครื่องต้องมีการลงโปรแกรมสำหรับอ่านชุดคำสั่ง MATLAB Complier Runtime (MCR) version 7.13 ซึ่งอาจหาได้จากการลงโปรแกรม MATLAB ใน version 7.5 เป็นต้นไป โดยไฟล์ดังกล่าวจะถูกจัดเก็บใน MATLAB/ R2010a/ toolbox/ complier/ deploy/ win32/ MCRInstaller.exe

(3) ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมของระบบไว้ในแฟ้มงานชื่อ “Kitti duanngai Fuzzy Logic_thesis” โดยตัวโปรแกรมจะถูกบันทึกในไฟล์ชื่อ Design_Performance_Evaluating _System.exe

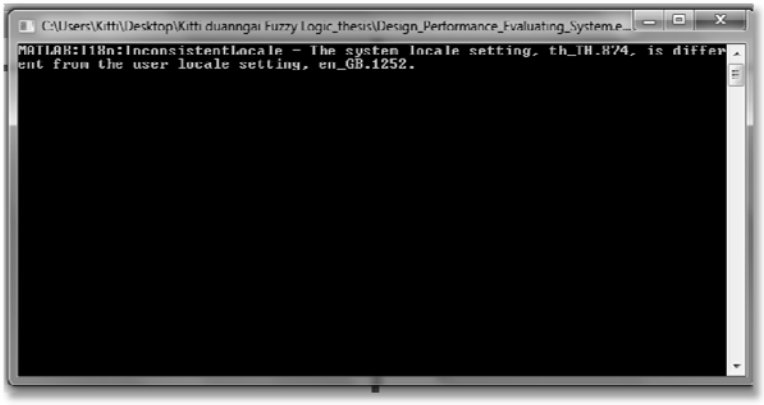
(4) สำหรับข้อมูลประกอบการติดตั้งสามารถอ่านได้ในเอกสาร “Readme”

การใช้งานระบบประเมินผลการดำเนินงาน

เปิดใช้

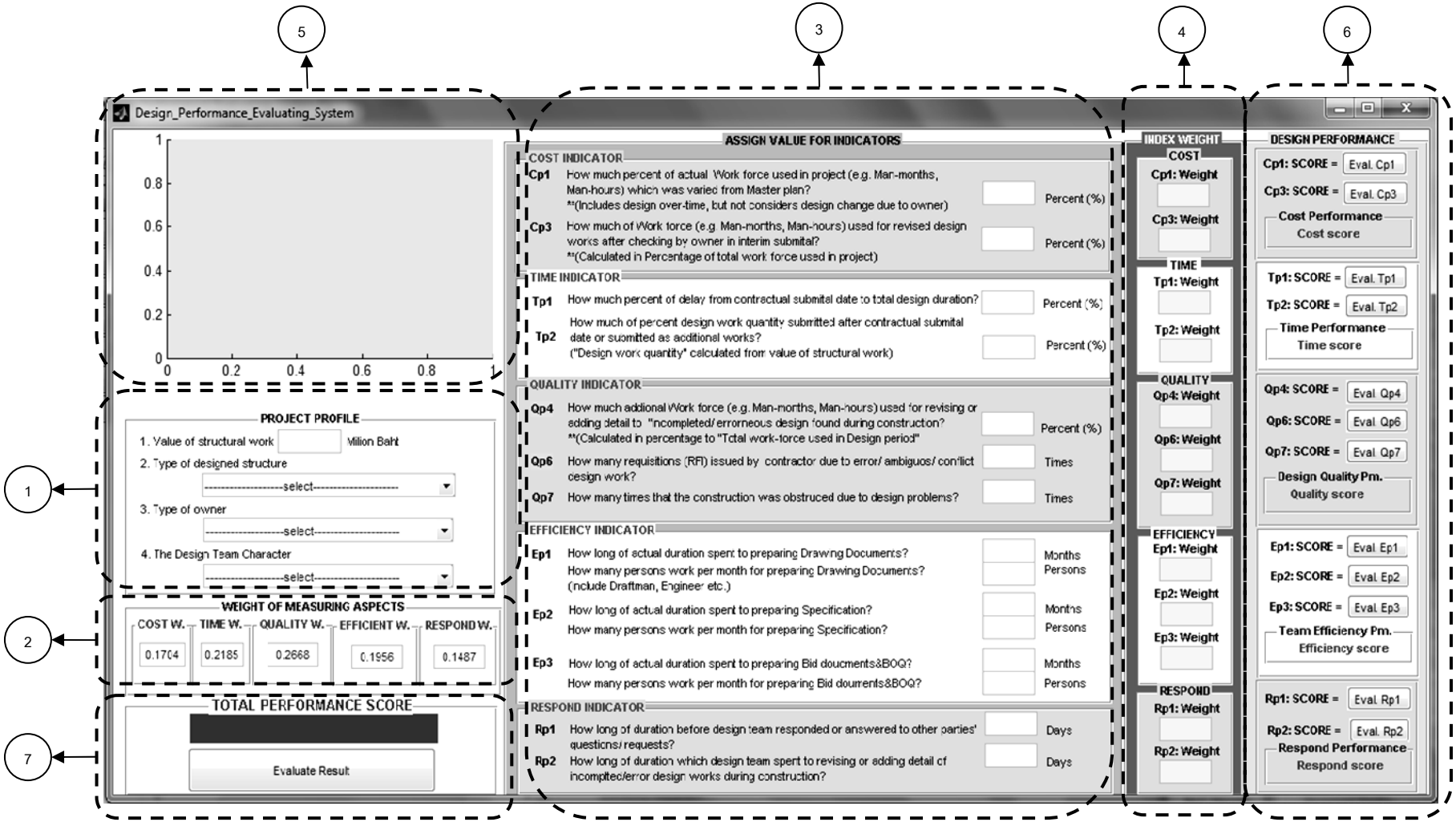
(1) คลิกเลือกไฟล์ “Design_Performance_Evaluating _System.exe”

(2) หน้าต่าง MS-DOS จะเปิดขึ้น หลังจากนั้นเครื่องจะใช้เวลาชักครู่เพื่อเปิดหน้าต่างใช้งานหลัก



ภาพที่ จ.1 หน้าต่าง MS-DOS

(3) หน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ในหน้าต่างหลักของระบบประเมินผลแสดงในภาพที่ จ2 ซึ่งประกอบด้วยส่วนป้อนข้อมูล 4 ส่วน และส่วนแสดงผล 3 ส่วน



ภาพที่ จ.2 หน้าต่างหลักของระบบประเมินผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบ

<u>หน้าต่างในส่วนสำหรับป้อนข้อมูล</u>

ส่วนที่ ① ลักษณะของโครงการ (Project Profile)

ในส่วนแรกระบบจะให้ผู้ใช้ระบุลักษณะของโครงการออกแบบ ได้แก่

(1) มูลค่าของงานก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้าง (Value of Structural Works) : โดยหากผู้ใช้ระบุมูลค่าสูงหรือต่ำเกินกว่าที่ระบบเก็บข้อมูลไว้ ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ระบุค่าใหม่ในขอบเขตที่กำหนด

(2) ประเภทของสิ่งปลูกสร้าง (Type of Design Structures): ระบบจะให้ผู้ใช้เลือกสิ่งปลูกสร้างของโครงการออกแบบ เช่น บ้านเดี่ยว ท่าเรือ อาคารสูง สะพาน ฯลฯ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดประเภทโครงสร้างเพื่อให้ผู้ใช้เลือกไว้ 20 ประเภท

(3) ประเภทผู้จ้าง (Type of Owner) : ระบบให้ผู้ใช้เลือกประเภทผู้จ้าง ซึ่งได้แก่ โครงการภาครัฐ และโครงการภาคเอกชน โดยหากระบบเลือกประเภทโครงการเป็นของภาครัฐ ระบบจะทำการปรับค่าของดัชนี Tp2 ซึ่งอยู่ในส่วนการป้อนข้อมูลส่วนที่ ③ ให้มีค่าเป็น NAN และระบบจะปรับค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนี Tp2 ในหน้าต่างส่วนที่ ④ ให้เป็นศูนย์ เนื่องจากโครงการภาครัฐจะไม่พิจารณาดัชนี Tp2 ในการประเมินผลการดำเนินงานของโครงการออกแบบ แต่หากผู้ใช้เลือกโครงการภาคเอกชน ระบบจะปรับค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนี Tp1 และ Tp2 ซึ่งอยู่ในหน้าต่างส่วนที่ ③ เป็นค่าที่เหมาะสมตามการศึกษาของงานวิจัยต่อไป

(4) ลักษณะฝ่ายออกแบบ (Design Team' s Character): ระบบจะให้ผู้ใช้เลือกลักษณะของฝ่ายออกแบบได้แก่

   i. บริษัทมีฝ่ายประมาณราคาในการรับผิดชอบต่อการจัดเตรียมเอกสารประมูลและถอดราคาเบื้องต้น(There is estimating team separated from design team): หากผู้ใช้เลือกหัวข้อนี้ระบบจะปรับค่าของดัชนี Ep3 ในส่วนการป้อนข้อมูลส่วนที่ ③ ให้มีค่าเป็น NAN และปรับค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนี Ep3 ในหน้าต่างส่วนที่ ④ ให้เป็นศูนย์

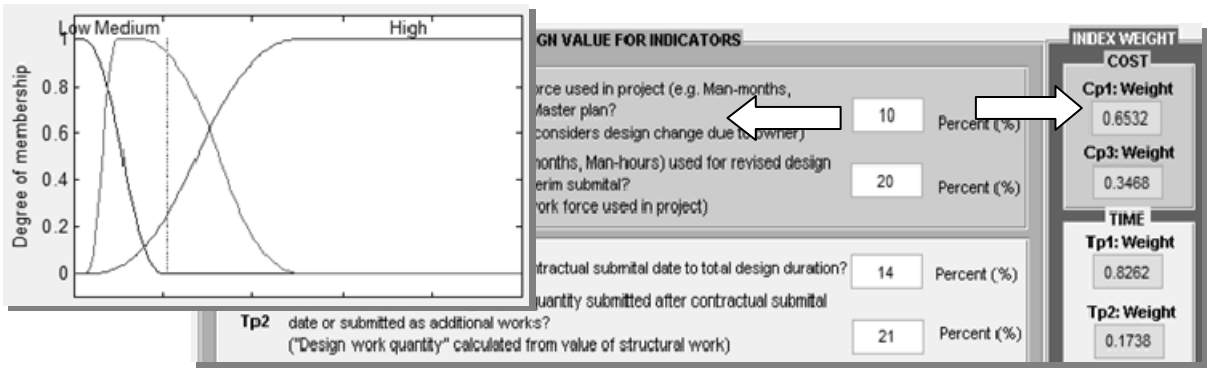
   ii. บริษัทที่ไม่มีฝ่ายประมาณราคา และฝ่ายออกแบบรับผิดชอบต่อการจัดเตรียมเอกสารดังกล่าวเองทั้งหมด (There is not estimating team in company): หากผู้ใช้เลือกหัวข้อนี้ระบบจะปรับค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนี Ep3 ในส่วนการป้อนข้อมูลส่วนที่ ④ ให้มีค่าที่เหมาะสมตามการศึกษาในงานวิจัยนี้

ส่วนที่ ② ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผล (Weight of Measuring Aspects)

ระบบจะแสดงค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผล 5 หัวข้อ ได้แก่ การวัดผลด้านต้นทุน ด้านเวลา ด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพ และด้านการตอบสนองต่อคำร้อง ซึ่งได้ศึกษาจากงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานระบบสามารถป้อนค่าถ่วงน้ำหนักที่ตนเห็นว่าเหมาะสมเองได้

ส่วนที่ ③ การกำหนดค่าที่ได้จากการวัดด้วยดัชนีวัดผล (Assign Value of Indicators)

ระบบจะให้ผู้ใช้งานกรอกค่าที่ได้จากการวัดด้วยรายการดัชนีวัดผลดำเนินงานที่ได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ โดยในส่วนนี้มีคำอธิบายความหมายของดัชนีโดยสังเขป และในการป้อนค่าของดัชนีแต่ละรายการ ระบบจะแสดงค่าที่ผู้ใช้กำหนดเทียบกับกราฟความเป็นสมาชิกของดัชนีดังกล่าวในหน้าต่างส่วนที่ ① โดยอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงขอบเขตของดัชนี และระบุค่าที่เหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ระบบยังปรับค่าถ่วงน้ำหนักของดัชนีดังกล่าวในหน้าต่างส่วนที่ ④ เป็นค่าที่เหมาะสมตามการศึกษาของงานวิจัยนี้



ภาพที่ จ.3 การป้อนข้อมูลและการแสดงผลของหน้าต่างส่วนที่ ③ในระบบประเมินผล

ส่วนที่ ④ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างหัวข้อการวัดผล (Index Weight)

ระบบจะแสดงค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีวัดผลดำเนินงาน ซึ่งได้ศึกษาจากงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานระบบสามารถป้อนค่าถ่วงน้ำหนักที่ตนเห็นว่าเหมาะสมเองได้

<u>การประมวลผลข้อมูล</u>

เมื่อผู้ใช้งานได้ป้อนข้อมูลอย่างครบถ้วนแล้ว ผู้ใช้งานจะกดปุ่มประเมินผล (Evaluate Result) ซึ่งจะอยู่ที่มุมซ้ายล่างของหน้าต่าง หลังจากนั้นระบบจะประเมินค่าต่างๆที่ผู้ใช้ได้ป้อนไว้และแสดงผลในหน้าต่างส่วนแสดงผล ซึ่งจะแสดงในหัวข้อถัดไป

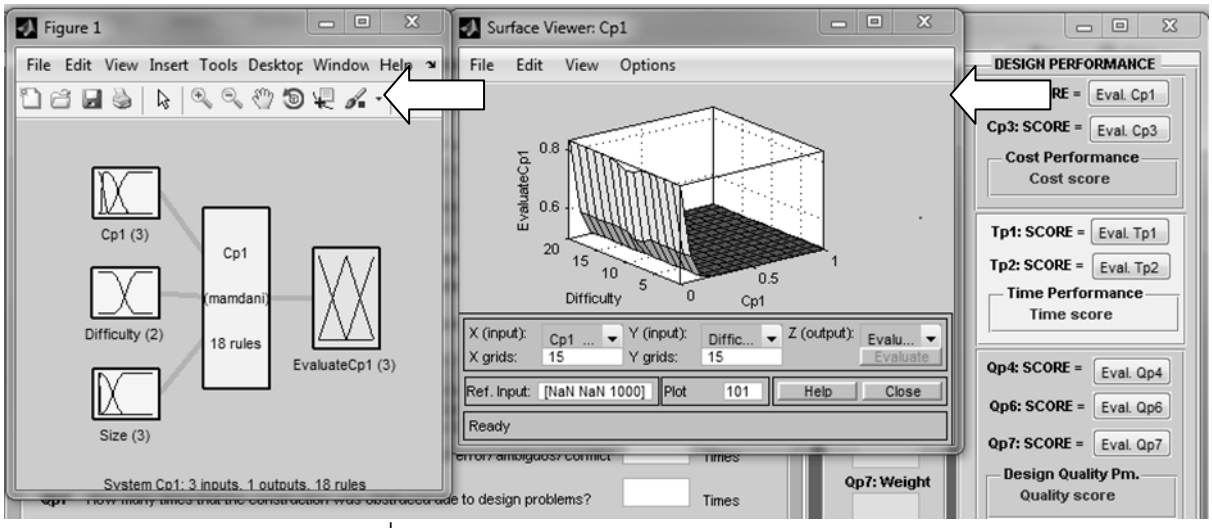
<u>หน้าต่างในส่วนสำหรับแสดงผล</u>

ส่วนที่ ⑤ กราฟแสดงผล

ระบบจะแสดงกราฟความเป็นสมาชิกในทุกครั้งที่ผู้ใช้ระบบกรอกค่าใหม่ลงในหน้าต่างส่วนของการป้อนข้อมูล

ส่วนที่ ⑥ ผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในหัวข้อการวัดผลต่าง ๆ (Design Performance)

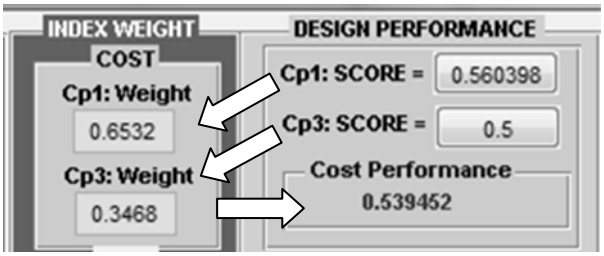
ในส่วนนี้ระบบจะทำการแสดงคะแนนผลการประเมินดัชนีวัดผลการดำเนินงานแต่ละรายการในรูปคะแนน ในช่วง 0-1.0 นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถดูแบบจำลองการคำนวณแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยการคลิกที่แถบแสดงผลคะแนนผลการดำเนินงานดังกล่าว ดังภาพที่ จ4



ภาพที่ จ.4 การแสดงผลการคำนวณแบบฟัซซี

จากภาพที่ จ4 แสดงผลหลังจากคลิกที่แถบแสดงคะแนนของดัชนี Cp1จะปรากฏหน้าต่างย่อย “Figure” ซึ่งแสดงให้ผู้ใช้เห็นว่าในการประเมินผลการดำเนินงานของดัชนีดังกล่าว มีการพิจารณาเงื่อนไขใดบ้างและ “Surface Viewer” ซึ่งแสดงกราฟ 3 มิติ โดยพื้นผิวของกราฟคือค่าของตัวแปรผลลัพธ์ “EvaluateCp1” ซึ่งเกิดจากการพิจารณาร่วมกันระหว่างตัวแปร Cp1 กับลักษณะของโครงการ

คะแนนของดัชนีจะถูกคูณเข้ากับค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างดัชนีที่ระบุไว้แล้วในหน้าต่างส่วนที่ ④ ผลรวมของคะแนนที่พิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักแล้วจะแสดงในแถบแสดงคะแนนด้านล่าง ดังภาพที่ จ5



ภาพที่ จ.5 การแสดงคะแนนผลการดำเนินงานในแต่ละหัวข้อการวัดผล

ส่วนที่ ⑦ ผลการดำเนินงานของฝ่ายออกแบบในหัวข้อการวัดผลต่าง ๆ (Design Performance)

คะแนนผลการดำเนินงานในระดับหัวข้อหลักที่แสดงในส่วนที่ ⑥จะถูกนำมาคูณค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหัวข้อการวัดผลหลัก ซึ่งได้ระบุไว้แล้วในหน้าต่างส่วนที่ ② เมื่อรวมคะแนนผลการดำเนินงานที่พิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหัวข้อการวัดผลแล้ว จะได้คะแนนผลการดำเนินงานโดยรวม (Total Performance Score) ของฝ่ายออกแบบ

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ของระบบ

ตารางที่ ฉ.1 การเปรียบเทียบผลจากระบบและผลจากผู้ประเมิน

กรณีศึกษา	ด้านต้นทุน			ด้านเวลาและแผนงาน			ด้านคุณภาพ		
	ผลจากผู้ประเมิน	ผลจากระบบ	ร้อยละความแตกต่าง	ผลจากผู้ประเมิน	ผลจากระบบ	ร้อยละความแตกต่าง	ผลจากผู้ประเมิน	ผลจากระบบ	ร้อยละความแตกต่าง
โครงการ 1	90.00	86.60	3.93	100.00	96.22	3.93	100.00	96.07	4.10
โครงการ 2	80.00	77.11	3.75	100.00	96.32	3.82	90.00	88.23	2.00
โครงการ 3	80.00	82.32	2.82	100.00	99.48	0.52	80.00	80.67	0.83
โครงการ 4	80.00	81.47	1.80	90.00	94.24	4.50	80.00	84.43	5.25
โครงการ 5	90.00	86.65	3.86	90.00	98.60	8.72	90.00	92.11	2.29
โครงการ 6	90.00	86.69	3.82	100.00	100.00	0.00	60.00	55.24	8.62
โครงการ 7	60.00	51.57	16.35	100.00	97.13	2.95	90.00	86.68	3.83
โครงการ 8	85.00	86.69	1.95	100.00	99.99	0.01	100.00	99.99	0.01
โครงการ 9	80.00	79.02	1.24	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	0.00
โครงการ 10	80.00	86.27	7.26	100.00	95.08	5.18	100.00	94.03	6.35
โครงการ 11	85.00	86.16	1.34	100.00	98.93	1.08	90.00	90.68	0.75
โครงการ 12	85.00	81.47	4.34	90.00	86.55	3.98	90.00	84.43	6.59
โครงการ 13	90.00	85.67	5.05	90.00	91.69	1.85	90.00	88.28	1.95

ตารางที่ ฉ.1 การเปรียบเทียบผลจากระบบและผลจากผู้ประเมิน (ต่อ)

กรณีศึกษา	ด้านผลิตภาพ			ด้านการตอบสนอง			ผลการดำเนินงานโดยรวม		
	หมายถึงผู้ประเมิน	ระบบ	ร้อยละของความแตกต่าง	หมายถึงผู้ประเมิน	ระบบ	ร้อยละของความแตกต่าง	หมายถึงผู้ประเมิน	ระบบ	ร้อยละของความแตกต่าง
โครงการ 1	100.00	99.83	0.17	90.00	96.19	6.43	90.00	95.24	5.50
โครงการ 2	80.00	82.86	3.45	50.00	28.33	76.48	80.00	78.14	2.37
โครงการ 3	90.00	89.41	0.66	60.00	38.96	54.01	70.00	80.57	13.12
โครงการ 4	60.00	59.67	0.55	80.00	74.16	7.88	80.00	79.70	0.38
โครงการ 5	60.00	67.69	11.36	70.00	58.46	19.75	80.00	82.82	3.40
โครงการ 6	60.00	60.86	1.41	80.00	81.80	2.20	75.00	75.43	0.57
โครงการ 7	75.00	74.48	0.70	70.00	63.60	10.07	70.00	77.16	9.28
โครงการ 8	80.00	67.50	18.52	90.00	97.73	7.91	90.00	91.03	1.14
โครงการ 9	60.00	65.90	8.96	80.00	95.71	16.41	90.00	89.12	0.99
โครงการ 10	60.00	52.27	14.79	80.00	59.69	34.02	80.00	79.66	0.42
โครงการ 11	50.00	63.55	21.32	100.00	97.83	2.22	80.00	87.47	8.54
โครงการ 12	90.00	82.94	8.51	90.00	88.77	1.39	90.00	84.43	6.59
โครงการ 13	60.00	89.02	32.60	95.00	97.02	2.08	90.00	90.03	0.03

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกิตติ เดือนหงาย เกิดเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียน บดินทรเดชา สิงห์ สิงหเสนีย์ ๒ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารงานก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2552 ในระหว่างนั้นได้ทำงานที่บริษัทออเรียนทอล คอนเซาแทนด์ จำกัด ในตำแหน่งนักวิจัยและเจ้าหน้าที่ประสานงาน เมื่อปี 2553