การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน

นายวิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

FINANCE-BASED SCHEDULING FOR CONSTRUCTION PROJECTS WITH PAYMENT FLOWS FORECASTING

Wisitsak Tabyang

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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2015

การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)
ประธานกรรมการ

_____

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

_____

(รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.วัชระ เพียรสุภาพ)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

_____

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง : การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน (FINANCE-BASED SCHEDULING FOR CONSTRUCTION PROJECTS WITH PAYMENT FLOWS FORECASTING)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 220 หน้า

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางใหม่สำหรับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานโดยการนำวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงินของทั้งผู้รับเหมาและเจ้าของโครงการที่ถูกกำหนดเป็นเงื่อนไขการจ่ายทั้งกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับ โดยการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินของผู้รับเหมาด้วยโครงการก่อสร้างจริง พบว่าปัจจัย payment time delay มีผลต่อกระแสเงินสดสะสมของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำปัจจัยแรกคือ payment time delay (PTD) ร่วมกับเงื่อนไขการจ่ายเงินของเจ้าของโครงการคือ receipt time delay (RTD) มาพัฒนาแบบจำลองทางคณิศาสตร์ที่สามารถประมาณกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายและการจ่ายเงินสดรับตามเงื่อนไขได้ และเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีอยู่ปัจจุบัน ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ทั้งสองตัว คือ PTD และ RTD รวมทั้งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินของผู้รับเหมา คือ billing date (BD) เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและต้นทุนทางการเงินจากการปรับค่าพารามิเตอร์ ซึ่งพบว่าการปรับค่า PTD เพิ่มขึ้น ยิ่งมีแนวโน้มทำให้มูลค่าทั้งสองลดลง ซึ่งส่งผลดีสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีเป้าหมายด้านการลดต้นทุน ส่วนการปรับค่า RTD และ BD เพิ่มขึ้น ยิ่งมีแนวโน้มทำให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้โครงการมีต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงมีประโยชน์สำหรับช่วยให้ผู้รับเหมาหรือผู้จัดการโครงการก่อสร้างในการวางแผนการจ่ายเงินภายในโครงการ และวางแผนทางการเงินโดยเฉพาะการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดของโครงการให้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางการเงินโครงการก่อสร้างต่อไป

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

WISITSAK TABYANG : FINANCE-BASED SCHEDULING FOR CONSTRUCTION PROJECTS WITH PAYMENT FLOWS FORECASTING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VACHARAPOOM BENJAORAN, Ph.D., 220 PP.

FINANCE-BASED SCHEDULING/BILLING DATE/PAYMENT TIME DELAY/FINANCING COST/PROJECT OVERDRAFTS

This thesis proposes a new approach for finance-based scheduling on a construction project in which the contractor receives progress payments as parts of the project are completed. By using payment flows forecasting corresponding with the contractor's and the owner's payment conditions to estimate cash outflows and inflows. Starting with the analysis of the impact of the contractor's payment conditions on the real projects. The results showed that the effect of the payment time delay on the cumulative cash flow is significant at the α = 0.05 level. Thus, the payment time delay (PTD) is only considered in the model for cash payment outflows forecasting. The other factor of the owner's payment as progress payments that is the receipt time delay (RTD) is also considered in the model for cash payment inflows forecasting. Comparisons with the results of the existing model are made. It showed that the proposed model produced the results better than the existing model. Moreover, the sensitivity analysis was used to investigate the effect of three factors (PTD, RTD and BD) on the maximum overdrafts and financing costs. The analysis showed that shifting the BD and extending the RTD toward the end of period increased both the project overdrafts and finances but that extending the PTD

decreased the project finances when the end of period elapsed. Thus, the modified model enables managers to produce fewer project overdrafts and lower financing costs. In addition, the analysis demonstrates the usefulness of properly arranging subcontractor payments to meet the financial constraints of the contractor.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Civil Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2015 Advisor's Signature _____

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ฑ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ด
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....7
1.5.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8
1.5.2 การเก็บข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน.....8
1.5.3 การพัฒนาแบบจำลอง.....9
1.5.4 การวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์..... 9
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
2.1 ปัญหาการจัดหาเงินทุนโครงการก่อสร้าง.....12
2.1.1 วงเงินเครดิตกับต้นทุนทางการเงิน.....13
2.1.2 วงเงินเครดิตกับต้นทุนทางอ้อมของโครงการ.....13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 การประมาณกระแสเงินสดและกระแสการจ่ายเงินโครงการก่อสร้าง.....15

2.2.1 การประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง.....15

2.2.2 การประมาณกระแสการจ่ายเงินโครงการก่อสร้าง.....18

2.3 ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน.....23

2.3.1 รูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไป.....26

2.3.2 การพัฒนาแบบจำลองและอัลกอริธึมการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน.....29

2.4 ข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....31

2.5 หลักการทดลอง factorial experiment.....36

2.5.1 ผลกระทบหลักหรือผลกระทบปัจจัยเดี่ยว.....36

2.5.2 ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย.....36

2.5.3 ผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย.....37

2.6 สรุป.....47

3. การวิเคราะห์ผลของปัจจัยการจ่ายเงินด้วยโครงการก่อสร้างจริง.....49

3.1 ปัจจัยของการจ่ายเงิน.....49

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลกรณีศึกษา.....51

3.3 การทดสอบสมมติฐาน.....54

3.3.1 ข้อสมมติฐานการทดสอบ.....60

3.3.2 การจำลองรูปแบบการรวมปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงิน.....61

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล.....78

3.4 สรุป.....104

4. แบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน.....106

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง....107
4.1.1 ตัวแปรการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านวัสดุ....107
4.1.2 ตัวแปรการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก....108
4.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์....109
4.2.1 การคำนวณปริมาณกระแสการจ่ายเงิน....110
4.2.2 การคำนวณกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับ....112
4.2.3 การคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา....114
4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง....115
4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน....122
4.5 สรุป....124
5. การวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์....128
5.1 การกำหนดการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์....129
5.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์....130
5.3 ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์....143
5.4 สรุป....160
6. สรุปและข้อเสนอแนะ....161
6.1 สรุป....161
6.2 ข้อเสนอแนะ....167
รายการอ้างอิง....169
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1....172
ภาคผนวก ข. แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 2....178
ภาคผนวก ค. แบบฟอร์มเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์....182

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....184
ประวัติผู้เขียน.....220

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบทั่วไปของเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วง และร้านค้าวัสดุก่อสร้าง……...……22

2.2 สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องประเด็นข้อจำกัดด้านการเงิน.....33

2.3 2^2 การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป.....40

2.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับกรณีศึกษา 2 ปัจจัย ที่ a ระดับ i และ b ระดับ j ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ n ครั้ง.....45

3.1 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ ของโครงการที่ 1.....55

3.2 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ ของโครงการที่ 2.....57

3.3 รายละเอียดจำนวนเงินงวดงานและระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานหลังจากการวางบิล ของโครงการที่ 1 และ 2.....59

3.4 การกำหนดเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงินในการจำลองรูปแบบ.....62

3.5 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, F ของโครงการที่ 1.....63

3.6 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, NF ของโครงการที่ 1.....64

3.7 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, F ของโครงการที่ 1.....65

3.8 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, NF ของโครงการที่ 1.....66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

3.9 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, F ของโครงการที่ 1 67
3.10 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, NF ของโครงการที่ 1 68
3.11 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, F ของโครงการที่ 1 69
3.12 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, NF ของโครงการที่ 1 70
3.13 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, F ของโครงการที่ 2 71
3.14 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, NF ของโครงการที่ 2 72
3.15 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, F ของโครงการที่ 2 73
3.16 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, NF ของโครงการที่ 2 74
3.17 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, F ของโครงการที่ 2 75
3.18 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, NF ของโครงการที่ 2 76
3.19 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, F ของโครงการที่ 2 77

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

3.20 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, NF ของโครงการที่ 2.....78

3.21 แผนการทดลองที่ 1 กระแสงเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลอง ของโครงการที่ 1 และ 2.....80

3.22 แผนการทดลองที่ 2 กระแสงเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลอง ของโครงการที่ 1 และ 2.....82

3.23 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลแผนการทดลองที่ 1 Type I และ III.....86

3.24 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลแผนการทดลองที่ 2 Type I และ III.....86

4.1 กำหนดการวางบิลและการได้รับเงินของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ.....117

4.2 กำหนดการเรียกเก็บเงินและการได้รับเงินของผู้รับเหมาหลัก.....117

4.3 ปริมาณค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ กำหนดการวางบิล.....119

4.4 ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายและรับของโครงการในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติ ($).....120

4.5 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมและต้นทุนทางการเงินในแต่ละรอบช่วงเวลา ($).....121

4.6 ข้อมูลเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของกิจกรรมของ 4 ตัวอย่างโครงการ.....122

4.7 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติของตัวอย่างโครงการจากการ ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Elazouni และ MFBS.....125

5.1 ร้อยละการลดลงของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ *PTD* ของโครงการที่ 1.....145

5.2 ร้อยละการลดลงของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ *PTD* ของโครงการที่ 2.....145

5.3 ร้อยละการลดลงของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ *PTD* ของโครงการที่ 3.....146

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.4 ร้อยละการลดลงของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 4.....146
5.5 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 1.....147
5.6 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 2.....148
5.7 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 3.....148
5.8 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 4.....149
5.9 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1.....150
5.10 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 2.....150
5.11 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 3.....151
5.12 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 4.....151
5.13 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1.....152
5.14 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 2.....152

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

5.15 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 3.....153
5.16 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 4.....153
5.17 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1.....154
5.18 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 2.....155
5.19 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 3.....155
5.20 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 4.....156
5.21 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1.....157
5.22 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 2.....157
5.23 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 3.....158
5.24 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 4.....158

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 กรอบวิธีดำเนินการวิจัย....11

2.1 โพรไฟล์เส้นกราฟกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายของโครงการตามเงื่อนไขต่าง ๆ....15

2.2 โพรโฟล์กระแสเงินสดรับสะสมของโครงการที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการจ่ายเงินล่วงหน้า....17

2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างกระแสเงินสดจ่ายสะสมและกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายสะสม....21

2.4 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างในรูปแบบบาร์ชาร์ทและการเขียนกราฟโพรไฟล์กระแสเงินสด....24

2.5 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างที่มีการเลื่อนกิจกรรมภายใน total float และการเปลี่ยนแปลงของโพรไฟล์กระแสเงินสด....25

2.6 โพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปของโครงการก่อสร้าง....27

2.7 การคิดต้นทุนทางการเงินสะสมในช่วงเวลา t....28

2.8 ตัวอย่างผลการทดลองในการเติมสาร A และ B เพื่อดูปฏิกิริยาต่อไปนี้ว่า กรณี (ก) (ข) และ (ค) กรณีใดมีผลกระทบร่วมเกิดขึ้น....37

2.9 ตัวอย่างกราฟ interactions plots กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม....38

2.10 กราฟผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับที่ 1 และ 2 (main plot of factor A)....41

2.11 กราฟอันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัย (2-factor interaction)....42

2.12 บริเวณวิกฤตของสมมติฐานหลักสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน....45

2.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน.... 47

3.1 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ของแผนการทดลองที่ 1.... 87

3.2 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F ของแผนการทดลองที่ 1.... 87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.3 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F ของแผนการทดลองที่ 1.....88
3.4 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 1 ของ ปัจจัย F (F=1) ของแผนการทดลองที่ 1.....88
3.5 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 2 ของ ปัจจัย F (F=2) ของแผนการทดลองที่ 1.....89
3.6 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ของแผนการทดลองที่ 2.....89
3.7 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F ของแผนการทดลองที่ 2.....90
3.8 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F ของแผนการทดลองที่ 2.....90
3.9 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 2 ของ ปัจจัย F (F=1) ของแผนการทดลองที่ 2.....91
3.10 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 2 ของ ปัจจัย F (F=2) ของแผนการทดลองที่ 2.....91
4.1 การกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (payment outflows).....107
4.2 การกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินสดรับ (payment inflows).....109
4.3 การกำหนดการคำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาการวางบิล.....112
4.4 ไดอะแกรมข่ายงานสายงานวิกฤต (CPM network diagram) ของตัวอย่างโครงการ.....116
4.5 เงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ.....118
4.6 เงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก.....119
5.1 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1.....135
5.2 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 2.....136

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.3 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 3.....137
5.4 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 4.....138
5.5 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1.....139
5.6 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 2.....140
5.7 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 3.....141
5.8 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 4.....142

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GA	=	Genetic Alogrithms
CSI	=	Cost and Schedule Integration
CGCPP	=	Conditions of General Contracting Payment Processing
IP	=	Integer Programming
CP	=	Constraint Programming
CPM	=	Critical Path Method
LOB	=	Line of Balance
NSGA-II	=	The Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithms II
SPEA	=	Strangth Pareto Evolutionary Algorithm
NP-hard	=	Non-deterministic Polynomial-time Hard Problems
SFLA	=	Shuffled Frog-Leaping Algorithm
SA	=	Simulate Annealing
RBD	=	Complete Randomized Block Design
T	=	Payment Time Delay
NT	=	Non-Payment Time Delay
C	=	Payment Components
NC	=	Non-Payment Components
F	=	Payment Frequency
NF	=	Non-Payment Frequency
MFBS	=	Modified Finance-Based Scheduling
PTD	=	ระยะเวลาการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า
BD	=	กำหนดการวางบิลของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า
PD	=	กำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า
SS	=	การวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

SR	=	การรับเงินของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า
SS_{BD}	=	การวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า ณ กำหนดการวางบิล
SR_{PD}	=	การรับเงินของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า ณ กำหนดการจ่ายเงิน
bp	=	รอบช่วงเวลาการวางบิล
BD_{bp-1}	=	กำหนดการวางบิล ณ รอบช่วงเวลากการวางบิลก่อนหน้า
BD_{bp}	=	กำหนดการวางบิล ณ รอบช่วงเวลากการวางบิลปัจจุบัน
RTD	=	ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก
ID	=	กำหนดการเรียกเก็บเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก
RD	=	กำหนดการรับเงินงวดงานของผู้รับเหมาหลัก
CS	=	การเรียกเก็บเงินของผู้รับเหมาหลัก
CR	=	การรับเงินงวดงานของผู้รับเหมาหลัก
CS_{ID}	=	การเรียกเก็บเงินของผู้รับเหมาหลัก ณ กำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน
CR_{RD}	=	การรับเงินงวดงานของผู้รับเหมาหลัก ณ กำหนดการรับเงินงวดงาน
T	=	ระยะเวลารวมของโครงการ
L	=	ระยะเวลาโครงการ
t	=	รอบช่วงเวลาปกติ
E_t	=	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างรอบช่วงเวลาปกติ t
F_t	=	กระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
F_{t-1}	=	กระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า $t-1$
N_t	=	กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
N_{t-1}	=	กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า $t-1$
P_t	=	เงินงวดงาน ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
P_{t-1}	=	เงินงวดงาน ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า $t-1$
I_t	=	ดอกเบี้ย ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
$\hat{I}_t$	=	ดอกเบี้ยสะสม ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
r	=	อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\hat{F}_t$	=	กระแสเงินสดสะสมรวมดอกเบี้ยสะสม ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
$\hat{N}_t$	=	กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิรวมดอกเบี้ยสะสม ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
y_{pBD}	=	ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรม p ใด ๆ ที่เกิดขึ้น ณ กำหนดการวางบิล
y_{pi}	=	ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนซึ่งรวมต้นทุนทางตรงและทางอ้อมของกิจกรรม p ในอัตราต่อวันที่เกิดขึ้นบนวันที่ i
es_p	=	เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม p
ef_p	=	เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรม p
y_{PD}	=	ผลรวมของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของทุกกิจกรรมในรอบช่วงเวลาการวางบิลณ กำหนดการจ่ายเงิน
n_{bp}	=	จำนวนกิจกรรมที่ระยะเวลาของกิจกรรมอยู่ภายในรอบช่วงเวลาการวางบิลที่พิจารณานั้น
CO_t	=	กระแสเงินสดจ่าย ณ รอบช่วงเวลาปกติ t
ID_j	=	กำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงานของงวดงาน j
j	=	งวดงานที่ $1, 2, 3 \ldots m$
m	=	จำนวนงวดงานทั้งหมดของโครงการ
CI_t	=	กระแสเงินสดรับ ณ รอบช่วงเวลาปกติ t
$PP_{j,RD}$	=	จำนวนเงินงวดงานของแต่ละงวดงาน j ที่ผู้รับเหมาหลักได้รับ ณ กำหนดการรับเงินงวดงาน
R	=	อัตราเงินประกันผลงาน
NCF_t	=	กระแสเงินสดสะสมสุทธิที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติ t
NCF_{t-1}	=	กระแสเงินสดสะสมสุทธิที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า
CF_t	=	กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้น ณ รอบช่วงเวลาปกติ t
IC_t	=	ต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยนี้จะคำนวณเมื่อสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t
IR	=	อัตราดอกเบี้ยต่อรอบช่วงเวลาปกติ t
CF'_t	=	กระแสเงินสดสะสมหลังคิดอัตราดอกเบี้ยที่เกิดขึ้น ณ รอบช่วงเวลาปกติ t

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ธุรกิจก่อสร้างเป็นหนึ่งในธุรกิจที่มีอัตราความล้มเหลวทางธุรกิจสูงเมื่อเทียบกับธุรกิจอื่น ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากธุรกิจไม่ได้รับผลกำไร แต่เกิดจากการขาดสภาพคล่องหรือขาดเงินทุนเพื่อหมุนเวียนภายในธุรกิจ โดยอาจจะเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ระดับโครงการไปจนถึงระดับองค์กร (บริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง) Peer and Rosental (1982) ได้กล่าวว่าบริษัทผู้รับเหมาอาจจะยังคงสามารถดำเนินธุรกิจก่อสร้างต่อไปได้ถึงแม้จะไม่ได้รับผลกำไรหรือประสบภาวะขาดทุน แต่อาจจะประสบความล้มเหลวทางธุรกิจได้หากขาดเงินทุนหรือเงินสด (cash) เพื่อใช้หมุนเวียนภายในบริษัท แม้ว่าจะมีผลกำไรในทางบัญชีก็ตาม นอกจากนี้ยังมีผลสำรวจของ Russell (1991) ชี้ว่าผู้รับเหมาก่อสร้างมากกว่าร้อยละ 60 ต้องเลิกกิจการโดยมีสาเหตุจากปัญหาทางการเงิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเงินสด (cash) เป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้รับเหมาก่อสร้างจำเป็นต้องมีการวางแผนการใช้จ่ายให้เพียงพอกับความต้องการตลอดช่วงเวลาของโครงการรวมถึงให้เพียงพอกับการดำเนินการของบริษัท

การวางแผนการใช้จ่ายเงินหรือการวางแผนทางการเงิน (financial management) สำหรับโครงการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่มักจะจัดทำในรูปแบบของการประมาณกระแสเงินสดโครงการ (project cash flow forecasting) ซึ่งประกอบด้วยเงินสดรับ (cash in) หรือรายรับที่ได้รับจากเจ้าของโครงการ และเงินสดจ่าย (cash out) หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในโครงการ ในธุรกิจก่อสร้างผู้รับเหมาไม่เพียงแต่ใช้การประมาณกระแสเงินสดโครงการเพื่อประโยชน์ทางการใช้จ่ายเงินเท่านั้น แต่ยังนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการเพื่อจัดหาเงินทุนมาชดเชยให้เพียงพอและทันเวลาในช่วงเวลาที่ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากแหล่งเงินทุนอื่นนอกเหนือจากเงินทุนภายในบริษัทผู้รับเหมาเอง เช่น สถาบันการเงิน เป็นต้น ซึ่งการประมาณกระแสเงินสดโครงการนี้ทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างรู้ว่าค่าใช้จ่ายโครงการเกิดขึ้นเมื่อใดและจะวางแผนการใช้จ่ายเงินสำหรับโครงการอย่างไร รวมถึงเป็นการป้องกันไม่ให้โครงการขาดเงินหมุนเวียนในระหว่างดำเนินการ ดังนั้นผู้รับเหมาก่อสร้างจำเป็นต้องวางแผนทางการเงินโดยเฉพาะการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดของโครงการให้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ผู้รับเหมาก่อสร้างส่วนใหญ่มักจะไม่ใช้เงินทุนภายในบริษัทเองในการดำเนินโครงการก่อสร้าง (Elazouni and Metwally, 2005) อาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่ต้องใช้เงินลงทุนสูง ผู้รับเหมาก่อสร้างไม่มีเงินทุนเพียงพอ หรือเพื่อต้องการลดความเสี่ยงของการลงทุนโดยต้องการสำรองเงินทุนไว้เพื่อเสริมสภาพคล่องหรือใช้ในกรณีจำเป็นอื่น ๆ เป็นต้น จึงต้องหันไปพึ่งแหล่งเงินทุนจากสถาบันทางการเงินในรูปแบบเงินเบิกเกินบัญชี (overdraft) โดยสถาบันการเงินจะพิจารณาและอนุมัติสินเชื่อเป็นจำนวนเงินซึ่งกำหนดเป็นวงเงินเครดิต (credit limit) สูงสุดเพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถเบิกจ่ายสำหรับเป็นค่าใช้จ่ายภายในโครงการได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด ดังนั้นผู้รับเหมาจำเป็นต้องประมาณการกระแสเงินสดให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพียงพอเพื่อโน้มน้าวให้สถาบันการเงินเห็นด้วยกับแผนทางการเงินที่จัดทำขึ้นและอนุมัติให้สินเชื่อตามที่ต้องการ (Navon, 1996) อย่างไรก็ตามการจัดหาแหล่งเงินทุนดังกล่าวทำให้เกิดต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ที่สถาบันการเงินคิดเพิ่มในรูปแบบอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (interest rate charge) ประเภทสินเชื่อเงินเบิกเกินบัญชี ซึ่งต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นนี้ผู้รับเหมาจะต้องนำไปคิดรวมกับต้นทุนค่าก่อสร้างของโครงการและนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินผลกำไรของโครงการด้วย (Au and Hendrickson, 1986)

การประมาณการกระแสเงินสดให้มีความถูกต้องและการจัดหาแหล่งเงินทุนให้เพียงพอเพื่อให้ต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดภายในวงเงินเครดิตที่จำกัดถือเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้าง (construction project scheduling) เนื่องจากต้นทุนที่เกิดขึ้นภายในโครงการซึ่งถูกกำหนดเป็นกระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) เกิดจากการดำเนินกิจกรรมและการใช้ทรัพยากรในกิจกรรมนั้น ๆ โดยกิจกรรมจะถูกวางแผนการทำงานอย่างเป็นลำดับก่อนหลังและถูกกำหนดความสัมพันธ์ในระหว่างกิจกรรมให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการก่อสร้างหรือเป็นไปตามทรัพยากรที่มีอยู่ เมื่อกิจกรรมในแผนงานโครงการก่อสร้างถูกจัดเรียงลำดับจึงทำให้ทราบถึงกำหนดเวลาเริ่มและสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรมตลอดจนวันสิ้นสุดของโครงการ และยังสามารถคำนวณหาผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากแต่ละกิจกรรมในช่วงเวลาต่าง ๆได้ จากปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่ส่งผลต่อการประมาณกระแสเงินสดและการพิจารณาต้นทุนทางการเงินทำให้มีนักวิจัยให้ความสนใจและเสนอแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (financial-based scheduling)

งานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (financial-based scheduling) ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองปัญหากระแสเงินสดที่มีวงเงินเครดิตจำกัด ที่ช่วยให้สามารถจัดตารางการดำเนินกิจกรรมก่อสร้างต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับ

วงเงินเครดิตโดยมีข้อกำหนดว่าระยะเวลาโครงการจะต้องสั้นที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนทางอ้อมและต้นทุนทางการเงินลดลงตามไปด้วย ตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น Elazouni and Gab-Allah (2004) ได้เสนอแบบจำลองปัญหากระแสเงินสดที่มีวงเงินเครดิตจำกัดในรูปแบบ integer-programming model โดยใช้แบบจำลองค้นหาวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อให้ได้ระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดด้านวงเงินเครดิต ต่อมาปี 2005 Elazouni และ Metwally ได้ปรับปรุงเงื่อนไขด้านวงเงินเครดิตอีกเล็กน้อยและได้ปรับรูปแบบของแบบจำลองโดยการใช้วิธีเจเนติกอัลกอริธึม (genetic algorithms, GA) เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สมการที่ใช้ในแบบจำลองจะคำนวณการเปลี่ยนแปลงของยอดเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) และแบบจำลองยังพิจารณาแบ่งประเภทต้นทุนของโครงการออกเป็น ต้นทุนทางตรง ต้นทุนทางอ้อม ค่าดำเนินการ ภาษี และส่วนเพิ่มในการทำกำไร (mark up) โดยมีสมมติฐานอัตราการเกิดต้นทุนแบบสม่ำเสมอ เป็นต้น

งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นใช้วิธีการประมาณกระแสเงินสดอย่างง่ายทั้งกระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) และกระแสเงินสดรับ (cash inflows) ซึ่งเป็นเทคนิคของการบูรณาการแผนงานกับต้นทุน (cost and schedule integration, CSI) โดยการกำหนดให้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาซึ่งถูกกำหนดเป็นทุกสิ้นเดือนเท่ากับผลรวมของต้นทุนของทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเดือนนั้นจากแผนงานที่ได้จากแบบจำลอง โดยต้นทุนดังกล่าวถูกแบ่งออกเป็นจำนวนเท่ากันตามจำนวนวันของกิจกรรมนั้น ๆ อีกทั้งยังกำหนดให้กระแสเงินสดจ่ายเกิดขึ้นทุกสิ้นเดือน นอกจากนี้ยังกำหนดให้ปริมาณกระแสเงินสดรับจากเจ้าของโครงการเท่ากับผลรวมของปริมาณกระแสเงินสดจ่ายที่ใช้ไปกับผลกำไรที่ต้องการในโครงการนั้น ๆ และกำหนดรับเงินเป็นช่วงเวลาที่แน่นอนและสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายในการคำนวณ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ยังขาดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินทั้งกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับ กล่าวคือในทางปฏิบัติปริมาณค่าใช้จ่ายโครงการคำนวณจากใบเรียกเก็บเงิน (invoices) ของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ณ วันที่ทำงานเสร็จหรือวันกำหนดการวางบิล (billing date) และผู้รับเหมาหลักจะจ่ายให้หลังจากการวางบิลตามกำหนดระยะเวลาที่ได้ตกลงกัน (payment time delay) โดยมีงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) ยืนยันว่าเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุมีผลต่อความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการ โดยเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวประกอบด้วย

1) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) หมายถึงระยะเวลาระหว่างกำหนดการวางบิล (billing date) และกำหนดการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ (payment date)

2) ส่วนประกอบการจ่ายเงิน (payment components) หมายถึงองค์ประกอบของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินกิจกรรมประกอบด้วยค่าแรงงานและค่าวัสดุ

3) ความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (payment frequency) หมายถึงจำนวนครั้งการวางบิลสำหรับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุที่ผู้รับเหมากำหนดในแต่ละเดือน

อย่างไรก็ตามการประมาณกระแสเงินสดโครงการในงานวิจัยของ Chen ที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้สนใจเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดรับจากเจ้าของโครงการ ซึ่งผู้รับเหมาต้องศึกษาวิธีการจ่ายเงินของจากเจ้าของโครงการ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของการจ่ายเงินงวดงาน (progress payment) (Gilbreath, 1992) โดยการกำหนดกิจกรรมที่ต้องทำให้แล้วเสร็จในแต่ละงวดงาน และคำนวณเงินงวดงานเป็นงวด ๆ ตามปริมาณงานที่แล้วเสร็จ รวมไปถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินของเจ้าของโครงการ ซึ่งผู้รับเหมาจะเรียกเก็บเงิน (invoicing date) จากเจ้าของโครงการได้ก็ต่อเมื่อดำเนินกิจกรรมที่กำหนดภายในงวดงานแล้วเสร็จทั้งหมด และผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานหลังจากการเรียกเก็บเงินในงวดนั้นตามกำหนดระยะเวลาที่เจ้าของโครงการกำหนด (receipt time delay) ดังนั้นการขาดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินทั้งกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับในการประมาณกระแสเงินสดโครงการของงานวิจัยที่ผ่านมานั้นอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวางแผนการใช้เงินของโครงการและอาจจะรุนแรงถึงขั้นขาดเงินหมุนเวียนในระหว่างดำเนินโครงการได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดโครงการด้วย อีกทั้งยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อต้นทุนทางการเงินจากการประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างที่คำนึงถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาและการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (payment flows forecasting) อีกด้วย

จากความสำคัญของเงื่อนไขการจ่ายเงินที่ได้กล่าวมาข้างต้น เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น จึงขอยกตัวอย่าง เช่น สัญญาของโครงการก่อสร้างกำหนดให้ผู้รับเหมาต้องทำงานงวดหนึ่งซึ่งเป็นฐานรากและเสาตอม่อให้แล้วเสร็จ เจ้าของโครงการตกลงจ่ายเงินให้เป็นจำนวน 1,000,0000 บาท หากว่าผู้รับเหมาดำเนินการแล้วเสร็จในวันที่ 10 ของเดือนนี้ และต้องส่งเอกสารเพื่อขอเบิกเงินงวดงานโดยอาจมีระยะเวลาจากวันส่งเอกสารจนถึงวันที่ได้รับเงินงวดงานเป็นตัวเงินจริง 30 วัน นั่นหมายถึงผู้รับเหมาได้รับเงินงวดงานในงวดนี้ในวันที่ 10 ของเดือนถัดไป ถ้าผู้รับเหมาพิจารณาจากแผนงานการจัดกิจกรรมเพียงอย่างเดียวอาจจะประมาณการรับเงินงวดงานดังกล่าวเป็นวันที่ 10 ของเดือนนี้ตามกำหนดวันเสร็จของกิจกรรมจากแผนงาน และหากนำไปประมาณการจ่ายเงินและต้องชำระเงินภายในเดือนเดียวกัน เป็นจำนวนเงิน 1,200,000 บาท ทำให้ไม่สามารถชำระเงินตามที่กำหนดไว้ได้เนื่องจากผู้รับเหมายังไม่ได้รับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการจริง รวมถึงการ

ประมาณการชำระเงินคืนในบัญชีของสินเชื่อเงินเบิกเกินบัญชีที่ผู้รับเหมาต้องนำเงินจากงวดงานดังกล่าวชำระคืนเพื่อรักษาระดับวงเงินเครดิต กำหนดให้ได้รับวงเงินเครดิตเป็นจำนวนเงิน 2,000,000 บาท ซึ่งหากไม่ได้พิจารณาถึงช่วงระยะเวลาดังกล่าวผู้รับเหมาอาจประมาณการชำระคืนเป็นวันที่ 10 ของเดือนนี้ก็ได้ แต่แท้จริงแล้วผู้รับเหมาได้รับในวันที่ 10 ของเดือนถัดไป และในช่วงเวลาของเดือนนี้เองผู้รับเหมายังมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอีกเป็นจำนวนเงิน 1,000,000 บาท ซึ่งเมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายเดิมจำนวน 1,200,000 บาทที่ยังไม่ได้รับจากเจ้าของโครงการเป็นจำนวนเงิน 2,200,000 บาท จึงเกินจำนวนวงเงินเครดิตที่มี ทำให้ผู้รับเหมาเบิกจ่ายเงินจากบัญชีดังกล่าวได้อีกเพียง 800,000 บาทเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแผนการเบิกจ่ายเงินที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง และอาจส่งผลถึงการเบิกจ่ายเงินจากในเดือนถัดไปที่ไม่สามารถเบิกจ่ายได้เนื่องจากเกินวงเงินเครดิต นอกจากนี้ยังส่งผลถึงการชำระเงินคืนสำหรับสินเชื่อประเภทเบิกเงินเกินบัญชีที่ส่วนใหญ่มักกำหนดให้ชำระคืนเป็นดอกเบี้ยทุกสิ้นเดือนโดยคำนวณจากจำนวนเงินที่มีการเบิกจ่ายจริงตามระยะเวลาที่ใช้จนถึงวันชำระคืนซึ่งจะชำระเต็มจำนวนหรือบางส่วนก็ได้ จากตัวอย่างข้างต้นหากต้องกำหนดการชำระคืนจริงเป็นวันที่ 10 ของเดือนถัดไปจะทำให้ระยะเวลาของการเป็นหนี้เพิ่มขึ้นอีก 30 วันและส่งผลถึงดอกเบี้ยที่เพิ่มขึ้นจากระยะเวลาดังกล่าวทำให้ต้นทุนทางการเงินสูงขึ้นและกำไรของโครงการลดลงในสุด

งานวิจัยนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (financed-based scheduling for construction projects with payment flows forecasting) เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้การประมาณกระแสเงินสดของโครงการก่อสร้างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากที่สุด และเพื่อประโยชน์ในการวางแผนทางการเงินที่ทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถทราบถึงกำหนดการจ่ายเงินที่เหมาะสมและจำนวนเงินให้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเป็นผลมาจากการผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับที่พิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เกิดขึ้นหรือที่เรียกว่ากระแสการจ่ายเงิน (payment flows) โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินที่ถูกระบุว่าส่งผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดจ่ายจากงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) โดยการตรวจสอบผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมเพื่อใช้เป็นแนวทางการในการสร้างแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (financed-based scheduling) ที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนทางการเงิน ต่อจากนั้นนำผลของการวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวมาพัฒนาและนำเสนอแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดย

วิธีการประมาณการกระแสการจ่ายเงิน รวมถึงการศึกษาผลกระทบต่อเป้าหมายด้านต้นทุนทางการเงินของโครงการโดยการวิเคราะห์ความไวของเงื่อนไขการจ่ายเงิน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (finance-based scheduling for construction projects with payment flows forecasting) เพื่อที่จะให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย ได้แบ่งย่อยออกเป็น 3 วัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผลของปัจจัยการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม

2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน

3. เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdrafts) และต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ของโครงการจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะพิจารณาถึงการจัดการกระแสเงินสด (cash flow management) ที่คำนึงถึงกระแสการจ่ายเงิน (payment flows) ในมุมมองของผู้รับเหมาก่อสร้างโดยทั่วไป โดยมีรูปแบบการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปสู่ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นรายจ่ายทั้งต้นทุนทางตรง ต้นทุนทางอ้อม ค่าดำเนินการ ได้แก่ ผู้รับเหมาช่วง (subcontractors) ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (suppliers) ค่าแรงงาน (labors) และรูปแบบการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการสู่ผู้รับเหมาเพื่อเป็นค่าจ้าง ซึ่งกำหนดจ่ายเป็นงวด ๆ ตามงานที่แล้วเสร็จในสัญญา

งานวิจัยนี้จะศึกษาปัญหาการวางแผนการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างทั่วไป ที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมและไม่มีเงื่อนไขการจ่ายเงินล่วงหน้า รวมถึงต้องเป็นผู้รับเหมาก่อสร้างทั่วไปที่ยังดำเนินโครงการก่อสร้างอยู่ในปัจจุบันและเลือกใช้เงินทุนจากแหล่งเงินภายนอกจากสถาบันการเงินในรูปแบบสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) เพื่อดำเนินโครงการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้จะพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน ซึ่งประกอบด้วยกระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (cash payment outflows) และกระแสการจ่ายเงินสดรับ (cash payment inflows) โดยเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ และการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก ตามลำดับ และนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการ รวมถึงการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลองเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษานี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าเงื่อนไขการจ่ายเงินใดบ้างส่งผลต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อนำมาพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณการกระแสการจ่ายเงินได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง และแบบจำลองที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถถูกนำไปใช้เพื่อการวางแผนโครงการก่อสร้างทั่วไป โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินเป็นงวดงานที่ไม่มีรูปแบบการจ่ายเงินล่วงหน้า ซึ่งเหมาะกับผู้รับเหมาก่อสร้างทั่วไปที่มักจะใช้เลือกใช้เงินทุนจากแหล่งเงินภายนอกในการดำเนินโครงการ นอกจากนี้ผู้รับเหมาสามารถทราบถึงวันกำหนดจ่ายและรับเงินสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีเป้าหมายด้านการลดต้นทุน เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการจ่ายเงินภายในโครงการ และยังสามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการขอสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) จากสถาบันการเงินได้อีกด้วย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งจะอธิบายถึงขั้นตอนการวิจัยโดยเริ่มต้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อระบุถึงปัญหาของงานวิจัยและข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา การเก็บข้อมูลและทดสอบสมมติฐานเพื่อเพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้าง การพัฒนาแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหางานวิจัย และการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdrafts) และต้นทุนทางการเงิน (financing cost)

1.5.1 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการประมาณกระแสเงินสดของผู้รับเหมาเพื่อระบุที่มาของปัญหาของงานวิจัย โดยเริ่มต้นจากกาตรวจสอบปัญหาการจัดหาเงินทุนโครงการก่อสร้าง การประมาณกระแสเงินสดและกระแสการจ่ายเงินโครงการก่อสร้าง ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน รวมถึงการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาถึงเทคนิคและแนวทางการแก้ปัญหาและเพื่อระบุข้อจำกัดของงานวิจัยที่มีอยู่ โดยการค้นคว้าจากตำราวิชาการ บทความวิจัย และบทความวิชาการ ซึ่งจะปรากฏในบทที่ 2 ของวิทยานิพนธ์นี้

1.5.2 การเก็บข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

งานวิจัยนี้ทำสำรวจและเก็บข้อมูลเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างในโครงการก่อสร้างจริง รวมทั้งแผนงานกิจกรรมโครงการ เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้าง เพื่อนำปัจจัยที่ผลกระทบไปสร้างแบบจำลองการจัดตารงดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน โดยนำเงื่อนไขการจ่ายเงินที่ถูกระบุว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องต่อการประมาณกระแสเงินค่าใช้จ่ายโครงการ (Chen และคณะ 2005) ซึ่งประกอบด้วย payment time delay, payment component และ payment frequency มาเป็นเงื่อนไขการคำนวณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบผลของปัจจัยดังกล่าวที่มีผลต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการในโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม ข้อมูลปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสามปัจจัยได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างจริงเพื่อต้องการทราบถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุเป็นอย่างไร และทำการจำลองรูปแบบปัจจัยการจ่ายเงินโดยอาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงเพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามหลักในการทำวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research) ได้แก่ วิธีการสัมภาษณ์เบื้องลึก (in-depth interview) และวิธีการวิเคราะห์เอกสาร (document analysis) และเลือกรูปแบบการศึกษากรณีศึกษาหลายองค์การแบบเจาะลึก (multiple-case embedded designs) เพื่อต้องการเปรียบเทียบทำความเข้าใจรูปแบบร่วมหรือความแตกต่าง และเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งสามารถสร้างความมั่นใจจากข้อมูลที่นำมาใช้ยืนยันกันจากหลายกรณีศึกษาโดยกำหนดให้บริษัทผู้รับเหมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ (unit of analysis) และวิเคราะห์เจาะลึกในโครงการของบริษัทผู้รับเหมากรณีศึกษา โดยการจำลองรูปแบบของการรวมปัจจัยที่เป็นไปได้และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ

ทดลองแฟคทอเรียล (factorial experiment) และเพื่อทดสอบผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมดังกล่าว ซึ่งจะปรากฏในบทที่ 3 ของวิทยานิพนธ์นี้

1.5.3 การพัฒนาแบบจำลอง

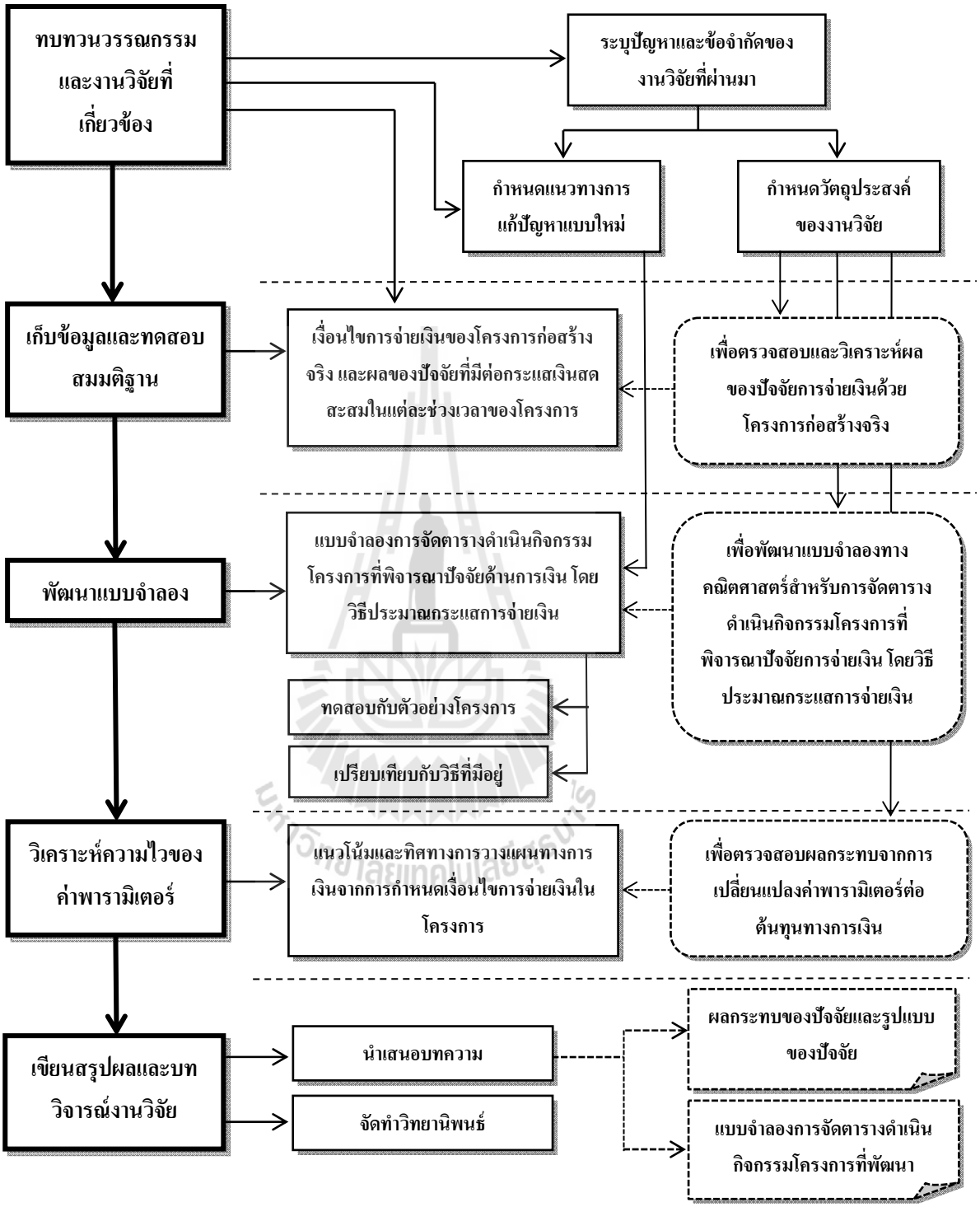
แบบจำลองที่นำเสนอใหม่ในงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงแบบจำลองจัดตารางดำเนินกิจกรรมก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยการรวมตัวแปรเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุที่มีผลกระทบจากการวิเคราะห์ผลของปัจจัยในบทที่ผ่านมาในการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในแต่ละรอบช่วงเวลาการวางบิลเพื่อนำไปสู่การประมาณกระแสเงินสดจ่ายตามกำหนดการจ่ายเงิน และการรวมตัวแปรเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักในการประมาณกระแสเงินสดรับตามกำหนดการรับเงินงวดงาน ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการอธิบายถึงการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก ต่อด้วยการสร้างสมการในแบบจำลองที่นำเสนอ และนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลองและความถูกต้องที่สอดคล้องกับความสามารถใช้ได้จริงโดยทั่วไป (generalization) และสามารถคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนด และนำไปใช้ได้ในทางปฏิบัติกับการวางแผนทางการเงินโครงการของผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีกำหนดการจ่ายเงินไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุก่อสร้าง และกับโครงการก่อสร้างที่กำหนดการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักเป็นรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม และในบทนี้จะดำเนินการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับผลลัพธ์ของแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการ ซึ่งจะปรากฏในบทที่ 4 ของวิทยานิพนธ์นี้

1.5.4 การวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์

แบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงินที่พัฒนาขึ้น ซึ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการและเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลองเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่สมมติเพียงค่าเดียว (deterministic variables) แต่ในทางปฏิบัติในหนึ่งโครงการก่อสร้างผู้รับเหมา

สามารถเจรจาต่อรองกับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุเพื่อกำหนดพารามิเตอร์เหล่านั้นได้ โดยเฉพาะการกำหนดวางบิล (billing date) และระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) นอกจากนี้เจ้าของโครงการก็ยังสามารถกำหนดระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (receipt time delay) หลังจากการเรียกเก็บเงินงวดงานได้อีกด้วย ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ต่อมูลค่าเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdraft) และมูลค่าต้นทุนทางการเงิน (financing cost) โดยการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis)เพื่อศึกษาแนวโน้มและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าทั้งสองซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินในโครงการก่อสร้างที่มีเป้าหมายด้านการลดต้นทุนต่อไป ซึ่งจะปรากฏในบทที่ 5 ของวิทยานิพนธ์นี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 1.1 กรอบวิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน วัตถุประสงค์ของบทนี้เพื่อทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินและเพื่อระบุข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งนำมาสู่การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยเริ่มจากการอธิบายการปัญหาการจัดหาเงินทุนโครงการก่อสร้าง การประมาณกระแสเงินสดและกระแสการจ่ายเงิน ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมาณกระแสเงินสดและการพัฒนาแบบจำลองและอัลกอริธึมที่ใช้ รวมถึงข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบันและแนวทางการปรับปรุงเพื่อพัฒนาแบบจำลองที่เป็นไปได้

2.1 ปัญหาการจัดหาเงินทุนโครงการก่อสร้าง

การประเมินความเป็นได้ทางการเงินของผู้รับเหมาในโครงการก่อสร้างถือเป็นขั้นตอนสำคัญอย่างหนึ่งก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินโครงการ โดยการประเมินรายรับและรายจ่ายที่เกิดขึ้นภายในโครงการ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มาของเงินทุน คือ การประเมินแหล่งทุนภายในและการประเมินจากแหล่งทุนภายนอก ทั้งสองประเภทแตกต่างกันในเรื่องของการประเมินรายจ่ายโดยในประเภทแรกจะประเมินรายจ่ายของโครงการจากเงินทุนของบริษัทผู้รับเหมาเอง ส่วนประเภทที่สองจะประเมินจากแหล่งเงินทุนภายนอก เช่น สถาบันการเงิน เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ผู้รับเหมามักจะไม่ใช้เงินทุนภายในของบริษัทเอง (Elazouni และ Metwally, 2005) อาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น ผู้รับเหมาไม่มีเงินทุนเพียงพอ หรือเพื่อต้องการลดความเสี่ยงของการลงทุนโดยต้องการสำรองเงินทุนไว้เพื่อเสริมสภาพคล่อง เป็นต้น จึงต้องหันไปพึ่งแหล่งทุนจากภายนอก ซึ่งผู้รับเหมาจะต้องคำนึงถึงต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ที่จะเกิดขึ้นจากการขอสินเชื่อที่สถาบันการเงินจะคิดเพิ่มในรูปแบบอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (interest rate charge) ประเภทสินเชื่อเงินเบิกเกินบัญชีธนาคาร (bank overdraft) โดยต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นนี้ผู้รับเหมาจะต้องนำไปคิดรวมกับต้นทุนค่าก่อสร้างและนำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินรายจ่ายของโครงการด้วย (Au และ Hendrickson, 1986)

การจัดหาเงินทุนสำหรับโครงการก่อสร้างผู้รับเหมาจะต้องจัดทำประมาณกระแสเงินสดให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพียงพอเพื่อโน้มน้าวให้สถาบันการเงินเห็นด้วยกับแผนทางการเงินที่จัดทำขึ้นและอนุมัติให้สินเชื่อตามที่ต้องการ (Navon, 1996) และสถาบันการเงินจะพิจารณาและอนุมัติสินเชื่อเป็นจำนวนเงินซึ่งกำหนดเป็นวงเงินเครดิต (credit limit) สูงสุดเพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถเบิกจ่ายสำหรับเป็นค่าใช้จ่ายภายในโครงการได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด โดยส่วนใหญ่สถาบันการเงินจะอนุมัติให้สินเชื่อซึ่งกำหนดเป็นวงเงินเครดิตต่ำกว่าความต้องการของผู้รับเหมาที่เสนอ ดังนั้นผู้รับเหมาจะต้องวางแผนการดำเนินกิจกรรมและวางแผนทางการเงินโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับวงเงินเครดิตที่จำกัดซึ่งส่งผลต่อต้นทุนทางการเงิน (financing cost) และต้นทุนทางอ้อม (indirect cost) ของโครงการ

2.1.1 วงเงินเครดิตกับต้นทุนทางการเงิน

สถาบันการเงินมักจะเข้มงวดในการตรวจสอบการจัดทำเงินเกินบัญชีของผู้รับเหมาก่อสร้าง เนื่องจากต้องตรวจสอบความเป็นไปได้ทางการเงินของผู้รับเหมาอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อไม่ให้เกิดสภาวะหนี้สูญ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกันระหว่างสถาบันการเงินและผู้รับเหมาก่อสร้างเกี่ยวกับการจัดทำบัญชีประเภทเงินเกินบัญชีขึ้นได้ในเรื่องเงื่อนไขข้อกำหนดของสถาบันการเงิน เช่น วงเงินเครดิต อัตราดอกเบี้ย และค่าธรรมเนียมการปรับเนื่องจากไม่ได้ใช้วงเงินเครดิต เป็นต้น โดยผู้รับเหมาก่อสร้างต้องการวงเงินเครดิตที่สูงโดยที่สถาบันการเงินคิดอัตราดอกเบี้ยไม่สูงมากนัก ส่วนสถาบันการเงินต้องการให้วงเงินเครดิตแก่ผู้รับเหมาก่อสร้างในวงเงินที่ต่ำกว่าเพื่อลดความเสี่ยงและป้องกันพันธะภาระหนี้สินของผู้รับเหมาในวงเงินเครดิตที่มีจำนวนสูงเกินไปในการสำรองวงเงินไว้ให้กับผู้รับเหมารายใดรายหนึ่ง ในบางครั้งสถาบันการเงินอาจให้วงเงินเครดิตสูงสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีประวัติทางการเงินที่ดี อย่างไรก็ตามผู้รับเหมาก็ต้องยอมรับกับอัตราดอกเบี้ยที่สูงขึ้นตามวงเงินเครดิตที่ได้รับอนุมัติเพิ่มขึ้นด้วย ในความเป็นจริงผู้รับเหมาก่อสร้างต้องการวงเงินเครดิตที่สูงเพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมก่อสร้างได้อย่างไม่ติดขัดตลอดทั้งโครงการ ดังนั้นวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงินเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่กำหนดอัตราดอกเบี้ยของสินเชื่อที่ได้รับอนุมัติและส่งผลต่อต้นทุนทางการเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างอีกด้วย

2.1.2 วงเงินเครดิตกับต้นทุนทางอ้อมของโครงการ

การคำนวณสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชีของสถาบันการเงินเป็นการคิดโดยอาศัยหลักการทางบัญชี ซึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างอยู่ในสถานะลูกหนี้และสถาบันการเงินอยู่สถานะเจ้าหนี้ โดยที่สภาวะทางการเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างในช่วงเริ่มต้นโครงการไปจนถึงสิ้นสุด

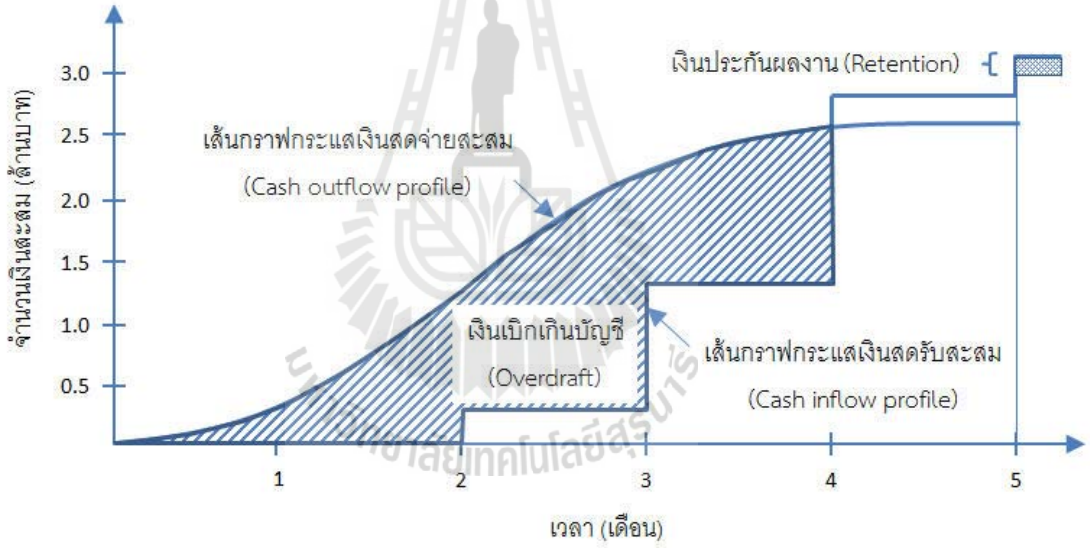
โครงการจะเป็นในรูปแบบของการหักยอดสะสมในบัญชีจากวงเงินเครดิตที่ได้รับในบัญชีประเภทเบิกเงินเกินบัญชี ซึ่ง ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ผู้รับเหมาก่อสร้างจะเบิกจ่ายเงินจากสถาบันการเงินเพื่อใช้เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนทางตรงของกิจกรรมรวมไปถึงต้นทุนทางอ้อมของโครงการด้วย ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนถึงสิ้นสุดรอบช่วงเวลานั้น ๆ มักใช้หน่วยเวลาเป็นเดือน ดังนั้นยอดหักบัญชีสะสมจากบัญชีประเภทเงินเบิกเกินบัญชี ณ ช่วงต้นของช่วงเวลาใด ๆ และต้นทุนทางตรงในการดำเนินกิจกรรมที่ถูกวางแผนไว้ในระหว่างช่วงเวลานั้นจะเป็นตัวกำหนดจำนวนยอดหักบัญชี ณ ช่วงสิ้นสุดของช่วงเวลานั้น ๆ ซึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างต้องดำเนินโครงการโดยการใช้จ่ายซึ่งเป็นยอดหักบัญชีสะสมในละช่วงเวลาไม่ให้เกินวงเงินเครดิตที่ได้รับ อย่างไรก็ตามในระหว่างดำเนินโครงการผู้รับเหมาก่อสร้างจะได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการที่เกิดจากการส่งมอบงานตามช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นทุกสิ้นเดือนหรือตามกำหนดเวลาที่ระบุในสัญญา โดยทั่วไปผู้รับเหมาก่อสร้างจะนำเงินงวดงานที่ได้รับไปชำระคืนแก่สถาบันการเงินโดยการชำระคืนทุก ๆ สิ้นเดือนตามยอดการเบิกจ่ายสะสมในช่วงเวลานั้น ๆ เพื่อลดยอดวงเงินเครดิตที่ใช้ไปและเป็นการเพิ่มยอดการเบิกจ่ายของบัญชีประเภทเงินเบิกเกินบัญชีให้สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาถัดไป โดยการชำระเงินคืนนี้จะชำระคืนไปจนกระทั่งไม่มียอดค้างจ่ายจากบัญชีที่มีการเบิกจ่ายมาทั้งหมด

เมื่อถึงช่วงเวลาสิ้นสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างจะมีต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากการเบิกจ่ายจากบัญชีประเภทเบิกเงินเกินบัญชีที่คิดอยู่ในรูปของอัตราดอกเบี้ยโดยคำนวณจากยอดเงินค้างชำระคืนสุทธิ ณ ช่วงเริ่มต้นของช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง รวมกับยอดการเบิกจ่ายในระหว่างช่วงเวลานั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการเบิกจ่ายเกินกว่าวงเงินเครดิตที่ได้รับผู้รับเหมาก่อสร้างจะชำระคืนตามช่วงเวลาที่สถาบันการเงินกำหนดและถือเป็นการลดต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวอีกด้วยด้วย ดังนั้นการเบิกจ่ายเงินในแต่ละช่วงเวลานั้นมีความสัมพันธ์กันกับจำนวนและต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางดำเนินทำงานของกิจกรรมนั้น ๆ ในทำนองเดียวกันยอดเงินค้างชำระคืนสุทธิ ณ ช่วงต้นของช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเป็นไปตามส่วนของการดำเนินกิจกรรมที่ต้องทำให้แล้วเสร็จก่อนช่วงเวลานั้น และยอดเงินในการเบิกจ่ายในช่วงเวลานั้นทั้งหมดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการดำเนินกิจกรรมภายในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ตามการกำหนดวงเงินเครดิตควรจะให้ครอบคลุมถึงยอดการเบิกจ่ายทั้งหมดที่รวมถึงยอดเงินค้างชำระคืนสุทธิของช่วงเวลาก่อนหน้าด้วย แต่ในความเป็นจริงสถาบันการเงินมักจะกำหนดวงเงินเครดิตที่น้อยกว่าแผนการใช้จ่ายเงินจริงของผู้รับเหมาทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการขยายระยะเวลาการดำเนินโครงการก่อสร้างออกไปจากกำหนดเพื่อให้สามารถใช้จ่ายอย่างเพียงพอจากวงเงินเครดิตที่ได้รับซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนทางอ้อมรวมไปถึงเป็นการเพิ่มต้นทุนทางการเงินของผู้รับเหมาด้วย

2.2 การประมาณกระแสเงินสดและกระแสการจ่ายเงินโครงการก่อสร้าง

2.2.1 การประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง

ในโครงการก่อสร้างผู้รับเหมาส่วนใหญ่ทำการประมาณกระแสเงินสดโครงการโดยการเขียนรายละเอียดของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายอยู่ในรูปแบบของกราฟกระแสเงินสด (cash flow profile) ซึ่งเป็นไปตามการดำเนินงานตามงวดงานที่กำหนดไว้ การจัดทำการประมาณกระแสเงินสดดังกล่าวประกอบด้วยเส้นกราฟกระแสเงินสดจ่ายสะสม (Cash Outflow Profile) ที่เกิดจากการประมาณต้นทุนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการวางแผนตลอดระยะเวลาโครงการ และเส้นกราฟกระแสเงินสดรับสะสม (cash inflow profile) ที่ได้รับจากเจ้าของโครงการในรูปแบบเงินงวดงาน (progress payments) ตามข้อกำหนดของสัญญา ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โพรไฟล์เส้นกราฟกระแสเงินสดรับกระแสเงินสดจ่ายของโครงการตามเงื่อนไขต่าง ๆ (Halpin และ Woodhead, 1998)

โดยทั่วไปรอบการส่งงวดงานจะกำหนดช่วงเวลาเป็นรายเดือน หรือตามที่ตกลงกันในสัญญา การขอเบิกเงินงวดงานนั้นผู้รับเหมาจะต้องส่งใบขอเบิกเงิน (invoices) เมื่อถึงกำหนดส่งงานหรือเมื่องานแล้วเสร็จตามกำหนด ผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานที่เป็นรูปเงินสดภายหลังจากการส่งใบขอเบิกเงินและการตรวจสอบความถูกต้องจากเจ้าของโครงการ ระยะเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของเจ้าของโครงการ ซึ่งปกติมักจะกำหนดหนึ่งเดือนหลังจากกระบวนการตรวจสอบแล้วเสร็จ ดังนั้นผู้รับเหมาต้องประมาณการและจัดทำรูปภาพ (profile) ที่แสดงถึงการ

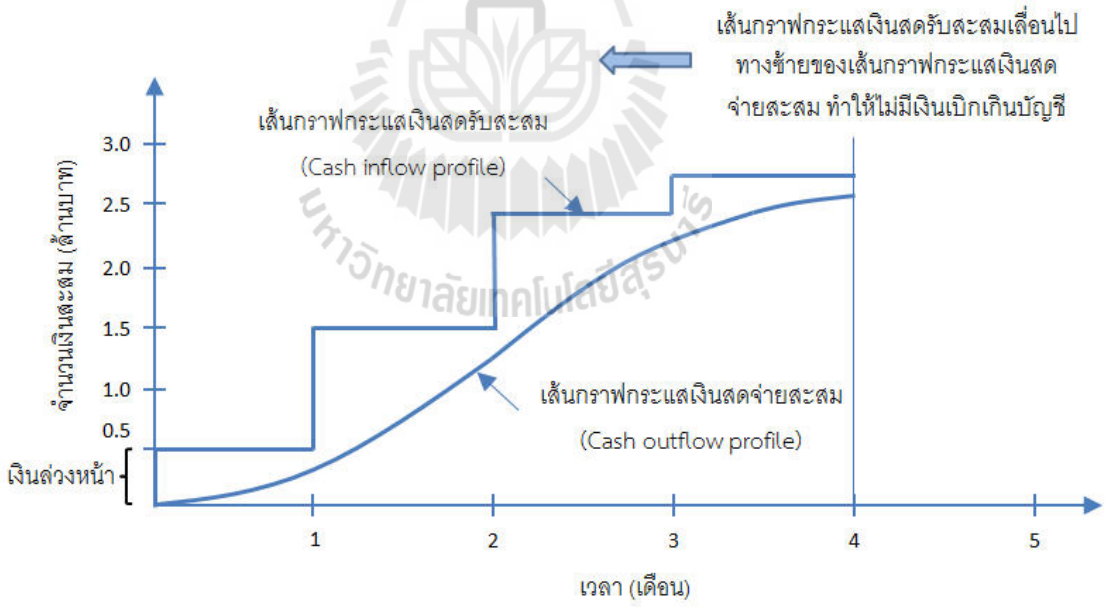
เกิดขึ้นของกระแสเงินสดรับให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง จึงทำให้รูปภาพดังกล่าวที่แสดงในรูปเส้นกราฟเกิดขึ้นภายหลังจากกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) และอยู่ในรูปแบบเป็นขั้นบันไดที่แสดงถึงกระแสเงินสดรับสะสม (cumulative income profile)

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นพื้นที่ส่วนที่แรเงาระหว่างเส้นกราฟกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย ซึ่งพื้นที่ส่วนนี้จะแสดงถึงความต้องการเงินสดหรือเงินทุนเพื่อมาชดเชยส่วนต่างในแต่ละช่วงเวลาที่เกิดขึ้นจากความล่าช้าจากการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการจนกระทั่งได้รับเงินงวดงานครบตามจำนวนสัญญาทำให้ผู้รับเหมาต้องจัดหาเงินทุนมาให้เพียงพอกับส่วนต่างดังกล่าวโดยทั่วไปจะเป็นการกู้ยืมจากสถาบันการเงินเป็นสินเชื่อระยะสั้นที่เรียกว่าสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (overdraft) ซึ่งผู้รับเหมาจะต้องชำระคืนพร้อมดอกเบี้ยที่คิดเป็นอัตราดอกเบี้ย (interest rate) จากจำนวนเงินที่ผู้รับเหมาเบิกจ่ายจากสถาบันการเงินในแต่ละช่วงเวลา จำนวนดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นนี้ถือเป็นต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ที่ผู้รับเหมาจะต้องคำนึงถึงอย่างยิ่งเพราะถ้าหากไม่สนใจต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นดังกล่าว อาจทำให้ประสบสภาวการณ์ขาดสภาพคล่องหรืออาจรุนแรงถึงขั้นขาดทุนในโครงการนั้น ๆ ได้

ผู้รับเหมาส่วนใหญ่มักเลือกโครงการก่อสร้างที่มีเงื่อนไขการจ่ายเงินล่วงหน้า (advanced payment or mobilization payment) เพื่อลดความเสี่ยงจากการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการและลดต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากการกู้ยืมจากสถาบันทางการเงิน โดยเงินล่วงหน้าเหล่านี้เป็นเงินงวดงานที่เจ้าของโครงการจ่ายให้ผู้รับเหมาในช่วงเริ่มต้นโครงการสำหรับเคลื่อนย้ายเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ เข้าสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งเจ้าของโครงการจะตกลงจ่ายเงินล่วงหน้าเป็นเงินจำนวนหนึ่งโดยที่ยังไม่ได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างหรือยังไม่มีผลงานปรากฏ ซึ่งปกติจำนวนเงินล่วงหน้าจะหักมาจากเงินงวดงานสุดท้ายหรือจากเงินประกันผลงานที่เก็บสะสมไว้โดยมีเงื่อนไขการจ่ายตามที่กำหนดไว้ในสัญญา รูปแบบการจ่ายเงินล่วงหน้าทำให้เส้นกราฟกระแสเงินสดรับ (cash inflow) เกิดขึ้นก่อนหน้ากระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) ดังรูปที่ 2.2 จากรูปจะเห็นว่าเส้นกราฟของกระแสเงินสดรับจะเลื่อนจากขวาไปซ้ายเมื่อเทียบกับรูปที่ 2.1 และทำให้ไม่มีส่วนของเงินเกินบัญชี (overdraft) ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งนั่นหมายความว่าเงินสดรับที่ได้จากเจ้าของโครงการคลอบคลุมรายจ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นโดยที่ผู้รับเหมาไม่ต้องจัดหาเงินทุนเพื่อมาชดเชยและทำให้ไม่เกิดต้นทุนทางการเงินอีกด้วย

รูปแบบการจ่ายเงินล่วงหน้ามักจะถูกใช้กับสัญญาโครงการก่อสร้างประเภทชำระคืนค่าใช้จ่าย (cost-reimbursement contracts) (Halpin, 1985) หรือในกรณีที่เจ้าของโครงการมีความเชื่อมั่นในความสามารถของผู้รับเหมาก่อสร้างที่จะดำเนินโครงการได้สำเร็จในระดับที่สูง ซึ่งในวงการก่อสร้างส่วนใหญ่นิยมใช้สัญญาโครงการก่อสร้างประเภทต้นทุนต่อหน่วย (unit-price

contracts) และประเภทเหมารวม (lump-sum contracts) (Dayanand, 1995) สัญญาทั้งสองประเภทใช้วิธีการจ่ายเงินงวดงานหลังจากที่งานแล้วเสร็จหรือเมื่อถึงกำหนดเบิกจ่ายตามสัญญา โดยสัญญาประเภทแรกคำนวณจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงสำหรับกิจกรรมที่ทำแล้วเสร็จในช่วงเวลานั้น ส่วนสัญญาอีกประเภทจะคำนวณจากงานที่แล้วเสร็จตามกำหนดในสัญญาซึ่งจะถูกกำหนดว่าในแต่ละงวดงานผู้รับเหมาจะต้องทำกิจกรรมใดแล้วเสร็จบ้าง โดยส่วนใหญ่สัญญาประเภทนี้จะพบได้ในโครงการก่อสร้างของภาครัฐ (public sector projects) ซึ่งผู้รับเหมาสามารถมั่นใจได้ถึงความมั่นคงทางการเงินที่จะได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการอย่างแน่นอน แต่โครงการดังกล่าวมักจะติดขัดในเรื่องความล่าช้าในการเบิกจ่ายเงินและการตรวจสอบอย่างละเอียดที่เกิดจากกระบวนการของระบบราชการ ซึ่งหากพิจารณาถึงความมั่นคงทางการเงินของเจ้าของโครงการแล้ว เชื่อได้ว่าผู้รับเหมาก่อสร้างจำนวนไม่น้อยเลือกที่จะรับงานโครงการก่อสร้างของภาครัฐ ดังนั้นปัญหาส่วนใหญ่มาจากการขาดการวางแผนทางการเงินของผู้รับเหมาในโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะดังกล่าวที่จะต้องประมาณกระแสเงินสดให้ถูกต้องและจัดหาแหล่งเงินทุนมาชดเชยให้เพียงพอกับส่วนต่างที่เกิดขึ้นของโครงการก่อสร้างที่ไม่มีเงื่อนไขการจ่ายเงินล่วงหน้า



รูปที่ 2.2 โพรไฟล์กระแสเงินสดรับสะสมของโครงการที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการจ่ายเงินล่วงหน้า (Halpin และ Woodhead, 1998)

2.2.2 การประมาณกระแสการจ่ายเงินโครงการก่อสร้าง

การประมาณกระแสเงินสดที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับ (cash inflows) และกระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างส่วนใหญ่มักจะกำหนดให้กระแสเงินสดรับ (cash inflows) คือมูลค่าเงินที่ได้รับจากเจ้าของโครงการหลังจากดำเนินกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาแล้วเสร็จโดยคำนวณจากต้นทุนของกิจกรรมเหล่านั้นและกำหนดจ่ายให้เป็นช่วงแบบสม่ำเสมอ (Fondahl และ Bacarreza, 1972; Ashley และ Teicholz, 1977; Elazouni และ Gab-Allah, 2004; Elazouni และ Metwally, 2005, 2007; Elazouni, 2009;Ali และ Elazouni, 2009; Abido และ Elazouni, 2010, 2011) ซึ่งเป็นหลักการคิดของวิธี Earned Value Flows แต่ในงานวิจัยบางส่วนกำหนดให้กระแสเงินสดรับ (cash inflows) คือมูลค่าเงินที่ได้รับจากเจ้าของโครงการหลังจากดำเนินกิจกรรมที่กำหนดไว้ในสัญญาแล้วเสร็จ (Navon, 1996; Dayanand, 1995;Park, 2001) โดยมีระยะเวลาระหว่างการวางบิลและการจ่ายเงิน (payment time delay) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย นอกจากนี้พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังกำหนดให้กระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) คือมูลค่าเงินที่คำนวณจากต้นทุนของการดำเนินกิจกรรมทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา โดยมีกำหนดจ่ายเป็นช่วงแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นหลักการคิดของวิธี cost flows แต่ในงานวิจัยบางส่วนกำหนดให้กระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) มีความแตกต่างกันคือมูลค่าเงินที่คำนวณจากต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดจ่ายขึ้นอยู่กับข้อตกลงกันระหว่างส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้รับเหมาช่วง (subcontractors) ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (suppliers) เป็นต้น (Park, 2001; Chen, 2002) ดังนั้นในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณกระแสเงินสดจึงควรกำหนดความหมายให้มีความชัดเจนซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนของผู้อ่านได้

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้กำหนดความหมายให้กระแสการจ่ายเงิน (payment flows) คือการประมาณการจ่ายเงินสำหรับการดำเนินกิจกรรมในโครงการก่อสร้างให้กับผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้รับเหมาช่วง (subcontractors) และร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (suppliers) และเจ้าของโครงการ (owner) โดยการจ่ายเงินนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทุกช่วงเวลาตลอดระยะเวลาของโครงการทั้งในช่วงระหว่างดำเนินกิจกรรมและสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรม ซึ่งการจ่ายเงินอาจถูกกำหนดจ่ายแบบไม่สม่ำเสมอก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้รับเหมาหลักกับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุก่อสร้างและขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในสัญญาระหว่างผู้รับเหมาหลักกับเจ้าของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยกระแสการจ่ายเงินสดรับ (cash payment inflows) คือมูลค่าเงินที่ได้รับจากเจ้าของโครงการหลังจากดำเนินกิจกรรมที่กำหนดไว้ในสัญญาแล้วเสร็จ และกระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (cash payment outflows) คือมูลค่าเงินที่คำนวณจากต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลา โดยกำหนดจ่ายขึ้นอยู่กับ

ข้อตกลงกันระหว่างส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้รับเหมาช่วง (subcontractors) และร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (suppliers) กล่าวโดยสรุปคือกระแสการจ่ายเงินมีความแตกต่างกับกระแสเงินสดในเรื่องของการนำช่วงระยะเวลาระหว่างการวางบิลและการจ่ายเงิน (payment time delay) รวมถึงข้อตกลงหรือข้อกำหนดของผู้ที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถสะท้อนถึงแนวทางปฏิบัติในสภาพแวดล้อมจริงของผู้รับเหมาก่อสร้าง

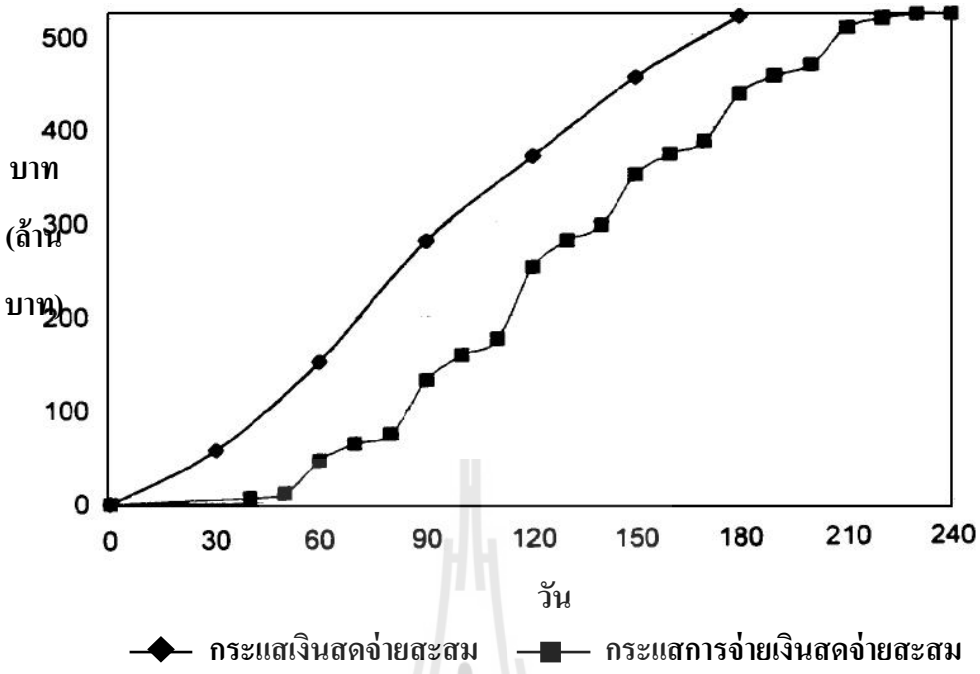
การประมาณกระแสการจ่ายเงินสดรับ (cash payment inflows forecasting) ในโครงการก่อสร้างผู้รับเหมาต้องศึกษาวิธีการจ่ายเงินของจากเจ้าของโครงการ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของการจ่ายเงินงวดงาน (progress payment) ซึ่งต้องอาศัยหลักการเพื่อวัดความก้าวหน้าของโครงการ (Gilbreath, 1992) โดยวิธีการคำนวณการแบ่งจ่ายเงินงวดงาน (method of distribution) เป็นงวด ๆ ตลอดทั้งโครงการ ถือเป็นการกำหนดเกณฑ์ของการจ่ายเงินงวดงานในแต่ละงวด เนื่องจากการจ่ายเงินงวดงานเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่เจ้าของโครงการใช้เพื่อทำให้มั่นใจว่าการดำเนินการโครงการก่อสร้างเป็นไปตามเวลาที่กำหนด และวิธีการคำนวณเงินงวดงานทั้งหมดจะต้องอาศัยหลักการคำนวณอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อวัดความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ การคำนวณโดยอาศัยเวลาเป็นตัวกำหนด (time-based payment) การคำนวณโดยอาศัยต้นทุนเป็นตัวกำหนด (cost-based payment) และการคำนวณโดยอาศัยปริมาณงานที่แล้วเสร็จเป็นตัวกำหนด (actual performance-based payment) (Cukierman และ Shiffer, 1976; Clough และ Sears, 2000)

วิธีการคำนวณโดยอาศัยเวลาเป็นตัวกำหนดมีสมมติฐานว่าจำนวนเงินงวดงานของโครงการเป็นสัดส่วนกับเวลาในการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนกระทั่งเสร็จสิ้นโครงการ การคำนวณจำนวนเงินงวดงานเป็นการแบ่งจ่ายงวดละเท่า ๆ กันตามช่วงเวลาของกำหนดการจ่ายเงินงวดงาน Dayanand (1995) ได้กล่าวว่าวิธีนี้ไม่สามารถสร้างแรงจูงใจให้ผู้รับเหมาก่อสร้างทำงานให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด เนื่องจากการจ่ายเงินงวดงานในแต่ละงวดไม่สอดคล้องกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของการกำหนดจ่ายเงินงวดงานทำให้ผู้รับเหมาอาจจะขาดสภาพคล่องทางการเงินในบางช่วงเวลาได้ ซึ่งต่างกับวิธีที่สองที่เป็นการคำนวณจากต้นทุนที่เกิดขึ้นซึ่งคิดจากค่าใช้จ่ายที่ผู้รับเหมาก่อสร้างใช้ในการดำเนินโครงการในแต่ละช่วงของการกำหนดจ่ายเงินงวดงานโดยมีสมมติฐานว่าจำนวนเงินงวดงานที่จ่ายในแต่ละงวดใช้เป็นการวัดความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ โดยผู้รับเหมาได้รับชำระเงินคืนจากเจ้าของโครงการตามค่าใช้จ่ายที่จ่ายไปจริง ทำให้ไม่เกิดสภาวะการขาดสภาพคล่องทางการเงิน อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นการสนับสนุนให้ผู้รับเหมาก่อสร้างเร่งใช้จ่ายเพื่อที่จะเบิกเงินงวดงานมากกว่าการทำงานให้เสร็จตามกำหนดเวลาของโครงการ (Gilbreath, 1992; Dayanand และ Padman, 1993a, 1993b, 1993c)

ส่วนวิธีสุดท้ายเป็นวิธีที่แตกต่างจากสองวิธีแรกคือการคำนวณโดยการกำหนดกิจกรรมที่ต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จเพื่อประมาณจำนวนเงินงวดงานในแต่ละงวดซึ่งประมาณจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมที่กำหนดตามช่วงเวลาของการจ่ายเงินงวดงานทำให้เจ้าของโครงการมั่นใจได้ว่าโครงการก่อสร้างเสร็จตามกำหนดเวลาเนื่องจากผู้รับเหมาก่อสร้างจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จตามกำหนดก่อนการขอเบิกเงินงวดงานในแต่ละงวด ดังนั้นหากมองในมุมมองของเจ้าของโครงการก่อสร้างวิธีการคำนวณการแบ่งจ่ายเงินงวดงานโดยวิธีการกำหนดกิจกรรมที่ต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จเป็นวิธีที่เจ้าของโครงการก่อสร้างใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดการจ่ายเงินงวดงานในสัญญาก่อสร้างมากที่สุด (Dayanand, 1995)

เงินงวดงาน (progress payments) เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งปริมาณของเงินงวดงานสามารถส่งผลกระทบต่อการจัดตารางงานของกิจกรรมภายในโครงการได้ (Russell, 1970) และด้านการเงินของผู้รับเหมาตลอดระยะเวลาโครงการ (Singh, 1989) นอกจากนี้ระยะเวลาของการจ่ายเงินงวดงานยังมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพทางการเงินของโครงการด้วย เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นดังกล่าวทำให้มีนักวิจัยเริ่มตระหนักถึงผลกระทบเหล่านี้ที่มีต่อผู้รับเหมาก่อสร้าง (Bey, Doersch, และ Patterson, 1981; Au และ Hendrickson, 1986; Abernathy, 1990; Singh, 1989) โดยรายได้ที่ได้รับจากโครงการมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลกำไรของผู้รับเหมา ซึ่งปริมาณกระแสเงินสดสุทธิทุกช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการเป็นตัวชี้วัดความมั่นคงทางการเงินที่สำคัญของโครงการ ทั้งนี้ผู้รับเหมาต้องให้ความสำคัญกับการจ่ายเงินงวดงานเป็นอย่างยิ่งเพราะนั้นหมายถึงปริมาณเงินที่จะนำมาขับเคลื่อนในการดำเนินกิจกรรมต่อไปภายในโครงการ

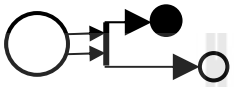
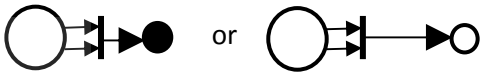
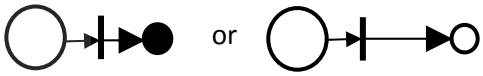
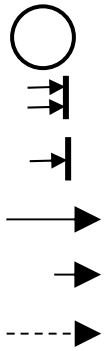
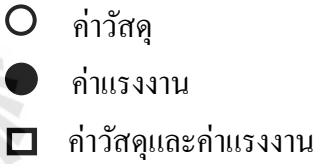
วิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (cash payment outflows forecasting) ในโครงการก่อสร้าง ผู้รับเหมาต้องทราบถึงข้อกำหนดการจ่ายเงินของต้นทุนแต่ละประเภท เช่น ผู้รับเหมาช่วง แรงงาน ร้านค้าวัสดุ เป็นต้น โดยแต่ละประเภทมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังต้องทราบข้อกำหนดการจ่ายเงินของบริษัทผู้รับเหมาเอง เช่น กำหนดการวางบิล ความถี่ของการจ่ายเงิน การกำหนดส่วนประกอบของการจ่าย เป็นต้น ข้อกำหนดเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการประมาณกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายที่มีความแตกต่างกับการประมาณกระแสเงินสดจ่าย ดังตัวอย่างการเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างกระแสเงินสดจ่ายกับกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายที่แสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากไม่คำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณการได้



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างกระแสเงินสดจ่ายสะสมและกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายสะสม (ปรับปรุงจาก Park, 2001)

ในปี 2002 งานวิจัยของ Chen ได้ทำการศึกษารูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ารูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก คือ 1) ระยะเวลาระหว่างการวางบิลและการจ่ายเงิน (payment time delay) 2) ส่วนประกอบของการจ่ายเงิน (payment components) และ 3) ความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (payment frequency) นอกจากนี้ยังสรุปเป็นรูปแบบทั่วไปของเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก่อสร้างซึ่งแบ่งเป็น 4 รูปแบบ โดยใช้ชื่อว่า conditions of general contracting payment processing (CGCPP) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 รูปแบบที่ 1 เป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรสองอันชี้ไปยังบาร์ และหลังจากการวางบิลผู้รับเหมาจะแบ่งการจ่ายเงินเป็นสองส่วนคือส่วนของค่าแรงงาน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กสีดำ และส่วนของค่าวัสดุ แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็ก โดยจะจ่ายหลังจากวางบิลแล้ว 1-30 วัน และ 30-90 วัน ตามลำดับ แทนด้วยสัญลักษณ์ลูกศรสั้นชี้ไปยังวงกลมเล็กสีดำ (ค่าแรงงาน) และลูกศรยาวชี้ไปยังวงกลมเล็ก (ค่าวัสดุ) รูปแบบที่ 2 เป็นรูปแบบ

ตารางที่ 2.1 รูปแบบทั่วไปของเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (ปรับปรุงจาก Chen, 2002)

	รูปแบบที่เกี่ยวกับผู้รับเหมา (ค่าแรงงานและค่าวัสดุ) และร้านค้าวัสดุ	**รูปแบบที่เกี่ยวกับผู้รับเหมา (ค่าแรงงาน) และร้านค้าวัสดุ**
การวางบิล 2 ครั้งต่อเดือน	**รูปแบบที่ 1** 	**รูปแบบที่ 2** 
การวางบิล 1 ครั้งต่อเดือน	**รูปแบบที่ 4**	**รูปแบบที่ 3** 
		

ที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบเฉพาะค่าแรงงานและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรสองอันชี้ไปยังบาร์ โดยผู้รับเหมาจะจ่ายเงินซึ่งเป็นค่าแรงงานให้กับผู้รับเหมาช่วงหลังจากการวางบิล 1-30 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กสีดำและลูกศรสั้น และจะจ่ายเงินซึ่งเป็นค่าวัสดุให้กับร้านค้าหลังจากการวางบิล 30-90 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กและลูกศรยาว รูปแบบที่ 3 เป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบเฉพาะค่าแรงและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 แต่ต่างกันที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุวางบิลได้เพียงเดือนละหนึ่งครั้งเท่านั้น แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรหนึ่งอันชี้ไปยังบาร์ โดยผู้รับเหมาจะจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงหลังจากการวางบิล 1-30 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็ก

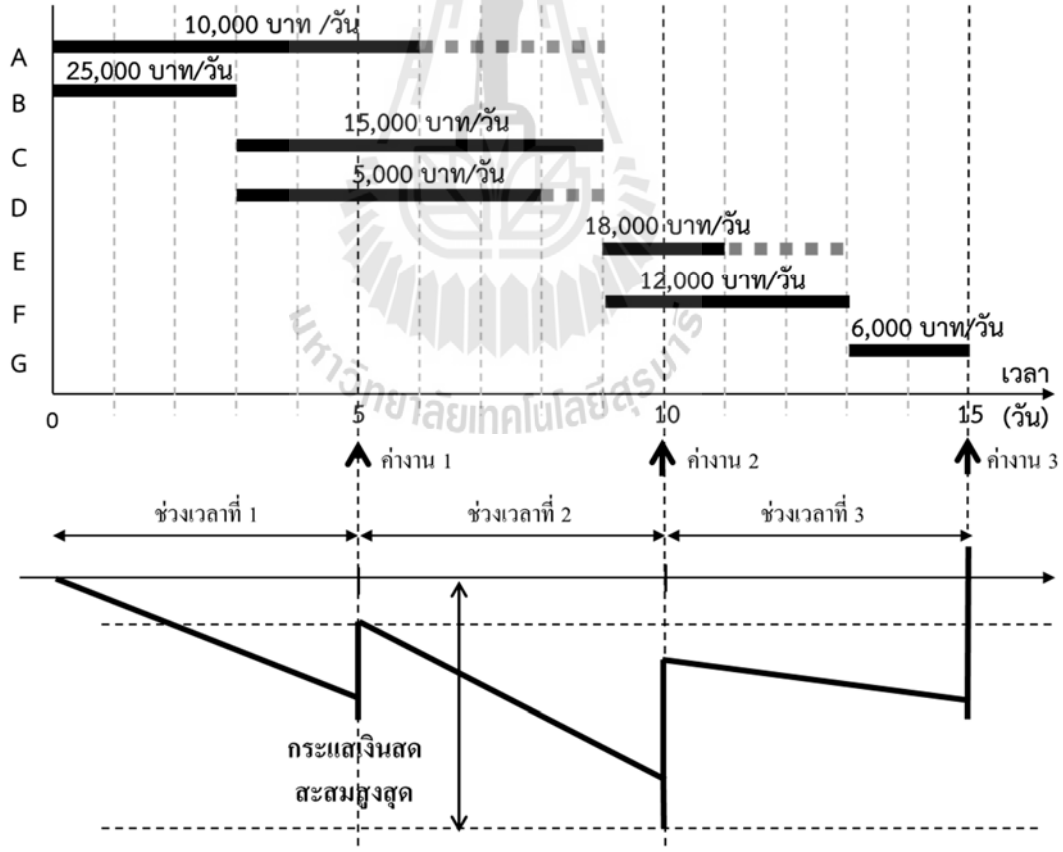
สีดำและลูกศรสั้น และจะจ่ายเงินซึ่งเป็นค่าวัสดุให้กับร้านค้าหลังจากการวางบิล 30-90 วัน แทนด้วยด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กและลูกศรยาว รูปแบบสุดท้ายคือรูปแบบที่ 4 ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับทั้งผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุหรือค่าแรงงานอย่างเดียวและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุ โดยไม่มีการวางบิลเพื่อขอเบิกและไม่มีระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการวางบิล แต่ผู้รับเหมาจะจ่ายเงินให้เมื่อได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ รูปแบบการจ่ายเงินแบบนี้เป็นที่รู้จักในชื่อ “pay when paid” ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหม่และลูกศรเส้นประหนึ่งอันชี้ไปยังวงลมเล็กสีเทา อย่างไรก็ตามการจ่ายเงินในรูปแบบสุดท้ายไม่ควรเกิดขึ้นในทางปฏิบัติเนื่องจากจะทำให้ไม่ได้รับการเชื่อถือจากผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ ซึ่งหากเกิดขึ้นบ่อยครั้งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาไม่มีแรงงานและวัสดุทำให้โครงการหยุดชะงักได้

2.3 ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

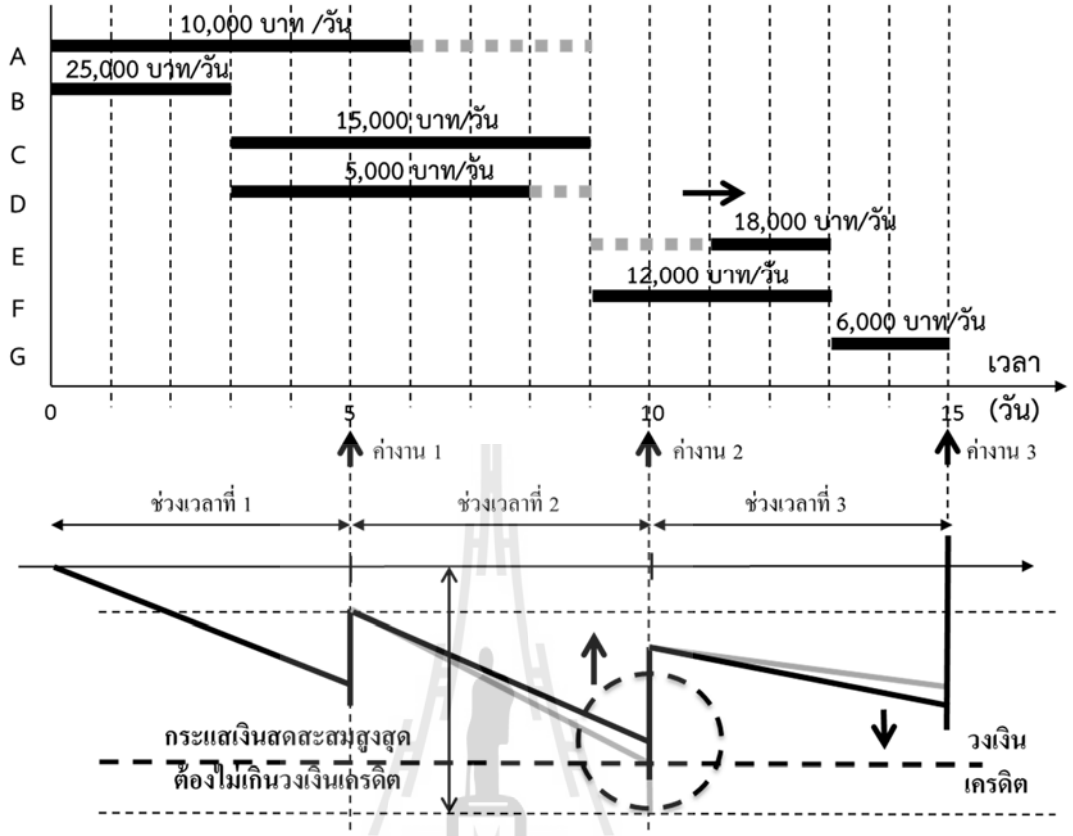
เนื่องจากสินเชื่อที่สถาบันการเงินอนุมัติให้กับผู้รับเหมาเพื่อใช้ดำเนินการในโครงการก่อสร้างนั้นถูกกำหนดเป็นรูปแบบวงเงินเครดิตที่จำกัดและสามารถเบิกจ่ายได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด ผู้รับเหมาจึงจำเป็นต้องจัดทำตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับการแผนการใช้จ่ายเงินภายในโครงการเพื่อให้มั่นใจได้ว่าในระหว่างดำเนินโครงการมีค่าใช้จ่ายไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด แนวคิดนี้เรียกว่าการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (finance-based scheduling)

ในปี 2004 Elazouni และ Gab-Allah ได้เสนอแนวคิดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้าง โดยคำนึงถึงวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน ซึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการร่วมกับการประมาณกระแสเงินสดโครงการ โดยที่ปริมาณกระแสเงินสดสะสมคงเหลือในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน ปริมาณเงินสดคงเหลือได้มาจากผลต่างระหว่างกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับในแต่ละช่วงเวลาของโครงการ โดยปกติแล้วกระแสเงินสดจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่คงที่ อันเป็นผลมาจากกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมและกระแสเงินสดรับที่ได้รับจากเจ้าของโครงการตามสัญญา การประมาณกระแสเงินสดนี้จะประมาณเงินสดคงเหลือสะสมทุกช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ โดยในแต่ละช่วงเวลาหากปริมาณเงินสดคงเหลือมีค่าเป็นลบจะต้องคิดรวมอัตราดอกเบี้ยเนื่องจากการใช้วงเงินที่ถูกคิดจากสถาบันการเงินด้วย ซึ่งวิธีการคำนวณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างนี้ได้ถูกกำหนดเป็นรูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปและถูกนำเสนอโดย Au และ Hendrickson (1986)

แนวคิดของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเริ่มต้นจากการประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการที่เกิดจากผลรวมต้นทุนของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาเพื่อประมาณเป็นค่าใช้จ่ายภายในโครงการ โดยผู้รับเหมาจะเบิกจ่ายได้จากสถาบันการเงินตลอดทั้งโครงการและจะสามารถเบิกจ่ายได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งโดยส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นรายเดือน ผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการซึ่งคำนวณจากปริมาณงานที่ทำแล้วเสร็จในช่วงเวลาที่กำหนด โดยผู้รับเหมาจะต้องชำระเงินคืนแก่สถาบันการเงินเพื่อรักษาระดับวงเงินเครดิตให้สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาถัดไป รวมถึงเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากดอกเบี้ยที่มักจะคำนวณตามเวลาตั้งแต่วันเริ่มต้นการถอนเงินจนถึงการชำระเงินคืนสถาบันการเงิน แนวคิดนี้นอกจากจะใช้ในขั้นตอนการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการหลังจากการได้รับวงเงินเครดิตจากสถาบันการเงินแล้ว ยังใช้ได้กับขั้นตอนการจัดหาเงินทุนในการคำนวณหาเงินเบิกบัญชีสูงสุด (maximum overdraft) เพื่อกำหนดวงเงินเครดิตให้เพียงพอกับการดำเนินโครงการ



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างในรูปแบบบาร์ชาร์ทและการเขียนกราฟโพรไฟล์กระแสเงินสด



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างที่มีการเลื่อนกิจกรรมภายใน total float และการเปลี่ยนแปลงของโพรไฟล์กระแสเงินสด

วิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเริ่มจากการจัดทำแผนงานโครงการในรูปแบบแผนภูมิแท่ง (bar chart) โดยการจัดลำดับของกิจกรรมตามขั้นตอนการก่อสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และคำนวณหาวันเริ่มและวันสิ้นสุดของกิจกรรม รวมถึงระยะเวลาของโครงการด้วย วิธีสายงานวิกฤต (critical path method) จากตัวอย่างโครงการก่อสร้างที่แสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย 7 กิจกรรม โดยมีกิจกรรม B, C, F และ G เป็นกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤต และกิจกรรมที่เหลือมีระยะเวลาลอยตัวรวม (total float) ซึ่งแทนสัญลักษณ์ด้วยเส้นประหลังบาร์ของกิจกรรม ประกอบด้วยกิจกรรม A, D และ E หลังจากนั้นทำการประมาณกระแสเงินสด โดยการคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งคำนวณจากการหาผลรวมของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย

จากรูปที่ 2.4 กระแสเงินสดจ่ายได้มาจากผลรวมของต้นทุนทุกกิจกรรม ณ สิ้นสุดแต่ละช่วงเวลา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นแบบสม่ำเสมอและกระแสเงินสดรับได้มาจากกระแสเงินสด

จ่ายในช่วงเวลานั้นบวกกับค่ากำไร (markup) และหักลบกับค่าประกันผลงาน (retainage) โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของเงินค่างานที่ได้รับจากเจ้าของโครงการในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ เมื่อประมาณกระแสเงินสดตลอดทั้งโครงการแล้วทำให้ทราบถึงกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสูงสุดที่ผู้รับเหมาต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมโดยการเบิกจ่ายจากสถาบันการเงิน อย่างไรก็ตามกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงินจะต้องไม่เกินกว่าที่กำหนด

ในกรณีที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการเกินระดับวงเงินเครดิตที่ได้รับผู้รับเหมาจะต้องปรับแผนงานโดยวิธีการเลื่อนกิจกรรมซึ่งเป็นการเลื่อนกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งโดยเริ่มต้นจากกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤต (non-critical path) เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการซึ่งเป็นการเลื่อนภายในระยะเวลา total float ของกิจกรรม รูปที่ 2.5 เป็นผลของการเลื่อนกิจกรรม E ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลื่อนกิจกรรม E ไปแล้วทำให้กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการลดลง อย่างไรก็ตามการเลื่อนกิจกรรมดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลารวมของโครงการ และหากเลื่อนทุกกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤตแล้วยังไม่สามารถทำให้กระแสเงินสดสะสมที่เกินลดลงต่ำกว่าระดับวงเงินเครดิตที่กำหนดได้ การเลื่อนกิจกรรมในสายงานวิกฤตจะถูกนำมาใช้เพื่อปรับระดับกระแสเงินสดสะสมของโครงการให้ลดลงตามที่ต้องการซึ่งการเลื่อนกิจกรรมเหล่านี้จะส่งผลให้ระยะเวลาของโครงการเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผู้รับเหมาก็จะได้ตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่ไม่เกินวงเงินเครดิตซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

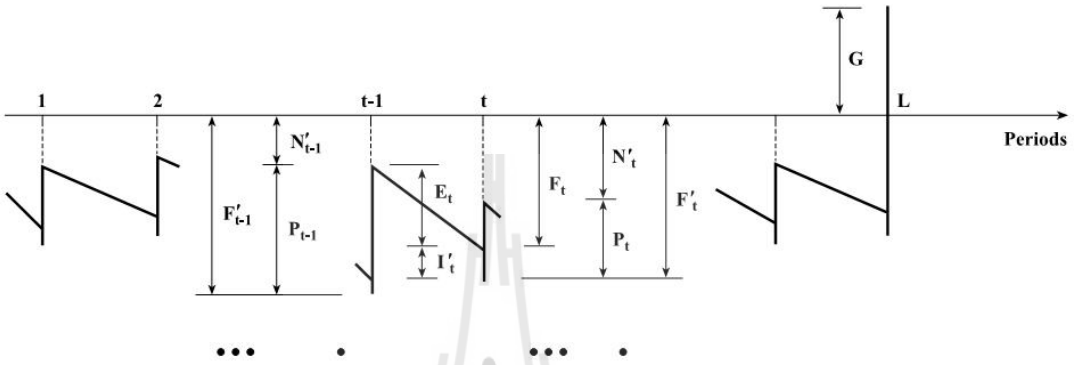
2.3.1 รูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไป (typical cash flow profile)

กระแสเงินสดโครงการคือปริมาณเงินสดที่คงเหลืออยู่ซึ่งได้จากผลต่างระหว่างกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับในแต่ละช่วงเวลาของโครงการ โดยปกติแล้วกระแสเงินสดจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่คงที่ อันเป็นผลมาจากกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมและกระแสเงินสดรับที่ได้รับจากเจ้าของโครงการตามสัญญา การประมาณกระแสเงินสดนี้จะประมาณเงินสดคงเหลือสะสมทุกช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ โดยในแต่ละช่วงเวลาหากมีปริมาณเงินสดที่คงเหลือมีค่าเป็นลบจะต้องคิดรวมอัตราดอกเบี้ยเนื่องจากการใช้วงเงินที่คิดจากสถาบันการเงินด้วย ซึ่งวิธีการคำนวณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างนี้ได้ถูกกำหนดเป็นรูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปและนำเสนอโดย Au และ Hendrickson (1986) ดังแสดงในรูปที่ 2.4

จากรูปที่ 2.6 โพรไฟล์กระแสเงินสดนี้เป็นการประมาณกระแสเงินสดโครงการในมุมมองของผู้รับเหมาสำหรับโครงการที่มีระยะเวลาโครงการเท่ากับ L และมีรอบช่วงเวลาปกติ

เท่ากับ t โดยโครงการมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา t เท่ากับ E_t และมีกระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t ($t \geq 1$) เท่ากับ F_t

$$F_t = N_{t-1} + E_t \tag{2.1}$$



รูปที่ 2.6 โพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปของโครงการก่อสร้าง (Elazouni และ Gab-Allah, 2004)

กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t หลังจากการรับเงินงวดงานเท่ากับ N_t และ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$ กระแสเงินสดสะสม เท่ากับ F_{t-1} และเงินงวดงานเท่ากับ P_{t-1} ทำให้กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$ เท่ากับ N_{t-1}

$$N_{t-1} = F_{t-1} + P_{t-1} \tag{2.2}$$

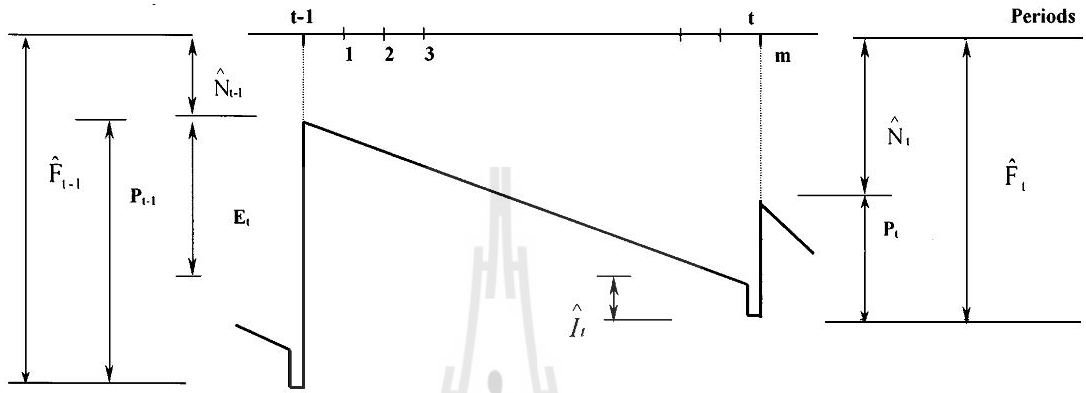
โพรไฟล์กระแสเงินสดโครงการที่แสดงในรูปที่ 2.4 เป็นการคำนวณโดยอาศัยสมมติฐานว่าผู้รับเหมาจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการใช้วงเงินที่คิดจากสถาบันการเงินในรูปแบบอัตราดอกเบี้ย ณ สิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลา t เท่ากับ I_t

$$I_t = rN_{t-1} + r\frac{E_t}{2} \tag{2.3}$$

โดยที่ r = อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา

จากสมการที่ 2.3 พจน์แรกของสมการเป็นการคิดอัตราดอกเบี้ยของกระแสเงินสดสุทธิคงเหลือ ณ ช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$ เท่ากับ N_{t-1} ที่มีผลตลอดทั้งช่วงเวลา t และพจน์ที่สอง

ของสมการเป็นการคิดอัตราดอกเบี้ยของค่าใช้จ่ายในช่วงเวลา t ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t โดยการคิดเพียงครั้งเดียวของค่าใช้จ่ายเนื่องจากมีสมมติฐานว่าผู้รับเหมามีค่าใช้จ่ายในอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดช่วงเวลา t อย่างไรก็ตามหากผู้รับเหมาต้องจ่ายดอกเบี้ยในแต่ละช่วงเวลาในอัตราเท่ากับ r แล้ว กระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t ซึ่งรวมจำนวนดอกเบี้ยสะสม เท่ากับ $\hat{F}_t$ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การคิดต้นทุนทางการเงินสะสมในช่วงเวลา t

$$\hat{F}_t = F_t + \hat{I}_t \tag{2.4}$$

จากสมการที่ 2.4 พจน์ที่สอง $\hat{I}_t$ แทนจำนวนดอกเบี้ยสะสมตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนกระทั่งถึงสิ้นสุดช่วงเวลา t โดยที่

$$\hat{I}_t = \sum_{l=1}^{t} I_l (1+r)^{t-l} \tag{2.5}$$

รูปที่ 2.5 แสดงกระแสเงินสดสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t ซึ่งรวมจำนวนดอกเบี้ยสะสม เท่ากับ $\hat{N}_t$ จนกระทั่งถึงสิ้นสุดช่วงเวลา t โดยที่

$$\hat{N}_t = \hat{F}_t + P_t \tag{2.6}$$

และจากรูปที่ 2.7 ยังแสดงกระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลา $t-1$ ซึ่งรวมจำนวนดอกเบี้ยสะสม เท่ากับ $\hat{F}_{t-1}$ และกระแสเงินสดสะสมสุทธิ เท่ากับ $\hat{N}_{t-1}$

2.3.2 การพัฒนาแบบจำลองและอัลกอริธึมการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

ในปี 2004 Elazouni และ Gab-Allah ได้ชี้ให้เห็นว่าเทคนิคการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านทรัพยากรแบบดั้งเดิม เช่น resource allocation, resource leveling และ time-cost-trade-off เป็นต้น ไม่สามารถแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาด้านการเงินได้ แม้ว่าเทคนิคจะมองมองปัญหาเกี่ยวกับข้อจำกัดของทรัพยากรก็ตาม ทั้งนี้เพราะ ส่วนหนึ่งของเงินสดที่จะสามารถใช้ได้ในช่วงเวลาหนึ่งจะมาจากเงินงวดงานของเจ้าของโครงการที่จะจ่ายให้หลังจากดำเนินกิจกรรมในช่วงเวลาก่อนหน้าเสร็จสิ้น ซึ่งการเขียนโพรไฟล์กระแสเงินสดจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้ แต่เทคนิคแบบดั้งเดิมไม่สามารถแก้ปัญหาได้ คณะผู้วิจัยจึงนำเสนอเทคนิคการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยใช้วิธี integer programming (IP) จัดวันเริ่มต้นของกิจกรรมเพื่อให้ได้ระยะเวลาของโครงการน้อยที่สุดในวงเงินเครดิตที่จำกัด ต่อมาในปี 2005 Elazouni และ Metwally ได้นำวิธี genetic algorithms (GA) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีเดิมให้สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสม โดยการค้นหาวันเริ่มต้นของกิจกรรมเพื่อจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่ระยะเวลาของโครงการน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิตและยังพิจารณาแบ่งต้นทุนโครงการออกเป็นต้นทุนทางตรง และต้นทุนทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วย ค่าดำเนินการ ภาษี ค่าทำกำไร เป็นต้น โดยมีสมมติฐานอัตราการเกิดต้นทุนแบบสม่ำเสมอ นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดความต้องการวงเงินเครดิตเพื่อทำให้ระยะเวลาและต้นทุนทางอ้อมของโครงการลดลงและส่งผลให้กำไรของโครงการเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับ

ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรและการพิจารณาข้อจำกัดของทรัพยากรในโครงการก่อสร้างยังคงได้รับความสนใจจากผู้วิจัย Elazouni และ Metwally (2007) พัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาด้านการเงินซึ่งเป็นการปรับปรุงจากของเดิมที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี 2005 เพื่อให้ครอบคลุมถึงการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาด้านทรัพยากรทั้งหมด โดยการบูรณาการเข้ากับเทคนิค resource allocation, resource leveling และ time-cost-trade-off และยังคงใช้วิธี genetic algorithms (GA) จัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการเพื่อให้ได้ระยะเวลาของโครงการน้อยที่สุดในวงเงินเครดิตที่จำกัด ต่อมาในปี 2009 Liu และ Wang ได้นำเสนอแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาเงื่อนไขความจำกัดของทรัพยากรภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดด้านการเงิน โดยใช้วิธี constraint programming (CP) จัดสรรทรัพยากรให้กับกิจกรรมและประมาณการกระแสเงินสดจากต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิต

แนวคิดการนำปัจจัยด้านการเงินมาใช้เป็นเงื่อนไขการจัดตารางดำเนินโครงการก่อสร้างยังถูกพัฒนาต่อไปยังโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะการดำเนินกิจกรรมแบบซ้ำ (repetitive construction projects) ในปี 2009 Ali และ Elazouni ได้นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมด้วยเทคนิค CPM/LOB ที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินสำหรับโครงการที่มีลักษณะการดำเนินกิจกรรมแบบซ้ำที่ไม่ได้ต่อเนื่องตามลำดับ (repetitive non-serial activities) โดยใช้วิธี genetic algorithms (GA) จัดกิจกรรมให้เป็นไปตามเทคนิคของ CPM และ LOB เพื่อให้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดด้านการเงิน ในปีเดียวกัน Liu และ Wang (2009) พัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินสำหรับโครงการที่มีลักษณะการดำเนินการแบบซ้ำที่ต่อเนื่องกัน (linear projects with repetitive activity in unit) โดยใช้วิธี constraint programming (CP) จัดการดำเนินกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน (two-stage) คือขั้นตอนแรกจัดตารางดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีกำไรมากที่สุดภายใต้เงื่อนไขของวงเงินเครดิต และขั้นตอนที่สองจัดตารางดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีช่วงการหยุดพักของงานทั้งหมดน้อยที่สุด (total interruption minimization) ภายใต้ข้อจำกัดผลกำไรของโครงการต้องเท่ากับผลกำไรที่ได้จากขั้นตอนแรก

การจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการถือเป็นความท้าทายอย่างหนึ่งของผู้รับเหมาในการบริหารโครงการหลายโครงการที่ดำเนินการในเวลาเดียวกัน Elazouni (2009) ได้มองเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวโดยเฉพาะการบริหารด้านการเงิน จึงพัฒนาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยใช้วิธี heuristic จัดตารางการดำเนินกิจกรรมของโครงการจำนวน 5 โครงการที่มีจำนวนกิจกรรมแตกต่างกันเพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิต และต่อมาในปี 2010 Liu และ Wang นำเสนอแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการ โดยใช้วิธี constraint programming (CP) จัดตารางการดำเนินกิจกรรมของโครงการจำนวน 3 โครงการที่มีจำนวนกิจกรรมแตกต่างกันเพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด

นักวิจัยมีการพัฒนาแบบจำลองการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาด้านการเงินอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้มีข้อจำกัดที่มุ่งเน้นการสร้างสมการโจทย์เพียงเป้าหมายเดียว (single objective) ไม่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก จึงมีนักวิจัยนำวิธีการสร้างแบบจำลองที่มุ่งเน้นการสร้างสมการโจทย์พร้อมกันหลายเป้าหมาย (multi objective) เพื่อให้ครอบคลุมในทุกด้านของเป้าหมายที่สำคัญโดยการบูรณาการแบบจำลองปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมเข้าด้วยกัน โดยในปี 2009 Afshar และ Fathi นำเสนอแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินของโครงการ

ก่อสร้างที่มีต้นทุนโครงการไม่คงที่ โดยใช้วิธี the elitist non-dominated sorting genetic algorithms (NSGA-II) จัดตารางกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดโดยที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการน้อยที่สุดและมีต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพิจารณาความไม่แน่นอนของต้นทุนโครงการโดยใช้ทฤษฎี fuzzy set เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนให้สอดคล้องกับลักษณะสภาพการณ์จริง

ต่อมาในปี 2010 Afshar และ Fathi ได้ปรับปรุงงานของพวกเขาที่ได้นำเสนอในปี 2009 ในขั้นตอนการค้นหาคำตอบของ genetic algorithms (GA) โดยใช้ pareto front แสดงคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อลดจำนวนของคำตอบที่ non-dominated จากการแก้ปัญหาโดยวิธีบูรณาการแบบจำลองปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเข้าด้วยกัน และในปี 2011 Abido และ Elazouni นำเสนอวิธีการค้นหาคำตอบ โดยใช้ strength pareto evolutionary algorithm (SPEA) เพื่อลดปัญหาการค้นหาคำตอบจากสมการโจทย์หลายเป้าหมายที่มุ่งเน้นการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการเพื่อให้ได้ระยะเวลาของโครงการทั้งหมดน้อยที่สุดโดยที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการน้อยที่สุดและมีต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน และยังใช้ทฤษฎี fuzzy set เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกคำตอบในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ที่ดีที่สุดจากคำตอบที่เหมาะสมที่ได้จากแบบจำลอง

ปัจจุบันผู้วิจัยนำเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลองที่สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพการณ์จริงของโครงการก่อสร้าง จึงมีการนำวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่สามารถค้นหาคำตอบจากปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมาก (non-deterministic polynomial-time hard problems, NP-hard) โดยในปี 2012 Alghazi และคณะ นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินของโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน โดยใช้วิธี shuffled frog-leaping algorithm (SFLA) จัดตารางการดำเนินกิจกรรมจำนวน 3 โครงการที่ดำเนินการพร้อมกันและมีขนาดแตกต่างกันเพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธี genetic algorithms (GA) และ simulate annealing (SA) ซึ่งพวกเขาสรุปว่าวิธี SFLA เป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าและยังใช้เวลาในการค้นหาคำตอบ (processing time) น้อยกว่าถึง 35% และ 28% เมื่อเทียบกับวิธี GA และ SA ตามลำดับ

2.4 ข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยได้พัฒนาและนำเสนอแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดด้านการเงินอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามงานวิจัย

เหล่านี้ยังคงขาดการพิจารณาเงื่อนไขบางประเด็นที่เกี่ยวข้องในทางปฏิบัติของโครงการก่อสร้างซึ่งจะอธิบายรายละเอียดต่อไป และเพื่อให้เห็นภาพรวมและข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นข้อจำกัดด้านการเงิน

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นเทคนิคการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยไม่สนใจประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมากำหนดให้จำนวนของกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาเกิดขึ้นตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากแผนงานที่ได้จากแบบจำลองโดยการกระจายจำนวนรายจ่ายของกิจกรรมนั้นตามระยะเวลาของกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอและกำหนดให้รายจ่ายเหล่านั้นเกิดขึ้นและสิ้นสุดพร้อมกับกิจกรรมนั้น ๆ แต่ในความเป็นจริงการจ่ายเงินของผู้รับเหมาเพื่อเป็นรายจ่ายในแต่ละกิจกรรมนั้นอาจเกิดขึ้นพร้อมกัน หรือระยะเวลาของจ่ายเงินจริงที่ต่างกัน เช่น การสั่งซื้อเหล็กเส้นเพื่อใช้ในกิจกรรมงานโครงสร้างชั้นล่างและชั้นถัดไปซึ่งเป็นกิจกรรมที่ยังไม่ดำเนินการ แต่มีการจ่ายเงินที่เกิดขึ้นก่อนที่กิจกรรมนั้นจะดำเนินการหรืออาจจะมีการจ่ายเงินภายหลังจากกิจกรรมเหล่านั้นดำเนินการเสร็จสิ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขระยะเวลาการชำระเงินที่ร้านค้าวัสดุก่อสร้างกำหนดหรือเรียกว่าระยะเวลาเครดิต นอกจากนี้แบบจำลองเหล่านี้ยังกำหนดการประมาณกระแสเงินรับจากเจ้าของโครงการเป็นช่วงเวลาที่แน่นอนและสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายในการคำนวณ โดยกำหนดให้ผู้รับเหมาได้รับเงินทันที เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนดและปริมาณเงินสดรับได้จากการรวมค่าใช้จ่ายทุกกิจกรรมในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งไม่สามารถใช้ได้กับโครงการก่อสร้างที่อยู่ในรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานที่กำหนดให้กิจกรรมใดบ้างต้องแล้วเสร็จซึ่งมีกำหนดการเบิกจ่ายที่ไม่สม่ำเสมอ

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาดูเหมือนว่างานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) ที่ให้ความสำคัญกับเงื่อนไขการจ่ายเงิน โดยชี้ให้เห็นว่าการประมาณกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) ด้วยวิธี cost and schedule integration (CSI) มีความไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ได้พิจารณาถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดโครงการ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลตามหลักในการทำวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research) ด้วยการสัมภาษณ์เบื้องลึก (in-depth interview) และการวิเคราะห์เอกสาร (document analysis) ซึ่งใช้รูปแบบการศึกษากรณีศึกษาหลายองค์การแบบเจาะลึก (multiple-case embedded designs) โดยกำหนดให้บริษัทผู้รับเหมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ (unit of analysis) และวิเคราะห์เจาะลึกในโครงการของบริษัทผู้รับเหมากรณีศึกษา และนำข้อมูลมาจำลอง

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องประเด็นข้อจำกัดด้านการเงิน

งานวิจัย	วิธีแก้ปัญหา	ผลงานที่นำเสนอ	ข้อสังเกต
Elazouni และ Gab-Allah (2004)	Integer Programming (IP)	นำเสนอวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Elazouni และ Metwally (2005)	Genetic Algorithms (GA)	ปรับปรุงแบบจำลองปี 2005 เพื่อสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดความต้องการวงเงินเครดิตเพื่อทำให้ระยะเวลาและต้นทุนทางอ้อมของโครงการลดลงและส่งผลให้กำไรของโครงการเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับ	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Elazouni และ Metwally (2007)	Genetic Algorithms (GA)	ขยายขอบเขตแบบจำลองปี 2005 เพื่อให้คลอบคลุมถึงการแก้ปัญหาด้านทรัพยากรโดยการบูรณาการเข้ากับเทคนิค Resource Allocation, Resource Leveling และ Time-Cost-Trade-Off รวมถึงลดข้อกำหนดของวงเงินเครดิต	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Liu และ Wang (2008)	Constraint Programming (CP)	พิจารณาการจัดสรรทรัพยากรให้กับกิจกรรมและประมาณการกระแสเงินสดจากต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Ali และ Elazouni (2009)	Genetic Algorithms (GA)	นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมแบบซ้ำที่ไม่ได้ต่อเนื่องตามลำดับ เพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Liu และ Wang (2009)	Constraint Programming (CP)	นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมแบบซ้ำที่ต่อเนื่องกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ จัดตารางดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด และจัดตารางดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ได้โครงการที่มีช่วงการหยุดพักของงานทั้งหมดน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดผลกำไรในขั้นตอนแรก	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Elazouni (2009)	Heuristic	นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการเพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องประเด็นข้อจำกัดด้านการเงิน (ต่อ)

งานวิจัย	วิธีแก้ปัญหา	ผลงานที่นำเสนอ	ข้อสังเกต
Liu และ Wang (2010)	Constraint Programming (CP)	นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการเพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Afshar และ Fathi (2009)	Genetic Algorithms (NSGA-II)	นำเสนอวิธีการจำลองการแก้ปัญหาแบบหลายเป้าหมาย เพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดโดยที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงและการต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Afshar และ Fathi (2010)	Genetic Algorithms (NSGA-II)	ปรับปรุงงานวิจัยปี 2009โดยใช้ Pareto Front เพื่อลดจำนวนของคำตอบที่ Non-dominated วิธีการจำลองการแก้ปัญหาแบบหลายเป้าหมาย	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Abido และ Elazouni (2011)	Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA)	นำเสนอวิธีการค้นหาคำตอบเพื่อลดปัญหาการค้นหาคำตอบจากจำลองการแก้ปัญหาแบบหลายเป้าหมายที่มุ่งเน้นการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการเพื่อให้ได้โครงการที่มีระยะเวลาน้อยที่สุดโดยที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงและการต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุด	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม
Alghazi และคณะ (2012)	Shuffled Frog-Leaping Algorithm (SFLA)	นำเสนอการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน เพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธี Genetic Algorithms (GA) และ Simulate Annealing (SA)	ไม่มีประเด็นเงื่อนไขการจ่ายเงิน, ใช้ไม่ได้ในสัญญาแบบเหมารวม

รูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงิน ซึ่งประกอบด้วย ระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) ส่วนประกอบของการจ่ายเงิน (payment components) และความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (payment frequency) ในการคำนวณกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) และทำการวิเคราะห์ผลของปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสาม โดยใช้วิธี pattern –matching logic และการวิเคราะห์ผลทางสถิติจากการออกแบบทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล (factorial experiment) พบว่าทั้งสามปัจจัยมีผลต่อความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดจ่ายโครงการอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Chen (2002)ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (payment flow) ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ซึ่งปรับปรุงจากวิธี cost and schedule integration (CSI) ประกอบด้วยระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) ส่วนประกอบของการจ่ายเงิน (payment components) และความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (payment frequency) โดยแบบจำลองสามารถคำนวณกระแสค่าใช้จ่าย (cost flow) และคาดการณ์กระแสการจ่ายเงิน (payment flow) การจ่ายเงินให้สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนด อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นปรับปรุงการประมาณค่าใช้จ่าย (cost flow prediction) เพื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินโครงการให้สอดคล้องกับวันกำหนดจ่ายเงินของผู้รับเหมาตามเงื่อนไขที่กำหนดและคำนึงถึงการจ่ายเงินของผู้รับเหมาในงานก่อสร้างเพียงอย่างเดียว โดยไม่สนใจเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักในโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานที่กำหนดให้กิจกรรมใดบ้างต้องแล้วเสร็จตามข้อกำหนดในสัญญาซึ่งมีกำหนดการเบิกจ่ายที่ไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งแบบจำลองของงานวิจัย Chen ไม่ได้คำนึงการประมาณกระแสเงินสดโครงการเพื่อการวางแผนการใช้จ่ายเงินและการลดต้นทุนทางการเงินของโครงการ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงาน (progress payment) ของโครงการก่อสร้าง ซึ่งคำนวณโดยอาศัยปริมาณงานที่แล้วเสร็จของกิจกรรมเป็นตัวกำหนด (actual performance-based payment) งานวิจัยที่ผ่านมามีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว (Russell, 1970; Grinold, 1972 และ Dayanand และ Padman, 1997) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาการวางแผนการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาเพื่อกำหนดปริมาณและระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับกระแสการจ่ายเงินสดรับในโครงการเพียงอย่างเดียว โดยไม่สนใจเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า

นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมาใช้วิธีการคิดคำนวณความต้องการของเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) ของโครงการก่อสร้างที่ไม่ซับซ้อนเพื่อให้ง่ายในการคำนวณ แต่ในทางปฏิบัติผู้รับเหมาก่อสร้างจำเป็นที่จะจัดเตรียมข้อมูลที่มากขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์เงินทุนหมุนเวียนให้เพียงพอกับความต้องการโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านระยะเวลาเครดิตของการจ่ายจากร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (suppliers) และข้อกำหนดของผู้รับเหมาในการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วง (subcontractors) และร้านค้าวัสดุก่อสร้างที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาให้สอดคล้องกับความแตกต่างของระยะเวลาที่เกิดขึ้นจาก payment time delay ของการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวางแผนทางการเงินของผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยการรวมข้อมูลการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการและข้อมูลด้านระยะเวลาเครดิตที่เกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดจ่าย (cash outflows) เพื่อประมาณการจ่ายที่เกิดขึ้นจริงของค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ ในทำนองเดียวกัน ผู้รับเหมาจะต้องเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับ (cash inflows) จากเจ้าของโครงการที่จะต้องพิจารณาข้อมูลของช่วงเวลาการขอเบิกจ่ายและการจ่ายจริงด้วย (Halpin, 1985) ดังนั้นแนวทางการพัฒนาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินจำเป็นต้องคำนึงถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาและการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ซึ่งเรียกว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (payment flows forecasting)

2.5 หลักการทดลอง factorial experiment

การทดลองแฟคทอเรียล (factorial experiment) คือการทดลองที่นิยมใช้ในการออกแบบแผนการทดลอง เนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (interactions) เช่น กรณีที่ศึกษา 3 ปัจจัย คือ A, B และ C ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) ผลกระทบหลัก หรือผลกระทบปัจจัยเดี่ยว (main effects)

คือผลกระทบกรณีที่สนใจพิจารณาปัจจัยเดี่ยว ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัย A ผลกระทบของปัจจัย B และผลกระทบของปัจจัย C

2.) ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (two-factors or 2-ways interactions)

คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยพร้อมกันเป็นคู่ (ครั้งละ 2 ปัจจัย) ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัยร่วม AB, BC และ AC

3) ผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย (three-factors or 3-ways interactions)

คือผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยสามปัจจัยพร้อมกัน ในที่นี้ได้แก่ ผลกระทบร่วม ABC

โดยทั่วไปการทดลองจะให้ความสำคัญแก่การศึกษาผลกระทบหลัก และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัย (two-factors or 2-ways interactions) เท่านั้น เนื่องจากผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยมากจึงไม่นิยมนำมาพิจารณา การทดลองแฟคทอเรียลมีวัตถุประสงค์หลักคือ การสำรวจศึกษาผลกระทบร่วม (interactions) ระหว่างปัจจัย ซึ่งความหมายของผลกระทบร่วมหมายถึงความลัมเหลวของผลต่างของค่าตอบสนอง (Y) ที่จะมีค่าต่างเท่ากัน เมื่อผู้ทดลองทำการเปลี่ยนค่าระดับของปัจจัยที่หนึ่ง (จากระดับที่ 1 ไปสู่ระดับที่ 2 เป็นต้น) ภายใต้แต่ละระดับของปัจจัยที่สอง

		สาร B		
		ไม่เติม		เติม
สาร A	ไม่เติม	10	2 →	12
	เติม	13	2 →	15

(ก)

		สาร B		
		ไม่เติม		เติม
สาร A	ไม่เติม	10	5 →	15
	เติม	15	0 →	15

(ข)

		สาร B		
		ไม่เติม		เติม
สาร A	ไม่เติม	10	0 →	10
	เติม	10	5 →	15

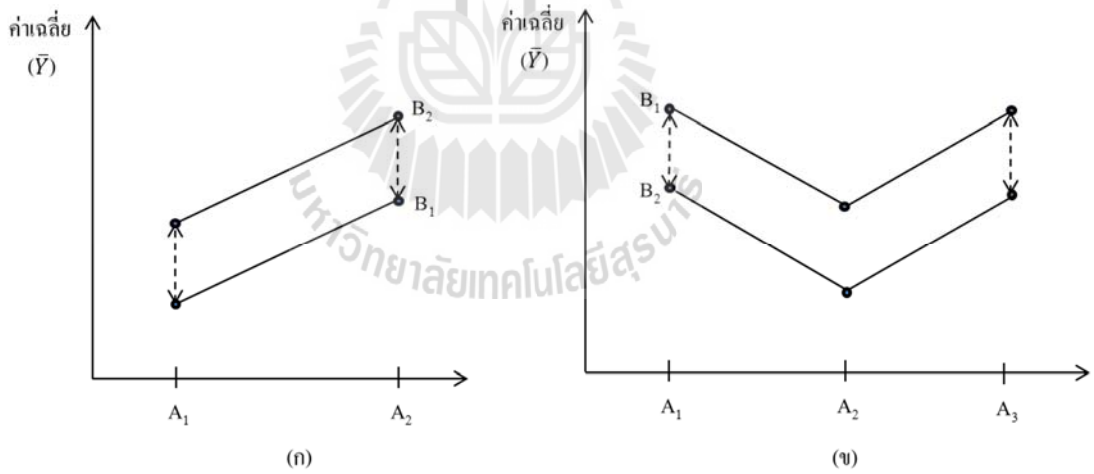
(ค)

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างผลการทดลองในการเติมสาร A และ B เพื่อดูปฏิกิริยาต่อไปนี้ว่า กรณี (ก) (ข) และ (ค) กรณีใดมีผลกระทบร่วมเกิดขึ้น (ประไพศรี, 2551)

จากรูปที่ 2.8 เมื่อพิจารณากรณีทั้งสาม จะพบว่า กรณี (ข) และ (ค) การเปลี่ยนแปลงของค่าตอบสนองภายใต้ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัย A เมื่อเปลี่ยนค่าสภาวะของปัจจัย B จากระดับที่ 1 ไปสู่ระดับที่ 2 มีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นกรณี (ข) และ (ค) แสดงให้เห็นผล,กระทบร่วม

ระหว่างปัจจัย A และปัจจัย B แต่สำหรับกรณี (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าตอบสนองภายใต้ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัย A เมื่อเปลี่ยนค่าสภาวะของปัจจัย B จากระดับที่ 1 ไปสู่ระดับที่ 2 มีค่าคงที่ (เท่ากัน) คือ เท่ากับ 2 ดังนั้นกรณีนี้ในการทดลองจึงไม่ปรากฏว่าเกิดผลกระทบร่วม

การพิจารณาผลกระทบร่วมนั้นอาจจะพิจารณาได้โดยใช้การคำนวณผลต่าง (difference; Δ) ในแนวนอน (horizontal) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8 หรืออาจพิจารณา โดยใช้การคำนวณค่าผลต่างในแนวตั้ง (vertical) ก็ทำได้เช่นกัน จะเห็นแล้วว่า ในกรณีที่ปัจจัย 2 ปัจจัย มีผลกระทบกันนั้นค่าตอบสนอง (Y) จะเปลี่ยนไปสำหรับปัจจัยหนึ่ง ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการทดลอง ณ ระดับของปัจจัยที่เหลือ กล่าวคือ ค่าตอบสนอง Y เมื่อเปลี่ยนค่าของปัจจัย B จากระดับที่ 1 ไปสู่ 2 กรณี (ข) จะเปลี่ยนไปเท่ากับ 5 หรือ 0 นั้น ขึ้นอยู่กับผู้ทดลองทำการทดลองที่ระดับที่ 1 หรือระดับที่ 2 ของปัจจัย A ดังนั้นการพิจารณาผลกระทบร่วมนั้นอาจพิจารณาได้โดยการใช้กราฟที่เรียกว่า “interactions plot” (กราฟผลกระทบร่วม) ถ้าเส้นกราฟขนานกัน (parallel) แสดงว่า ค่าต่างระหว่างเส้นมีค่าเท่ากันหรือคงที่ หมายถึง กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม (no interactions) ระหว่างปัจจัย ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างกราฟ interactions plots กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม (ประไพศรี, 2551)

(ก) ปัจจัย A ศึกษาที่ 2 ระดับ (ข) ปัจจัย A ศึกษาที่ 3 ระดับ

จึงสรุปได้ว่าข้อดีของการทดลองแฟคทอเรียล (factorial experiment) คือ (1) ผู้ทดลองสามารถศึกษาผลกระทบปัจจัยหลัก (main effects) และผลกระทบร่วมของปัจจัยหรืออันตรกิริยาระหว่างปัจจัยได้พร้อมกันในการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในแต่ละกลุ่ม (complete randomized block design; RBD) ซึ่งทำการวิเคราะห์สองปัจจัยแต่ไม่

สามารถพิจารณาผลกระทบร่วมได้ (ii) กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม (อันตรกิริยา) ผู้ทดลองสามารถใช้ผลยืนยันได้ว่าในการทดลองมีแต่ปัจจัยหลัก หรือผลกระทบหลักเท่านั้นที่มีผล เมื่อทดลองครั้งต่อไปจะสามารถใช้ผลยืนยันได้ว่าในการทดลองมีแต่ปัจจัยหลัก หรือผลกระทบหลักเท่านั้นที่มีผล เมื่อทดลองครั้งต่อไปจะสามารถลดจำนวนการทดลองลงโดยใช้วิธีการทดลองเปลี่ยนค่าปัจจัยครั้งละ 1 ปัจจัย (one-factor at a time) ได้ (iii) กรณีที่พบผลกระทบร่วม (interactions) ก็จะทำให้ผู้ทดลองสามารถทราบถึงรูปแบบและอิทธิพลของผลกระทบนั้นเพื่อจะได้แนวทางในการควบคุมให้ได้จุดที่เหมาะสม

การทดลองแฟคทอเรียล แบ่งออกได้เป็น 2 กรณีหลัก คือ การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (full factorial experiment) และการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (fractional factorial experiment) โดยส่วนใหญ่จะศึกษาเฉพาะกรณีศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับ และ 3 ระดับเท่านั้น เนื่องจาก จำนวนการทดลอง (runs : N) แปรผันตามผลคูณของจำนวนระดับปัจจัยทุกปัจจัย หรือเท่ากับผลคูณของระดับปัจจัยทุกปัจจัยคูณกับจำนวนครั้งที่ทำซ้ำ (N = จำนวนวิธีปฏิบัติทั้งหมดที่เป็นไปได้ คูณจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ) ถ้าทำการศึกษา 10 ปัจจัย แต่ละปัจจัยที่ 2 ระดับ จำนวนการทดลอง (ไม่ทำการทดลองซ้ำ) = 2^{10} = 1,024 การทดลอง และเรียกแผนการทดลองกรณีศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับและ 3 ระดับว่า 2^{k} และ 3^{k} การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปการทดลอง 2^{k-p} และ 3^{k-p} การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วนตามลำดับ

การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (full factorial experiment) เป็นการทดลองที่ทำขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบระหว่างปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ($k \geq 2$) โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการศึกษาผลกระทบร่วม (interactions) ผู้ทดลองจะใช้จำนวนระดับของปัจจัยกี่ระดับนั้นขึ้นกับความสำคัญของปัจจัย ปัจจัยที่วิกฤต (critical factor) หรือปัจจัยที่ต้องการศึกษาละเอียดจะใช้จำนวนระดับที่มีค่ามาก (ในการทดลองเดียวกัน ผู้ทดลองไม่จำเป็นจะต้องทำการศึกษาปัจจัยแต่ละปัจจัยที่จำนวนระดับเท่ากัน) ค่าจำนวนระดับที่ระบุจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทดลอง เช่น กรณีศึกษา 2 ปัจจัย (2^{k} full factorial) วัตถุประสงค์ของการทดลองคือ ทำเพื่อคัดปัจจัยออก (screening experiment) หรือทำเพื่อต้องการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear model) ทั้งนี้ก็เช่นเดียวกับที่กล่าวว่า “ มีจุด 2 จุดสร้างสมการเส้นตรงได้” ในกรณีทำการศึกษาปัจจัยตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง หรือโพลิโนเมียลกำลังสองขึ้นไป (กรณีศึกษา 3 ปัจจัยผู้ทดลองสนใจศึกษา quadratic effect หรือ second-order- model)

พิจารณา 2^2 การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป ซึ่งสามารถเขียนสมการตัวแบบได้ดังนี้คือ

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

โดยที่ y_{ijk} คือ ค่าตอบสนอง (response) ของการทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ i ปัจจัย B ที่ระดับที่ j

ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ k ; i = 1,2; j = 1,2; k = 1,2…..,n

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวม (grand mean)

α_i คือ ค่าผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับที่ i

β_j คือ ค่าผลกระทบของปัจจัย B ที่ระดับที่ j

$(\alpha\beta)_{ij}$ คือค่าอันตรกิริยา หรือผลกระทบร่วมของปัจจัย A ที่ระดับที่ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j

ε_{ijk} คือ ค่าความผิดพลาดของการทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j โดยทำการ ทดลองซ้ำครั้งที่ k

รูปแบบการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 2.3 (ประโยชน์ของการทดลองซ้ำ คือ ผู้ทดลองสามารถทำการวิเคราะห์ผลการทดลองแฟคทอเรียลโดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้)

ตารางที่ 2.3 2^2 การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป

ปัจจัย A	**ปัจจัย B**	
	1	**2**
1	Y_{111} Y_{112} : Y_{11n}	Y_{121} Y_{122} : Y_{12n}
2	Y_{211} Y_{212} : Y_{21n}	Y_{221} Y_{222} : Y_{22n}

หมายเหตุ กรณีศึกษามากกว่า 2 ระดับ สามารถขยายขอบเขตตารางได้ i = 1,2,3,…,a และ j = 1,2,3,…,b

โดยที่ a คือ จำนวนระดับสูงสุดของปัจจัย A

และ b คือ จำนวนระดับสูงสุดของปัจจัย B

n คือ จำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ

โดยทั่วไปการทดลองแฟคทอเรียลนิยมเลือกปัจจัยและระดับปัจจัยแบบเจาะจง (fixed effect model) ดังนั้นจึงมีข้อสมมติ (assumptions) เกี่ยวกับค่าผลกระทบหลัก (main effects) และผลกระทบร่วม (interaction effects) ดังนี้ คือ

(i) $\sum_i \alpha_i = 0$

(ii) $\sum_j \beta_j = 0$

(iii) $\sum_i (\alpha\beta)_{ij} = \sum_j (\alpha\beta)_{ij} = 0$

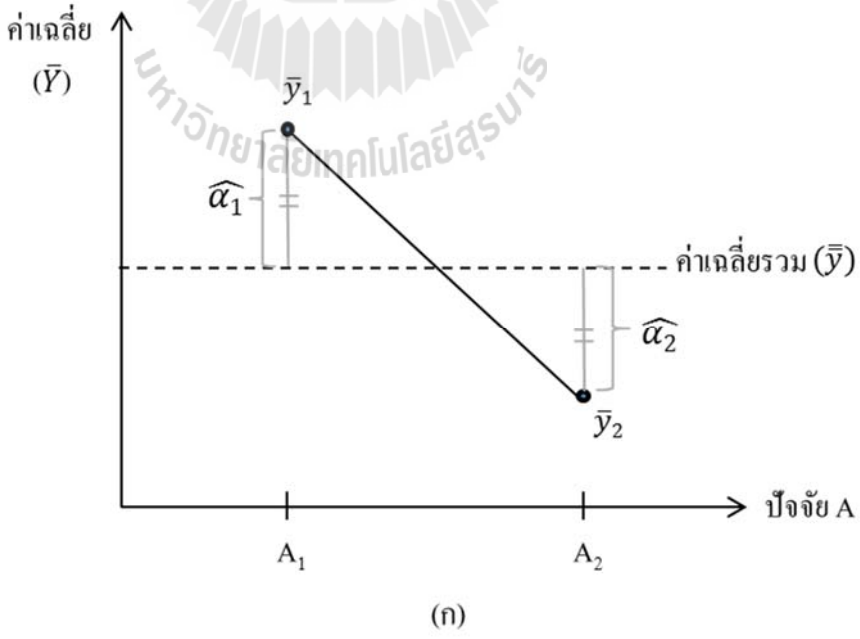
จากสมการตัวแบบดังกล่าวสามารถประมาณค่าผลกระทบหลัก (ผลกระทบปัจจัยเดี่ยว; main effect) และค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) ได้ดังนี้ คือ

$$\bar{\bar{y}} = Grand\ Mean = \hat{\mu}$$

$$= \frac{\sum\sum\sum y_{ijk}}{N} \quad \text{โดยที่ N = abn} \tag{3.1}$$

$\widehat{\alpha_i}$ = ผลกระทบปัจจัย A ที่ระดับที่ i

$$= \bar{y}_i - \bar{\bar{y}} \tag{3.2}$$



รูปที่ 2.10 กราฟผลกระทบของปัจจัย A ที่ระดับที่ 1 และ 2 (main plot of factor A)

$\bar{y}_i$ = ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ i

β_j = ค่าผลกระทบของปัจจัย B ที่ระดับที่ j

$$= \bar{y}_j - \bar{\bar{y}} \tag{3.3}$$

$\bar{y}_j$ = ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย B ที่ระดับที่ i

ส่วนค่าผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย สามารถประมาณได้โดยใช้สมการที่

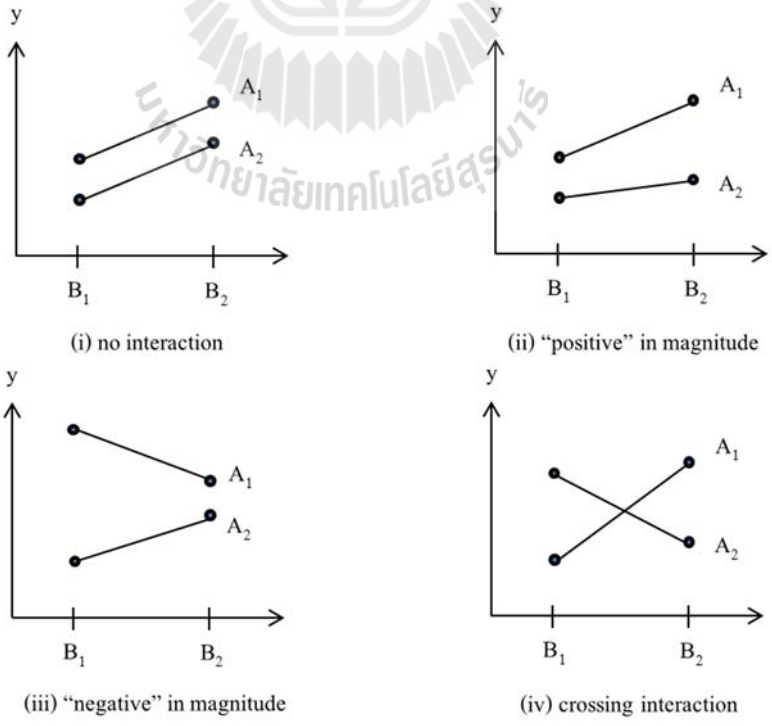
$\widehat{(\alpha\beta)}_{ij}$ = ค่าประมาณผลกระทบร่วมของปัจจัย A ที่ระดับที่ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j

$$= \bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}_j$$

$$= \bar{y}_{ij} - \bar{\bar{y}} - (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}}) - (\bar{y}_j - \bar{\bar{y}})$$

$$= \bar{y}_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{\bar{y}} \tag{3.4}$$

โดยที่ $\bar{y}_{ij}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับ i และปัจจัย B ที่ระดับที่ j



รูปที่ 2.11 กราฟอันตรกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัย (2-factor interaction)

รูปที่ 2.11 แสดงกราฟผลกระทบร่วม (interactions plot) จะเห็นว่าในกรณีที่เส้นกราฟขนานกัน (i) แสดงว่าปัจจัย A และ B ไม่มีผลกระทบร่วมกัน กรณีที่ (ii) เมื่อระดับปัจจัยสูงขึ้น (ค่าปัจจัยมากขึ้น) ค่าความแตกต่าง ณ ระดับของปัจจัยที่เหลือมีค่ามากขึ้น (Δ_A ณ จุด B_2 มีค่ามากกว่า Δ_Aณ จุด B_1) จึงเรียกผลกระทบนี้ว่า “positive interactions” ในกรณีที่ระดับปัจจัยมีค่ามากขึ้นค่าความแตกต่าง ณ ระดับของปัจจัยที่เหลือมีค่าลดลง (iii) ซึ่งจะเรียกการเกิดผลกระทบในลักษณะนี้ว่า “negative interactions” (Δ_A ณ จุด B_1 มีค่ามากกว่า Δ_A ณ จุด B_2) กรณีที่ (iv) กราฟมีลักษณะตัดกันอย่างเห็นได้ชัดเจน (Δ_A ณ จุด B_1 มีเครื่องหมายตรงข้ามกันกับ Δ_A ณ จุด B_2) ซึ่งเรียกว่า “ crossing interactions” ค่าประมาณค่าผลกระทบร่วม 2 ปัจจัย (interactions effects) สามารถประมาณได้ดังนี้ คือ

	A_1	A_2
B_1	a	b
B_2	c	d

Two – Factor Interactions Effects (AB) = Δ_{AB} = $\frac{(a+d)}{2}$ - $\frac{(b+c)}{2}$ (3.5)

a คือ ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ 1 ปัจจัย B ที่ระดับที่ 1

b คือ ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ 2 ปัจจัย B ที่ระดับที่ 1

c คือ ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ 1 ปัจจัย B ที่ระดับที่ 2

d คือ ค่าเฉลี่ยของค่าตอบสนอง ณ การทดลองปัจจัย A ที่ระดับที่ 2 ปัจจัย B ที่ระดับที่ 2

ค่าประมาณผลกระทบปัจจัยหลัก (main effect) = $\overline{y}_{max}$ - $\overline{y}_{min}$ (3.6)

= $|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|$ (3.7)

สมการที่ 3.6 คือ กรณีทั่วไป นั่นคือ ปัจจัยหลัก ศึกษาที่ C ระดับใด ๆ

C = จำนวนระดับปัจจัยหลักที่สนใจ ; c = 2, 3, 4, 5, ...

สมการที่ 3.7 คือ กรณีที่ปัจจัยหลัก (main effect) ทดลองศึกษาที่ 2 ระดับเท่านั้น

$\bar{y}_1$ = ค่าเฉลี่ยค่าตอบสนอง ณ การทดลองที่ปัจจัยหลักศึกษาที่ระดับที่ 1

$\bar{y}_2$ = ค่าเฉลี่ยค่าตอบสนอง ณ การทดลองที่ปัจจัยหลักศึกษาที่ระดับที่ 2

การใช้การคำนวณค่าผลกระทบปัจจัยหลัก (main effects) และค่าผลกระทบร่วมสองปัจจัย (two-factor interactions effects) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนอง (y) ที่ศึกษาในกรณีที่ "ค่าขนาด (magnitude) ของผลกระทบ (Δ) มีค่ามากแสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อค่าตอบสนองมาก" อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงอนุมานด้วยการทดสอบสมมุติฐานในวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถที่จะสร้างความน่าเชื่อถือและความมั่นใจให้แก่ผู้ทดลองมากกว่าการพิจารณาค่าผลกระทบ

ประเภทของกราฟในรูปที่ 2.11 แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ mean plot หรือ main effect plot คือ กราฟค่าเฉลี่ย หรือกราฟผลกระทบหลัก เป็นกราฟที่ใช้แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองในกรณีที่ปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญ (แกนตั้ง : ค่าเฉลี่ย ($\bar{y}$) แกนนอน : ปัจจัยที่สนใจ) โดยจะใช้กราฟนี้ในการพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยหลักนั้น ๆ (main effect) และ interactions plot คือกราฟอันตรกิริยา หรือกราฟผลกระทบร่วม 2 ปัจจัย เป็นกราฟที่ใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนอง (แกนตั้ง : ค่าเฉลี่ย แกนนอน : ปัจจัยที่หนึ่ง และค่า label ในกราฟจะชี้ถึงระดับของปัจจัยที่ 2) และใช้ในการกำหนดจุดที่เหมาะสมสำหรับอันตรกิริยา หรือผลกระทบร่วม 2 ปัจจัยเท่านั้น

การวิเคราะห์โดยการใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีทั่วไปนั้น สามารถทำได้โดยทำการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่ต้องการทดสอบ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

ก) กรณีทดสอบปัจจัยหลัก (test of main factors) รูปทั่วไปของสมมติฐานที่ทดสอบคือ

H_0 : ปัจจัยหลักไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง (y)

H_1 : ปัจจัยหลักมีผลต่อค่าตอบสนอง (y)

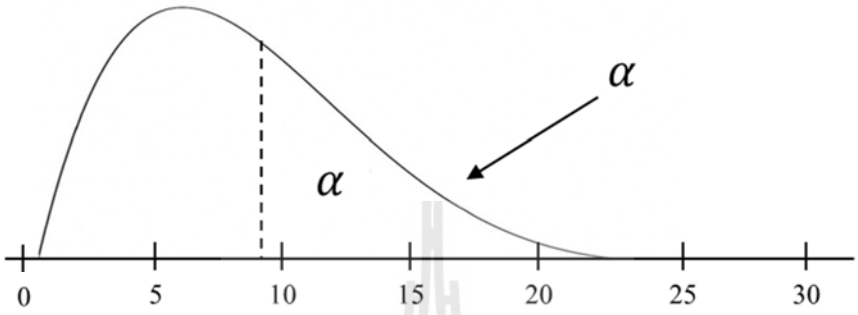
ข) กรณีทดสอบปัจจัยร่วม (test of interaction factors) รูปทั่วไปของสมมติฐานที่ทดสอบ คือ

H_0 : ปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง (y)

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทั้งสองกรณี คือ ค่าสถิติ F

$$F = \frac{MS_{Factor\ or\ Interaction}}{MS_E} \; ; V_{Factor\ or\ Interaction}, V_E$$

การทดสอบเป็นการทดสอบทางเดียวด้านบน บริเวณปฏิเสธ H_0 คือ $F > F_{\alpha,v1,v2}$



$^{f}\alpha, v1, v2$

การตัดสินใจ : ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0) ถ้า $F_0 > {}^{f}\alpha, v1, v2$

รูปที่ 2.12 บริเวณวิกฤตของสมมติฐานหลักสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับกรณีเลือกปัจจัยแบบเจาะจง (fixed effect model) กรณีศึกษา 2 ปัจจัย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับกรณีศึกษา 2 ปัจจัย ที่ a ระดับ i และ b ระดับ j ตามลำดับ โดยทำการทดลองซ้ำ n ครั้ง

แหล่งที่มา (Source)	**องศาเสรี (d.f.)**	**ผลบวกกำลังสอง (SS)**	**ค่าเฉลี่ย SS** $MS = \frac{SS}{d.f.}$	**ค่าสถิติ F**
A	a-1	SS_A	MS_A	$F_A = \frac{MS_A}{MSE}$
B	b-1	SS_B	MS_B	$F_A = \frac{MS_B}{MSE}$
AB	(a-1)(b-1)	SS_{AB}	MS_{AB}	$F_A = \frac{MS_{AB}}{MSE}$
ค่าผิดพลาด	(การลบ)	SS_E	MSE	
ทั้งหมดที่ปรับแล้ว	N-1	SST		

โดยที่ $SST = \sum\sum\sum(y_{ijk} - \bar{y}_{ijk})^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}^2 - \frac{y_{ijk}^2}{abn}$

$SS_A = \sum_{i=1}^{a} \frac{y_i^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn}$

$SS_B = \sum_{j=1}^{b} \frac{y_j^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn}$

$SS_{subtotals} = SS_{in\ each\ i,j}$

$= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \frac{y_{ij}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn}$

$SS_{AB} = SS_{subtotals} - SS_A - SS_B$

$SS_E = SS_T SS_{All} - SS_A - SS_B$

หรือ

$SS_E = SS_T - SS_{subtotals}$

และกำหนดให้

y_i แทนผลรวมของข้อมูลการทดลองที่ระดับ i ของปัจจัย A

y_J แทนผลรวมของข้อมูลการทดลองที่ระดับ j ของปัจจัย B

y_{ij} แทนผลรวมของข้อมูลการทดลองใน ij ใดๆ

$y_{...}$ แทนผลรวมของข้อมูลการทดลองทุกๆ ข้อมูล

และ

$\bar{y}_i$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลองที่ระดับ i ของปัจจัย A

$\bar{y}_j$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลองที่ระดับ j ของปัจจัย B

$\bar{y}_{ij}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลองใน ij ใดๆ

$\bar{y}_{...}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลองทุกๆ ข้อมูล

สามารถเขียนแทนได้โดยรูปคณิตศาสตร์คือ

$y_i = \sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}$; i = 1,2,…,a

$y_j = \sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}$; j = 1,2,…,b

$y_{ij} = \sum_{k=1}^{n} y_{ijk}$; i = 1,2,…,a

; j = 1,2,…,b

$y_{...} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk}$

และ

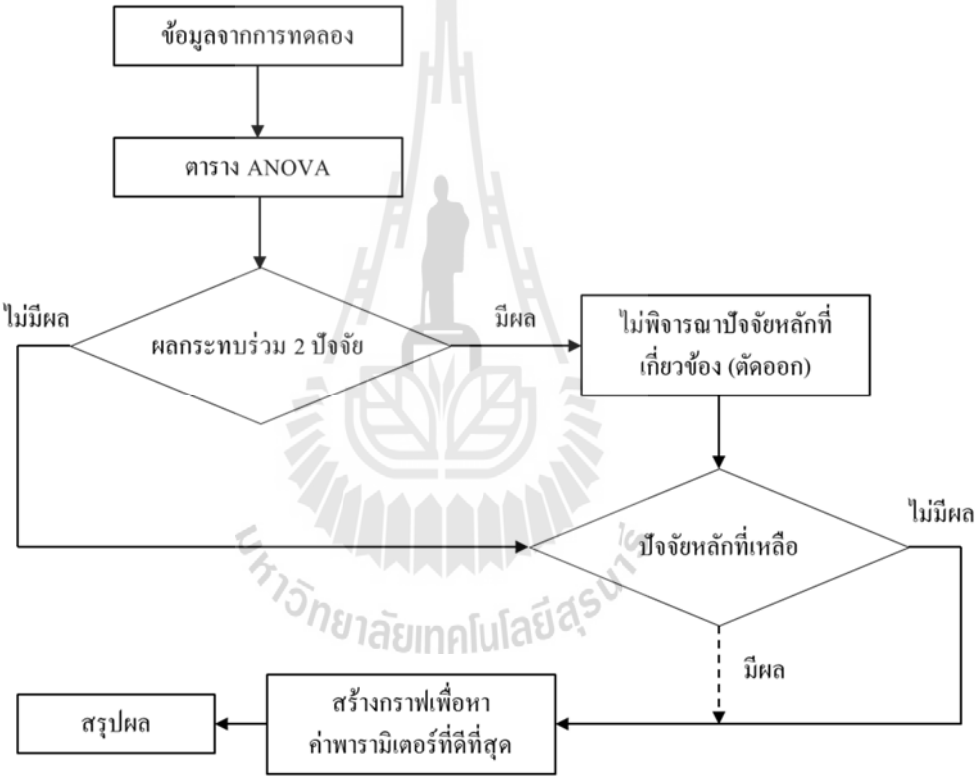
$\bar{y}_i = \frac{y_i}{bn}$; i = 1,2,…,a

$\bar{y}_j = \frac{y_j}{bn}$; j = 1,2,…,b

$\bar{y}_{ij} = \frac{y}{n}$; i = 1,2,…,a

$\bar{y}_{...} = \frac{y}{abn}$; j = 1,2,…,b

ข้อสมมติของการวิเคราะห์คามแปรปรวนที่เกี่ยวข้องกับค่าความผิดพลาด (e_{ijk}) ยังคงต้องทำการตรวจสอบ นั้นคือ การมีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระต่อกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่คือ $\sigma^2[\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)]$



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

2.6 สรุป

ในบทนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยการอธิบายถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการให้สอดคล้องกับการวางแผนด้านการเงิน และการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินและระบุถึงข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงได้ทราบถึงรูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย payment time delay, payment components

และ payment frequency เพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานในการวางแผนการใช้จ่ายเงินมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้เป็นตัวอย่างเบื้องต้นของงานวิจัยที่ได้พยายามแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเงื่อนไขการจ่ายเงินและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้ตารางดำเนินกิจกรรมที่ใช้วิธีการคำนวณจากงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าการประมาณกระแสเงินสดโครงการควรทำให้สอดคล้องกับการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างจริงเพื่อการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่มีประสิทธิภาพโดยการเสนอแนวคิดการประมาณกระแสเงินสดที่พิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เรียกว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงินซึ่งแบ่งเป็นการพิจารณาออกเป็นการประมาณกระแสเงินการจ่ายเงินสดจ่าย การประมาณกระแสการจ่ายเงินสดรับ นอกจากนี้แนวคิดนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างการวางแผนการใช้จ่ายเงินให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและทำให้ความเสี่ยงของการเกิดปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการลดลงได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การวิเคราะห์ผลของปัจจัยการจ่ายเงินด้วยโครงการก่อสร้างจริง

ในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม โดยจะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการจ่ายเงินจากโครงการก่อสร้างจำนวน 2 โครงการ และทำการจำลองรูปแบบการรวมเงื่อนไขการจ่ายเงินจำนวน 8 รูปแบบ เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลัก Payment time delay (T) Payment components (C) และ Payment frequency (F) รวมถึงผลกระทบเนื่องจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการในทุกระดับของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการทดลองแบ่งแต่ละปัจจัยหลักออกเป็นสองระดับปัจจัยคือ การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย T (T, NT) การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย C (C, NC) และการพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย F (F, NF) ผลจากการวิเคราะห์การทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล (Factorial experiment) เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เพื่อนำปัจจัยที่มีผลกระทบไปสร้างแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงินโดยจะอธิบายถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้าง วิธีการดำเนินการทดลอง การวิเคราะห์การทดลอง และสรุปผลการทดลอง

3.1 ปัจจัยของการจ่ายเงิน

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาในบทที่ 2 Chen และคณะ (2005) ได้ตรวจสอบผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุและระบุว่าเงื่อนไขดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการโดยเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวประกอบด้วย

1) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) หมายถึงระยะเวลาระหว่างกำหนดการวางบิล (billing date) และกำหนดการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ (payment date)

2) ส่วนประกอบการจ่ายเงิน (payment components) หมายถึงองค์ประกอบของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินกิจกรรมประกอบด้วยค่าแรงงานและค่าวัสดุ

3) ความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (payment frequency) หมายถึงจำนวนครั้งการวางบิลสำหรับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุที่ผู้รับเหมากำหนดในแต่ละเดือน

โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ทดสอบสมมติฐานของปัจจัยดังกล่าวต่อผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) ของโครงการ และได้สรุปว่าทั้งสามปัจจัย payment time delay payment components และ payment frequency มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ และมีผลต่อความถูกต้องในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการอีกด้วย

อย่างไรก็ตามงานของ Chen และคณะ (2005) ได้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่อปริมาณกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow) เท่านั้น ซึ่งไม่ได้สนใจผลกระทบที่มีต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา (cumulative cash flow) ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณกระแสเงินสดรับ (cash inflow) ด้วย อีกทั้งการประมาณกระแสเงินสดรับในงานวิจัยดังกล่าวใช้กำหนดรับเงินจากเจ้าของโครงการเป็นช่วงเวลาที่แน่นอนและสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายในการคำนวณ ซึ่งไม่ได้เป็นโครงการที่มีรูปแบบการจ่ายเงินตามกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมเป็นงวดงานที่มีกำหนดรับเงินหลังจากดำเนินกิจกรรมเหล่านั้นแล้วเสร็จ ดังนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสามปัจจัยมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่มีรูปแบบการจ่ายเงินตามกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมอย่างไร การทดสอบครั้งนี้จึงได้นำปัจจัยการจ่ายเงินจากงานวิจัย Chen และคณะ (2005) ซึ่งประกอบด้วย payment time lag, payment components และ payment frequency มากำหนดเป็นเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า โดยนำข้อมูลจากการสำรวจโครงการก่อสร้างจริงมาจำลองรูปแบบเพื่อคำนวณปริมาณกระแสเงินสดจ่าย

ส่วนการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการ ซึ่งมีเงื่อนไขหลักคือ ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (receipt time delay) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาระหว่างการเรียกเก็บเงินงวดงาน (invoicing date) และกำหนดการรับเงินงวดงานของผู้รับเหมาหลัก (receipt date) จะไม่นำมาเป็นปัจจัยในการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบครั้งนี้ แต่จะใช้เพื่อคำนวณปริมาณกระแสเงินสดรับ ซึ่งใช้ข้อมูลจากการ

สำรวจโครงการก่อสร้างจริง ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการทดสอบในครั้งนี้เพื่อต้องการทราบผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินสดจ่ายต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่มีรูปแบบการจ่ายเงินเป็นงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลกรณีศึกษา

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในบทนี้คือเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย payment time lag, payment components และ payment frequency มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่มีรูปแบบการจ่ายเงินตามกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมอย่างไร ซึ่งข้อมูลปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสามปัจจัยได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างจริงเพื่อต้องการทราบถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุเป็นอย่างไร และทำการจำลองรูปแบบปัจจัยการจ่ายเงินโดยอาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงเพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อไป ดังนั้นเพื่อต้องการตอบคำถามที่ต้องการทราบวิธีการ (How) งานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามหลักในการทำวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research) ได้แก่ วิธีการสัมภาษณ์เบื้องลึก (in-depth interview) และวิธีการวิเคราะห์เอกสาร (document analysis) และเลือกรูปแบบการศึกษากรณีศึกษาหลายองค์การแบบเจาะลึก (multiple-case embedded designs) โดยกำหนดให้บริษัทผู้รับเหมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ (unit of analysis) และวิเคราะห์เจาะลึกในโครงการของบริษัทผู้รับเหมากรณีศึกษา ส่วนเหตุผลของการเลือกศึกษากรณีศึกษาแบบหลายกรณี (multiple-case designs) ก็เพื่อต้องการเปรียบเทียบทำความเข้าใจรูปแบบร่วมหรือความแตกต่าง และเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งสามารถสร้างความมั่นใจจากข้อมูลที่นำมาใช้ยืนยันกันจากหลายกรณีศึกษา (Yin, 1989)

อย่างไรก็ดียังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนว่าควรรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยมากน้อยเพียงใด Hartley (1994) ได้เสนอแนะวิธีการเลือกองค์การที่ศึกษาโดยตระหนักถึงความสัมพันธ์ส่วนบุคคลที่ผู้วิจัยมีกับองค์การที่ต้องการศึกษาว่ามีส่วนสำคัญยิ่งในการทำวิจัยกรณีศึกษา ซึ่งผู้บริหารขององค์การต้องเห็นความสำคัญของการศึกษาชิ้นนั้นและมีความเต็มใจในการให้ข้อมูลแก่ผู้วิจัย จึงจะทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ทำการศึกษาได้โดยง่าย งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างจำนวน 2 บริษัท ซึ่งมีสมมติฐานในการเลือกคือต้องเป็นบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างทั่วไปที่มีนโยบายการกำหนดการวางบิลและการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงและ

ร้านค้าวัสดุอย่างชัดเจน และโครงการที่เลือกต้องเป็นโครงการที่มีลักษณะของสัญญาแบบเหมารวม (lump-sum contract) และไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า (advance payment) โดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารของบริษัทและการเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องซึ่งมีข้อมูลสังเขปดังนี้

บริษัทแรกคือ ห้างหุ้นส่วน ชาติไพบูลย์คอนสตรัคชั่น จำกัด เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างรับก่อสร้างงานอาคารทั่วไป ประสบการณ์งานรับเหมาก่อสร้างมากกว่า 6 ปี ทั้งงานปรับปรุงอาคาร งานซ่อมแซม รวมถึงงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ทั้งงานราชการและงานเอกชน ซึ่งงานราชการส่วนใหญ่จะเป็นอาคารประเภทอาคารเรียนและอาคารสำนักงานในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานราชการอื่น ๆ ในงานเอกชนส่วนใหญ่จะเป็นรับสร้างบ้านทั่วไปทั้งทาวน์เฮ้าส์ อาคารพาณิชย์ และบ้านเดี่ยว บริษัทเป็นธุรกิจก่อสร้างขนาดกลางมีทุนจดทะเบียน 5 ล้านบาท จำนวนบุคลากรในองค์กรไม่เกิน 10 คน มีการบริหารแบบผู้ถือหุ้น มีสำนักงานใหญ่ (head office) สำหรับบริหารส่วนกลางและดำเนินกิจการของบริษัท เติบโตมาจากบริษัทขนาดเล็กที่รับงานซ่อมแซมเล็ก ๆ น้อย ๆ มูลค่าไม่เกินแสน จนสามารถรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีมูลค่าถึง 100 ล้านภายใน 5 ปีที่ผ่านมา ในขณะทำการเก็บข้อมูลบริษัทมีงานที่กำลังดำเนินการอยู่จำนวน 1 โครงการ ซึ่งเป็นงานก่อสร้างอาคารเรียนมีมูลค่าทั้งสิ้น 95 ล้านบาท อยู่ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้างที่ดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจำนวน 1 โครงการ ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะสัญญาแบบเหมารวม (lump-sum contracts) โดยมีรายละเอียดคือเป็นโครงการก่อสร้างอาคารปฏิบัติการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ซึ่งมีมูลค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 74.9 ล้านบาทระยะเวลาก่อสร้างทั้งสิ้น 610 วันมีกำหนดจ่ายเงินค่าก่อสร้างจำนวน 29 งวด (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

บริษัทที่สองคือ ห้างหุ้นส่วน เอส.พี.โยธากิจ 1988 จำกัด เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างรับก่อสร้างงานอาคารทั่วไป ประสบการณ์งานรับเหมาก่อสร้างมากกว่า 20 ปี ทั้งงานปรับปรุงอาคาร งานซ่อมแซม รวมถึงงานก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ทั้งงานราชการและงานเอกชน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นงานราชการที่เป็นอาคารประเภทอาคารเรียนและอาคารสำนักงานในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานราชการอื่น ๆ บริษัทเป็นธุรกิจก่อสร้างขนาดกลางมีทุนจดทะเบียน 1 ล้านบาท จำนวนบุคลากรในองค์กรไม่เกิน 12 คน มีการบริหารแบบผู้ถือหุ้น มีสำนักงานใหญ่ (head office) สำหรับบริหารส่วนกลางและดำเนินกิจการของบริษัท ในขณะทำการเก็บข้อมูลบริษัทมีงานที่กำลังดำเนินการอยู่จำนวน 2 โครงการ ซึ่งเป็นงานก่อสร้างอาคารเรียนทั้ง 2 โครงการมูลค่างาน 60 ล้านบาท 1 โครงการ และ 140 ล้านบาทอีก 1 โครงการ อยู่ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้างที่ดำเนินการก่อสร้าง

เสร็จเรียบร้อยแล้วจำนวน 1 โครงการ ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะสัญญาแบบเหมารวม (lump-sum contracts) โดยมีรายละเอียดคือ โครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ซึ่งมีมูลค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 58.6 ล้านบาท ระยะเวลาก่อสร้างทั้งสิ้น 540 วัน มีกำหนดจ่ายเงินค่าก่อสร้างจำนวน 15 งวด (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้แบบแบบฟอร์มเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ซึ่งประกอบด้วย รายชื่อและจำนวนของผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ กำหนดการวางบิลของผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุในแต่ละเดือน (billing date) ระยะเวลาระหว่างการวางบิลและการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ (payment time delay) ซึ่งแยกเป็นค่าแรงงานและค่าวัสดุ และการแบ่งสัดส่วนการจ่ายเงินเป็นค่าแรงงานและค่าวัสดุ (payment components) จากการสัมภาษณ์และรวบรวมเอกสารสามารถสรุปรายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 1 และ 2 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 สามารถสังเกตได้ว่าทั้งสองโครงการมีข้อกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุสอดคล้องกับรูปแบบทั่วไปของเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (Chen, 2002) (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 2.1 ในบทที่ 2) ตัวอย่างเช่น โครงการที่ 1 การจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมางานดิน งานเข็ม งานไฟฟ้า จะสอดคล้องกับรูปแบบที่ 1 คือ ผู้รับเหมาช่วงรับผิดชอบทั้งค่าแรงงานและวัสดุ และยอมให้ผู้รับเหมาช่วงวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน ส่วนการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงที่เหลือจะสอดคล้องกับรูปแบบที่ 2 คือผู้รับเหมาช่วงรับผิดชอบเฉพาะค่าแรงงาน และยอมให้ผู้รับเหมาช่วงวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน นอกจากนี้การจ่ายเงินให้กับร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 1 โดยส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับรูปแบบที่ 3 คือ การจ่ายค่าวัสดุโดยตรงกับร้านค้าวัสดุ และยอมให้ร้านค้าวัสดุวางบิลได้เพียงเดือนละครั้งเท่านั้น ยกเว้นร้านค้าวัสดุที่ 5 ของโครงการที่ 1 ที่ยอมให้ร้านค้าวัสดุวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน ซึ่งระยะเวลาการจ่ายเงินหลังจากการวางบิลของโครงการที่ 1 ยังสอดคล้องกันกับรูปแบบทั่วไป คือ 5 วันสำหรับค่าแรงงาน และ 30-60 วันสำหรับค่าวัสดุ ในทำนองเดียวกันกับโครงการที่ 2 ดังตารางที่ 3.2 การจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก็สอดคล้องกับรูปแบบทั่วไปคล้ายกับในโครงการที่ 1 แต่จะแตกต่างกันของกำหนดการวางบิลและระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการวางบิล อย่างไรก็ตามทั้งสองโครงการมีเงื่อนไขการจ่ายเงิน

ให้กับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบทั้งค่าแรงและค่าวัสดุเหมือนกันคือการจ่ายเงินโดยไม่แยกส่วนประกอบของการจ่ายเงินสำหรับค่าแรงและวัสดุ

ส่วนของข้อมูลเกี่ยวกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักหรือการเบิกจ่ายเงินงวดงานนั้น จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าเจ้าของโครงการจะจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาหลักหลังจากได้ดำเนินการก่อสร้างตามรายละเอียดที่ระบุในแต่ละงวดงานแล้วเสร็จตามจำนวนเงินที่ระบุไว้ในสัญญา โดยไม่มีการกำหนดระยะเวลาการจ่ายเงินหลังจากการวางบิลที่ชัดเจน ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดจำนวนเงินงวดงาน ซึ่งประกอบด้วย 29 งวดงาน และ 15 งวดงาน รวมถึงระยะเวลาการจ่ายเงินจริงจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักหลังจากการวางบิล (การส่งงวดงาน) ของโครงการที่ 1 และ 2 จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวดงานในแต่ละงวดของทั้งสองโครงการมีความไม่แน่นอน เช่น ในโครงการที่ 1 บางงวดงานผู้รับเหมาหลักได้รับการจ่ายเงินงวดเพียง 2 วันหลังจากวันส่งงวด แต่ในบางงวดงานต้องใช้ระยะเวลานานถึง 22 วันหลังจากวันส่งงวด เป็นต้น ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นนี้อาจส่งผลให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักเกิดความผิดพลาดได้และอาจก่อให้เกิดสภาวะการขาดสภาพคล่องในที่สุด ดังนั้นการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนและเงื่อนไขของการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักด้วยเช่นกัน

3.3 การทดสอบสมมติฐาน

จากหัวข้อที่ผ่านมาได้ทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเงื่อนไขการจ่ายเงินจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างจำนวน 2 โครงการ ในหัวข้อนี้จะนำข้อมูลดังกล่าวมาจำลองรูปแบบการประมาณกระแสเงินสดโครงการในรูปแบบการรวมกันของปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เป็นไปได้ ในรูปแบบการรวมปัจจัยที่แตกต่างกันเพื่อระบุถึงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสเงินสดสะสม

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 1

ลำดับ	ผู้รับเหมาช่วง/ร้านค้าวัสดุ	รายละเอียดและเงื่อนไข		
		รอบการวางบิล	**ระยะเวลาการจ่ายเงิน**	**ส่วนประกอบการจ่าย**
1	ผู้รับเหมาช่วงงานดิน	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
2	ผู้รับเหมาช่วงงานเสาเข็ม	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
3	ผู้รับเหมาช่วงงานโครงสร้าง	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
4	ผู้รับเหมาช่วงงานเชื่อม	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
5	ผู้รับเหมาช่วงงานหลังคา	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
6	ผู้รับเหมาช่วงงานก่อฉาบ	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
7	ผู้รับเหมาช่วงงานไฟฟ้า	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
8	ผู้รับเหมาช่วงงานกระเบื้อง	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผู้รับเหมาช่วง/ ร้านค้าวัสดุ	รายละเอียดและเงื่อนไข		
		รอบการวางบิล	**ระยะเวลาการจ่ายเงิน**	**ส่วนประกอบการจ่าย**
9	ผู้รับเหมาช่วงงานสุขาภิบาล	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
10	ผู้รับเหมาช่วงงานฝ้าเพดาน	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
11	ผู้รับเหมาช่วงงานสี	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
12	ผู้รับเหมาช่วงงานกระจก อลูมิเนียม	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
13	ร้านค้าวัสดุ 1	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 30 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
14	ร้านค้าวัสดุ 2	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 30 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
15	ร้านค้าวัสดุ 3	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 60 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
16	ร้านค้าวัสดุ 4	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 60 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
17	ร้านค้าวัสดุ 5	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 60 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 2

ลำดับ	ผู้รับเหมาช่วง/ ร้านค้าวัสดุ	รายละเอียดและเงื่อนไข		
		รอบการวางบิล	ระยะเวลาการจ่ายเงิน	ส่วนประกอบการจ่าย
1	ผู้รับเหมาช่วงงานดิน	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
2	ผู้รับเหมาช่วงงานเสาเข็ม	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
3	ผู้รับเหมาช่วงงานโครงสร้าง	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
4	ผู้รับเหมาช่วงงานเชื่อม	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
5	ผู้รับเหมาช่วงงานหลังคา	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 7 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
6	ผู้รับเหมาช่วงงานก่อฉาบ	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%
7	ผู้รับเหมาช่วงงานไฟฟ้า	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 15 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
8	ผู้รับเหมาช่วงงานกระเบื้อง	วันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน ให้หลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่าแรงงาน 100%

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดและเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุของโครงการที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ผู้รับเหมาช่วง/ ร้านค้าวัสดุ	รายละเอียดและเงื่อนไข		
		รอบการวางบิล	ระยะเวลาการจ่ายเงิน	ส่วนประกอบการจ่าย
9	ผู้รับเหมาช่วงงานสุขาภิบาล	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 7 วัน	จ่ายค่าแรงงาน ให้ 100%
10	ผู้รับเหมาช่วงงานฝ้าเพดาน	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 7 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
11	ผู้รับเหมาช่วงงานสี	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 7 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
12	ผู้รับเหมาช่วงงานกระจก อลูมิเนียม	วันที่ 30 ของทุกเดือน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 7 วัน	จ่ายค่าแรงงาน และค่าวัสดุให้ 100%
13	ผู้รับเหมาช่วงงานลิฟต์	ไม่ระบุ (วันสั่งของ และวันติดตั้งเสร็จ)	จ่ายค่าวัสดุพร้อมติดตั้งส่วนที่เหลือหลังจากวางบิล 5 วัน	จ่ายค่ามัดจำ 80% และที่เหลือ 20%
14	ร้านค้าวัสดุ 1	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 40 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
15	ร้านค้าวัสดุ 2	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 25 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
16	ร้านค้าวัสดุ 3	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 25 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
17	ร้านค้าวัสดุ 4	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 40 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
18	ร้านค้าวัสดุ 5	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 40 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%
19	ร้านค้าวัสดุ 6	วันที่ 5 ของทุกเดือน	จ่ายค่าวัสดุให้หลังจากวางบิล 25 วัน	จ่ายค่าวัสดุ 100%

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดจำนวนเงินงวดงานและระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานหลังจากการวางบิลของโครงการที่ 1 และ 2

งวดงานที่	โครงการที่ 1		โครงการที่ 2	
	จำนวนเงิน (บาท)	ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวด (วัน)	จำนวนเงิน (บาท)	ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวด (วัน)
1	2,247,000.00	15	2,344,000.00	10
2	2,996,000.00	19	1,758,000.00	19
3	3,745,000.00	20	1,172,000.00	14
4	2,996,000.00	7	2,930,000.00	5
5	2,996,000.00	8	2,930,000.00	6
6	3,745,000.00	2	2,930,000.00	13
7	3,745,000.00	7	3,516,000.00	9
8	4,494,000.00	9	4,688,000.00	8
9	4,494,000.00	14	4,688,000.00	14
10	2,247,000.00	6	5,860,000.00	22
11	2,247,000.00	6	5,274,000.00	29
12	2,247,000.00	8	5,274,000.00	6
13	2,247,000.00	20	5,860,000.00	14
14	2,247,000.00	11	3,516,000.00	10
15	2,247,000.00	2	5,860,000.00	12
16	1,872,500.00	8	-	-
17	1,872,500.00	2	-	-
18	2,247,000.00	8	-	-
19	2,247,000.00	2	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดจำนวนเงินงวดงานและระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานหลังจากการวางบิล ของโครงการที่ 1 และ 2 (ต่อ)

งวดงานที่	โครงการที่ 1		โครงการที่ 2	
	จำนวนเงิน (บาท)	ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวด (วัน)	จำนวนเงิน (บาท)	ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวด (วัน)
20	1,872,500.00	9	-	-
21	1,872,500.00	11	-	-
22	2,247,000.00	9	-	-
23	2,247,000.00	2	-	-
24	2,247,000.00	11	-	-
25	2,247,000.00	11	-	-
26	2,247,000.00	2	-	-
27	2,247,000.00	22	-	-
28	2,247,000.00	22	-	-
29	2,247,000.00	15	-	-

ในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี factorial experiment เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยเริ่มจากข้อสมมติฐานการทดสอบความถูกต้องของการประมาณต้นทุนโครงการ และต่อด้วยการจำลองรูปแบบการรวมปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงิน

3.3.1 ข้อสมมติฐานการทดสอบ

ในการทดสอบสมมติฐานในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลกระทบที่เกิดจาก 3 ปัจจัยที่มีค่าแตกต่างกันใน 2 ระดับ โดยแบ่งเป็นการทดสอบปัจจัยหลัก (test of main factors) มีสมมติฐานที่ทดสอบคือ ปัจจัยหลักได้แก่ Payment time delay (T) Payment components (C) และ Payment frequency (F) ไม่มีผลกระทบต่อค่าตอบสนองปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันในทุกระดับปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญ (H_0) และการทดสอบปัจจัยร่วม (test of interaction factors) มีสมมติฐานที่ทดสอบ คือ ปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ปัจจัยร่วมระหว่าง

ปัจจัย T และ F ปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย C และ F และปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย T, C และ F ไม่มีผลกระทบต่อค่าตอบสนองปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันในทุกระดับปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญ (H_0)

3.3.2 การจำลองรูปแบบการรวมปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงิน

ปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงินที่มีผลต่อความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดโครงการประกอบด้วย 3 ปัจจัย (Chen, 2005) คือ payment time delay (T) payment components (C) และ payment frequency (F) ในงานวิจัยนี้ได้จำลองรูปแบบการรวมกันของปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เป็นไปได้ประกอบด้วย 8 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย T (T, NT) รูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย C (C, NC) และรูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย F (F, NF) โดยกำหนดส่วนเงื่อนไขการจ่ายเงินของปัจจัยให้กับทุกกิจกรรมในแผนงานก่อสร้างแบบสม่ำเสมอ คือ ปัจจัย T ที่กำหนดระยะเวลาการจ่ายเงินหลังจากการวางบิล 5 วันสำหรับค่าแรงงานและ 30 วันสำหรับค่าวัสดุ ปัจจัย C ที่กำหนดให้จ่ายแยกเป็นสองส่วนคือค่าแรงงานและค่าวัสดุ และปัจจัย F ที่กำหนดให้วางบิลสองครั้งต่อเดือนในทุกกิจกรรมคือ กำหนดวางบิลครั้งที่ 1 ในวันที่ 1 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 15 ของทุกเดือน รายละเอียดของการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินในแต่ละรูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ส่วนเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักในการจำลองรูปแบบการรวมปัจจัยจะกำหนดให้วันส่งงวดงานคือวันสิ้นสุดของกิจกรรมสุดท้ายในแต่ละงวดงาน และกำหนดให้ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการส่งงวดงานที่ 10 วันสำหรับโครงการที่ 1 และ 13 วันสำหรับโครงการที่ 2 กับทุกการจำลองรูปแบบ ทั้งนี้ระยะเวลาดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยซึ่งคำนวณจากข้อมูลของโครงการในตารางที่ 3.3 นอกจากนี้ในการจำลองรูปแบบได้กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้รูปแบบเงินเบิกเกินบัญชี (bank overdraft) ที่ร้อยละ 12 ต่อปี รวมถึงไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า (advance payment) และไม่มีการหักเงินประกันผลงาน (retainage)

ตารางที่ 3.4 การกำหนดเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงินในการจำลองรูปแบบ

รูปแบบการรวมปัจจัย	Payment Time delay, T	Payment Components, C	Payment Frequency, F
T, C, F	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 15 และ 30 ของเดือน
T, C, NF	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 30 ของเดือน
T, NC, F	ค่าแรงและค่าวัสดุ 5 วัน	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 15 และ 30 ของเดือน
T, NC, NF	ค่าแรงและค่าวัสดุ 5 วัน	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 30 ของเดือน
NT, C, F	จ่ายให้วันวางบิล	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 15 และ 30 ของเดือน
NT, C, NF	จ่ายให้วันวางบิล	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 30 ของเดือน
NT, NC, F	จ่ายให้วันวางบิล	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 15 และ 30 ของเดือน
NT, NC, NF	จ่ายให้วันวางบิล	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 30 ของเดือน

เมื่อได้ข้อมูลด้านการกำหนดรูปแบบปัจจัยจากโครงการก่อสร้างกรณีศึกษาแล้ว งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองรูปแบบการประมาณกระแสเงินสดโครงการในรูปแบบการรวมกันของปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยการประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาตามเงื่อนไขการจ่ายเงินของแต่ละรูปแบบ ซึ่งคำนวณจากสมการที่ถูกนำเสนอโดย Au และ Hendrickson (1986) ดังแสดงในหัวข้อที่ 2.3.1 ในบทที่ผ่านมาตารางที่ 3.4 ถึง 3.11 แสดงผลการคำนวณกระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน (T, C, F), (T, C, NF), (T, NC, F), (T, NC, NF), (NT, C, F), (NT, C, NF), NT, NC, F) และ (NT, NC, NF) ของโครงการที่ 1 ตามลำดับ และตารางที่ 3.12 ถึง 3.19 แสดงผลการคำนวณกระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยทั้ง 8 รูปแบบ ของโครงการที่ 2 ตามลำดับเช่นเดียวกับโครงการที่ 1 โดยข้อมูลในตารางของทั้งสองโครงการจะแสดงปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา (เดือน) ซึ่งจะเห็นได้ในคอลัมน์ที่ 3 นอกจากนี้ตัวเลขในวงเล็บที่แสดงในตารางของทั้งสองโครงการหมายถึงกระแสเงินสดที่เป็นลบ และตัวเลขที่ไม่มีวงเล็บหมายถึงกระแสเงินสดที่เป็นบวก

ตารางที่ 3.5 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, F ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	-
กรกฎาคม	2550	(338,961.07)
สิงหาคม	2550	(3,086,934.23)
กันยายน	2550	(888,863.03)
ตุลาคม	2550	(4,097,143.73)
พฤศจิกายน	2550	(3,793,366.90)
ธันวาคม	2550	(1,580,711.36)
มกราคม	2551	(832,906.72)
กุมภาพันธ์	2551	(4,076,562.02)
มีนาคม	2551	(4,551,242.32)
เมษายน	2551	(7,471,068.63)
พฤษภาคม	2551	(7,560,093.17)
มิถุนายน	2551	(8,383,111.35)
กรกฎาคม	2551	(8,385,295.49)
สิงหาคม	2551	(5,911,353.08)
กันยายน	2551	(3,813,490.85)
ตุลาคม	2551	(1,000,172.84)
พฤศจิกายน	2551	(1,954,116.80)
ธันวาคม	2551	(344,277.81)
มกราคม	2552	(2,006,591.79)
กุมภาพันธ์	2552	(1,407,962.48)
มีนาคม	2552	2,832,014.17

ตารางที่ 3.6 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, NF ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	-
กรกฎาคม	2550	(85,812.93)
สิงหาคม	2550	(2,603,850.34)
กันยายน	2550	(496,597.82)
ตุลาคม	2550	(3,544,347.28)
พฤศจิกายน	2550	(3,174,655.86)
ธันวาคม	2550	(1,026,360.01)
มกราคม	2551	(409,956.42)
กุมภาพันธ์	2551	(3,489,019.31)
มีนาคม	2551	(3,435,763.07)
เมษายน	2551	(6,371,732.59)
พฤษภาคม	2551	(7,081,261.46)
มิถุนายน	2551	(7,560,321.68)
กรกฎาคม	2551	(7,127,745.95)
สิงหาคม	2551	(4,925,782.85)
กันยายน	2551	(4,458,696.82)
ตุลาคม	2551	(1,722,074.12)
พฤศจิกายน	2551	(2,811,956.48)
ธันวาคม	2551	(1,214,203.02)
มกราคม	2552	(2,207,830.44)
กุมภาพันธ์	2552	(2,095,653.18)
มีนาคม	2552	1,864,684.32

ตารางที่ 3.7 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, F ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	(85,812.93)
กรกฎาคม	2550	(2,517,179.28)
สิงหาคม	2550	(5,678,098.56)
กันยายน	2550	(3,482,233.02)
ตุลาคม	2550	(6,892,363.93)
พฤศจิกายน	2550	(7,022,541.72)
ธันวาคม	2550	(4,169,443.55)
มกราคม	2551	(3,503,651.31)
กุมภาพันธ์	2551	(7,230,431.58)
มีนาคม	2551	(10,950,255.42)
เมษายน	2551	(13,971,346.84)
พฤษภาคม	2551	(11,871,592.91)
มิถุนายน	2551	(13,751,599.89)
กรกฎาคม	2551	(13,870,487.80)
สิงหาคม	2551	(9,768,254.49)
กันยายน	2551	(1,791,394.84)
ตุลาคม	2551	1,635,280.16
พฤศจิกายน	2551	994,885.16
ธันวาคม	2551	2,265,282.78
มกราคม	2552	(2,288,165.81)
กุมภาพันธ์	2552	1,842,943.69
มีนาคม	2552	6,336,943.69

ตารางที่ 3.8 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, NF ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	(85,812.93)
กรกฎาคม	2550	(2,517,179.28)
สิงหาคม	2550	(5,678,098.56)
กันยายน	2550	(3,482,233.02)
ตุลาคม	2550	(6,892,363.93)
พฤศจิกายน	2550	(7,022,541.72)
ธันวาคม	2550	(4,169,443.55)
มกราคม	2551	(3,503,651.31)
กุมภาพันธ์	2551	(7,230,431.58)
มีนาคม	2551	(10,950,255.42)
เมษายน	2551	(13,971,346.84)
พฤษภาคม	2551	(11,871,592.91)
มิถุนายน	2551	(13,751,599.89)
กรกฎาคม	2551	(13,870,487.80)
สิงหาคม	2551	(9,768,254.49)
กันยายน	2551	(1,791,394.84)
ตุลาคม	2551	1,635,280.16
พฤศจิกายน	2551	994,885.16
ธันวาคม	2551	2,265,282.78
มกราคม	2552	(2,116,539.95)
กุมภาพันธ์	2552	1,843,797.55
มีนาคม	2552	6,337,797.55

ตารางที่ 3.9 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, F ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	-
กรกฎาคม	2550	(929,640.08)
สิงหาคม	2550	(4,214,129.97)
กันยายน	2550	(1,804,148.51)
ตุลาคม	2550	(5,387,002.13)
พฤศจิกายน	2550	(5,241,707.90)
ธันวาคม	2550	(2,878,879.73)
มกราคม	2551	(1,824,472.64)
กุมภาพันธ์	2551	(5,452,223.73)
มีนาคม	2551	(7,164,776.14)
เมษายน	2551	(10,071,734.61)
พฤษภาคม	2551	(8,721,887.45)
มิถุนายน	2551	(10,347,919.42)
กรกฎาคม	2551	(11,364,992.92)
สิงหาคม	2551	(8,283,947.04)
กันยายน	2551	(2,327,184.73)
ตุลาคม	2551	672,560.27
พฤศจิกายน	2551	32,165.27
ธันวาคม	2551	1,660,116.77
มกราคม	2552	(1,579,321.34)
กุมภาพันธ์	2552	566,563.66
มีนาคม	2552	5,060,563.66

ตารางที่ 3.10 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, NF ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	-
กรกฎาคม	2550	(85,812.93)
สิงหาคม	2550	(2,603,850.34)
กันยายน	2550	(496,597.82)
ตุลาคม	2550	(3,544,347.28)
พฤศจิกายน	2550	(3,174,655.86)
ธันวาคม	2550	(1,026,360.01)
มกราคม	2551	(409,956.42)
กุมภาพันธ์	2551	(3,489,019.31)
มีนาคม	2551	(3,435,763.07)
เมษายน	2551	(6,371,732.59)
พฤษภาคม	2551	(7,081,261.46)
มิถุนายน	2551	(7,560,321.68)
กรกฎาคม	2551	(7,127,745.95)
สิงหาคม	2551	(4,925,782.85)
กันยายน	2551	(4,458,696.82)
ตุลาคม	2551	(1,722,074.12)
พฤศจิกายน	2551	(2,811,956.48)
ธันวาคม	2551	(1,214,203.02)
มกราคม	2552	(2,207,830.44)
กุมภาพันธ์	2552	(2,267,279.04)
มีนาคม	2552	1,863,830.46

ตารางที่ 3.11 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, F ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	(85,812.93)
กรกฎาคม	2550	(2,517,179.28)
สิงหาคม	2550	(5,678,098.56)
กันยายน	2550	(3,482,233.02)
ตุลาคม	2550	(6,892,363.93)
พฤศจิกายน	2550	(7,022,541.72)
ธันวาคม	2550	(4,169,443.55)
มกราคม	2551	(3,503,651.31)
กุมภาพันธ์	2551	(7,230,431.58)
มีนาคม	2551	(10,950,255.42)
เมษายน	2551	(13,971,346.84)
พฤษภาคม	2551	(11,871,592.91)
มิถุนายน	2551	(13,751,599.89)
กรกฎาคม	2551	(13,870,487.80)
สิงหาคม	2551	(9,768,254.49)
กันยายน	2551	(1,791,394.84)
ตุลาคม	2551	1,635,280.16
พฤศจิกายน	2551	994,885.16
ธันวาคม	2551	2,265,282.78
มกราคม	2552	(2,288,165.81)
กุมภาพันธ์	2552	1,842,943.69
มีนาคม	2552	6,336,943.69

ตารางที่ 3.12 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, NF ของโครงการที่ 1

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มิถุนายน	2550	(85,812.93)
กรกฎาคม	2550	(2,517,179.28)
สิงหาคม	2550	(5,678,098.56)
กันยายน	2550	(3,482,233.02)
ตุลาคม	2550	(6,892,363.93)
พฤศจิกายน	2550	(7,022,541.72)
ธันวาคม	2550	(4,169,443.55)
มกราคม	2551	(3,503,651.31)
กุมภาพันธ์	2551	(7,230,431.58)
มีนาคม	2551	(10,950,255.42)
เมษายน	2551	(13,971,346.84)
พฤษภาคม	2551	(11,871,592.91)
มิถุนายน	2551	(13,751,599.89)
กรกฎาคม	2551	(13,870,487.80)
สิงหาคม	2551	(9,768,254.49)
กันยายน	2551	(1,791,394.84)
ตุลาคม	2551	1,635,280.16
พฤศจิกายน	2551	994,885.16
ธันวาคม	2551	2,265,282.78
มกราคม	2552	(2,116,539.95)
กุมภาพันธ์	2552	1,843,797.55
มีนาคม	2552	6,337,797.55

ตารางที่ 3.13 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, F ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	-
เมษายน	2552	(158,893.31)
พฤษภาคม	2552	(1,179,637.39)
มิถุนายน	2552	(2,886,612.82)
กรกฎาคม	2552	(1,739,067.42)
สิงหาคม	2552	(972,975.72)
กันยายน	2552	(1,609,114.50)
ตุลาคม	2552	(3,204,627.56)
พฤศจิกายน	2552	(1,928,969.13)
ธันวาคม	2552	(4,349,078.81)
มกราคม	2553	(4,695,999.36)
กุมภาพันธ์	2553	(5,778,100.27)
มีนาคม	2553	(12,208,941.32)
เมษายน	2553	(7,633,598.46)
พฤษภาคม	2553	(7,843,204.30)
มิถุนายน	2553	(12,769,421.00)
กรกฎาคม	2553	(100,262.73)
สิงหาคม	2553	(2,095,935.94)
กันยายน	2553	(3,317,178.64)
ตุลาคม	2553	(3,478,432.19)

ตารางที่ 3.14 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, C, NF ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	-
เมษายน	2552	(67,138.02)
พฤษภาคม	2552	(877,941.51)
มิถุนายน	2552	(2,708,958.68)
กรกฎาคม	2552	(1,617,375.44)
สิงหาคม	2552	(664,472.20)
กันยายน	2552	(1,380,169.53)
ตุลาคม	2552	(2,837,438.65)
พฤศจิกายน	2552	(1,736,949.70)
ธันวาคม	2552	(3,835,089.19)
มกราคม	2553	(4,194,493.57)
กุมภาพันธ์	2553	(4,830,706.43)
มีนาคม	2553	(10,949,952.45)
เมษายน	2553	(7,127,530.45)
พฤษภาคม	2553	(7,051,690.46)
มิถุนายน	2553	(12,024,681.53)
กรกฎาคม	2553	196,006.63
สิงหาคม	2553	(1,213,891.79)
กันยายน	2553	(3,199,612.75)
ตุลาคม	2553	(3,397,455.77)

ตารางที่ 3.15 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, F ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	(67,138.02)
เมษายน	2552	(810,132.11)
พฤษภาคม	2552	(2,640,471.19)
มิถุนายน	2552	(3,915,643.07)
กรกฎาคม	2552	(2,392,456.26)
สิงหาคม	2552	(2,528,498.15)
กันยายน	2552	(2,813,530.56)
ตุลาคม	2552	(4,671,176.91)
พฤศจิกายน	2552	(3,839,358.68)
ธันวาคม	2552	(7,158,105.75)
มกราคม	2553	(7,823,954.74)
กุมภาพันธ์	2553	(14,564,993.24)
มีนาคม	2553	(17,881,041.65)
เมษายน	2553	(11,994,136.77)
พฤษภาคม	2553	(12,281,672.30)
มิถุนายน	2553	(16,612,737.42)
กรกฎาคม	2553	(1,616,683.21)
สิงหาคม	2553	(7,134,571.01)
กันยายน	2553	(3,820,603.61)
ตุลาคม	2553	(3,858,809.65)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.16 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, C, NF ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	(67,138.02)
เมษายน	2552	(810,132.11)
พฤษภาคม	2552	(2,640,471.19)
มิถุนายน	2552	(3,915,643.07)
กรกฎาคม	2552	(2,392,456.26)
สิงหาคม	2552	(2,528,498.15)
กันยายน	2552	(2,813,530.56)
ตุลาคม	2552	(4,671,176.91)
พฤศจิกายน	2552	(3,839,358.68)
ธันวาคม	2552	(7,158,105.75)
มกราคม	2553	(7,823,954.74)
กุมภาพันธ์	2553	(14,564,993.24)
มีนาคม	2553	(17,881,041.65)
เมษายน	2553	(11,994,136.77)
พฤษภาคม	2553	(12,281,672.30)
มิถุนายน	2553	(16,612,737.42)
กรกฎาคม	2553	(1,616,683.21)
สิงหาคม	2553	(7,134,571.01)
กันยายน	2553	(3,820,603.61)
ตุลาคม	2553	(3,858,809.65)

ตารางที่ 3.17 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, F ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	-
เมษายน	2552	(372,989.00)
พฤษภาคม	2552	(1,883,594.45)
มิถุนายน	2552	(3,301,139.14)
กรกฎาคม	2552	(2,023,015.38)
สิงหาคม	2552	(1,695,467.43)
กันยายน	2552	(2,151,204.25)
ตุลาคม	2552	(4,069,365.36)
พฤศจิกายน	2552	(2,387,217.55)
ธันวาคม	2552	(5,558,693.03)
มกราคม	2553	(5,876,587.68)
กุมภาพันธ์	2553	(7,999,198.15)
มีนาคม	2553	(15,157,199.39)
เมษายน	2553	(8,825,147.34)
พฤษภาคม	2553	(9,700,900.70)
มิถุนายน	2553	(14,518,085.50)
กรกฎาคม	2553	(753,645.04)
สิงหาคม	2553	(4,120,320.42)
กันยายน	2553	(3,563,823.74)
ตุลาคม	2553	(3,639,425.08)

ตารางที่ 3.18 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน T, NC, NF ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	-
เมษายน	2552	(67,138.02)
พฤษภาคม	2552	(877,941.51)
มิถุนายน	2552	(2,708,958.68)
กรกฎาคม	2552	(1,617,375.44)
สิงหาคม	2552	(664,472.20)
กันยายน	2552	(1,380,169.53)
ตุลาคม	2552	(2,837,438.65)
พฤศจิกายน	2552	(1,736,949.70)
ธันวาคม	2552	(3,835,089.19)
มกราคม	2553	(4,194,493.57)
กุมภาพันธ์	2553	(4,830,706.43)
มีนาคม	2553	(10,949,952.45)
เมษายน	2553	(7,127,530.45)
พฤษภาคม	2553	(7,051,690.46)
มิถุนายน	2553	(12,024,681.53)
กรกฎาคม	2553	196,006.63
สิงหาคม	2553	(1,213,891.79)
กันยายน	2553	(3,199,612.75)
ตุลาคม	2553	(3,397,455.77)

ตารางที่ 3.19 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, F ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	(67,138.02)
เมษายน	2552	(810,132.11)
พฤษภาคม	2552	(2,640,471.19)
มิถุนายน	2552	(3,915,643.07)
กรกฎาคม	2552	(2,392,456.26)
สิงหาคม	2552	(2,528,498.15)
กันยายน	2552	(2,813,530.56)
ตุลาคม	2552	(4,671,176.91)
พฤศจิกายน	2552	(3,839,358.68)
ธันวาคม	2552	(7,158,105.75)
มกราคม	2553	(7,823,954.74)
กุมภาพันธ์	2553	(14,564,993.24)
มีนาคม	2553	(17,881,041.65)
เมษายน	2553	(11,994,136.77)
พฤษภาคม	2553	(12,281,672.30)
มิถุนายน	2553	(16,612,737.42)
กรกฎาคม	2553	(1,616,683.21)
สิงหาคม	2553	(7,134,571.01)
กันยายน	2553	(3,820,603.61)
ตุลาคม	2553	(3,858,809.65)

ตารางที่ 3.20 กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นจากรูปแบบเงื่อนไขการรวมปัจจัยการจ่ายเงิน NT, NC, NF ของโครงการที่ 2

รอบช่วงเวลาปกติ (typical period)		**ปริมาณกระแสเงินสดสะสม (cumulative cash flow)**
มีนาคม	2552	(67,138.02)
เมษายน	2552	(810,132.11)
พฤษภาคม	2552	(2,640,471.19)
มิถุนายน	2552	(3,915,643.07)
กรกฎาคม	2552	(2,392,456.26)
สิงหาคม	2552	(2,528,498.15)
กันยายน	2552	(2,813,530.56)
ตุลาคม	2552	(4,671,176.91)
พฤศจิกายน	2552	(3,839,358.68)
ธันวาคม	2552	(7,158,105.75)
มกราคม	2553	(7,823,954.74)
กุมภาพันธ์	2553	(14,564,993.24)
มีนาคม	2553	(17,881,041.65)
เมษายน	2553	(11,994,136.77)
พฤษภาคม	2553	(12,281,672.30)
มิถุนายน	2553	(16,612,737.42)
กรกฎาคม	2553	(1,616,683.21)
สิงหาคม	2553	(7,134,571.01)
กันยายน	2553	(3,820,603.61)
ตุลาคม	2553	(3,858,809.65)

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล (factorial experiment)

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดลองแฟคทอเรียล (factorial experiment) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Montgomery, 2001) การศึกษาดังกล่าวโดยทั่วไปผู้

ทดลองจะให้ความสำคัญกับการศึกษาผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัยเท่านั้น เนื่องจากผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไปจะมีค่าน้อยมากจึงไม่นิยมนำมาพิจารณา (ประไพศรี, 2551) การออกแบบการทดลองเป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหรือค่าปัจจัยนำเข้าในการทดลองหนึ่งหรือที่เรียกว่าระดับปัจจัย โดยจะต้องกำหนดจำนวนวิธีปฏิบัติ (treatment) ในการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของระดับของทุกปัจจัยในการทดลอง และต้องกำหนดจำนวนครั้งในการทดลองที่มีค่าเท่ากับผลคูณของจำนวนวิธีปฏิบัติกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ (replicates) ด้วย

ในการทดสอบสมมติฐานในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลกระทบที่เกิดจาก 3 ปัจจัยที่มีค่าแตกต่างกันใน 2 ระดับ โดยมีสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลัก ได้แก่ T, C และ F รวมถึงผลกระทบเนื่องจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยไม่มีอิทธิผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันในทุกระดับของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองนี้ได้กำหนดให้กระแสเงินสดสะสมในแต่ละเดือนของโครงการเป็นหน่วยทดลอง และกำหนดวิธีปฏิบัติรวม 8 วิธีตามรูปแบบการรวมปัจจัยในตารางที่ 3.3 โดยกำหนดให้ทดลองซ้ำในทุกเดือนตลอดทั้งโครงการ และทำการสุ่มผลการทดลองจำนวน 16 ค่าจากทุกหน่วยทดลองเพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ รวมการทดลองทั้งสิ้นจำนวน 128 ครั้ง และเพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนในการทดลองจึงได้ออกแบบการทดลองจำนวน 2 แผนการทดลอง รายละเอียดในตารางที่ 3.21 และ ตารางที่ 3.22 แสดงปริมาณกระแสเงินสดสะสมได้จากการสุ่มผลการทดลองจากหน่วยทดลองของแผนการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และได้ทำการทดสอบความสมดุลของข้อมูลของแต่ละแผนการทดลอง โดยการทดสอบ Type I และ Type III ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันทั้งแผนการทดลองที่ 1 และ 2 ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.23 และ 3.24 ตามลำดับ นอกจากนี้การวิเคราะห์ความแปรปรวนได้กำหนดตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลักแทนด้วย T, C และ F และการวิเคราะห์ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C แทนด้วย T*C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F แทนด้วย T*F ปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F แทนด้วย C*F และปัจจัยร่วมทั้งผลกระทบร่วมระหว่าง T, C และ F แทนด้วย T*C*F ดังที่ปรากฏในตารางที่ 3.23 และ 3.24

ตารางที่ 3.21 แผนการทดลองที่ 1 กระแสเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลองของโครงการที่ 1 และ 2

Payment time delay, T		Payment components, C			
		C		NC	
		Payment frequency, F		Payment frequency, F	
		F	NF	F	NF
T	โครงการที่ 1	(3,086,934.23)	(2,603,850.34)	(4,214,129.97)	(2,603,850.34)
		(888,863.03)	(496,597.82)	(1,804,148.51)	(496,597.82)
		(4,097,143.73)	(3,544,347.28)	(5,387,002.13)	(3,544,347.28)
		(4,076,562.02)	(3,489,019.31)	(5,452,223.73)	(3,489,019.31)
		(8,383,111.35)	(7,560,321.68)	(10,347,919.42)	(7,560,321.68)
		(5,911,353.08)	(4,925,782.85)	(8,283,947.04)	(4,925,782.85)
		(1,000,172.84)	(1,722,074.12)	672,560.27	(1,722,074.12)
		2,832,014.17	1,864,684.32	5,060,563.66	1,863,830.46
	โครงการที่ 2	(1,179,637.39)	(877,941.51)	(1,883,594.45)	(877,941.51)
		(1,609,114.50)	(1,380,169.53)	(2,151,204.25)	(1,380,169.53)
		(4,349,078.81)	(3,835,089.19)	(5,558,693.03)	(3,835,089.19)
		(4,695,999.36)	(4,194,493.57)	(5,876,587.68)	(4,194,493.57)
		(5,778,100.27)	(4,830,706.43)	(7,999,198.15)	(4,830,706.43)
		(7,633,598.46)	(7,127,530.45)	(8,825,147.34)	(7,127,530.45)
		(100,262.73)	196,006.63	(753,645.04)	196,006.63
		(3,317,178.64)	(3,199,612.75)	(3,563,823.74)	(3,199,612.75)
NT	โครงการที่ 1	(5,678,098.56)	(5,678,098.56)	(5,678,098.56)	(5,678,098.56)
		(3,482,233.02)	(3,482,233.02)	(3,482,233.02)	(3,482,233.02)
		(6,892,363.93)	(6,892,363.93)	(6,892,363.93)	(6,892,363.93)
		(7,230,431.58)	(7,230,431.58)	(7,230,431.58)	(7,230,431.58)

ตารางที่ 3.21 แผนการทดลองที่ 1 กระแสเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลองของโครงการที่ 1 และ 2 (ต่อ)

Payment time delay, T		Payment components, C			
		C		NC	
		Payment frequency, F		Payment frequency, F	
		F	NF	F	NF
NT	โครงการที่ 1	(13,751,599.89)	(13,751,599.89)	(13,751,599.89)	(13,751,599.89)
		(9,768,254.49)	(9,768,254.49)	(9,768,254.49)	(9,768,254.49)
		1,635,280.16	1,635,280.16	1,635,280.16	1,635,280.16
		6,336,943.69	6,337,797.55	6,336,943.69	6,337,797.55
		(13,751,599.89)	(13,751,599.89)	(13,751,599.89)	(13,751,599.89)
	โครงการที่ 2	(2,640,471.19)	(2,640,471.19)	(2,640,471.19)	(2,640,471.19)
		(2,813,530.56)	(2,813,530.56)	(2,813,530.56)	(2,813,530.56)
		(7,158,105.75)	(7,158,105.75)	(7,158,105.75)	(7,158,105.75)
		(7,823,954.74)	(7,823,954.74)	(7,823,954.74)	(7,823,954.74)
		(14,564,993.24)	(14,564,993.24)	(14,564,993.24)	(14,564,993.24)
		(11,994,136.77)	(11,994,136.77)	(11,994,136.77)	(11,994,136.77)
		(1,616,683.21)	(1,616,683.21)	(1,616,683.21)	(1,616,683.21)
		(3,820,603.61)	(3,820,603.61)	(3,820,603.61)	(3,820,603.61)

ตารางที่ 3.22 แผนการทดลองที่ 2 กระแสเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลองของโครงการที่ 1 และ 2

Payment time delay, T		Payment components, C			
		C		NC	
		Payment frequency, F		Payment frequency, F	
		F	NF	F	NF
T	โครงการที่ 1	(3,793,366.90)	(3,174,655.86)	(5,241,707.90)	(3,174,655.86)
		(1,580,711.36)	(1,026,360.01)	(2,878,879.73)	(1,026,360.01)
		(4,551,242.32)	(3,435,763.07)	(7,164,776.14)	(3,435,763.07)
		(3,813,490.85)	(4,458,696.82)	(2,327,184.73)	(4,458,696.82)
		(344,277.81)	(1,214,203.02)	1,660,116.77	(1,214,203.02)
		(2,006,591.79)	(2,207,830.44)	(1,579,321.34)	(2,207,830.44)
		(1,407,962.48)	(2,095,653.18)	566,563.66	(2,267,279.04)
		2,832,014.17	1,864,684.32	5,060,563.66	1,863,830.46
	โครงการที่ 2	(2,886,612.82)	(2,708,958.68)	(3,301,139.14)	(2,708,958.68)
		(972,975.72)	(664,472.20)	(1,695,467.43)	(664,472.20)
		(1,609,114.50)	(1,380,169.53)	(2,151,204.25)	(1,380,169.53)
		(4,349,078.81)	(3,835,089.19)	(5,558,693.03)	(3,835,089.19)
		(5,778,100.27)	(4,830,706.43)	(7,999,198.15)	(4,830,706.43)
		(12,208,941.32)	(10,949,952.45)	(15,157,199.39)	(10,949,952.45)
		(7,633,598.46)	(7,127,530.45)	(8,825,147.34)	(7,127,530.45)
		(100,262.73)	196,006.63	(753,645.04)	196,006.63
NT	โครงการที่ 1	(7,022,541.72)	(7,022,541.72)	(7,022,541.72)	(7,022,541.72)
		(4,169,443.55)	(4,169,443.55)	(4,169,443.55)	(4,169,443.55)
		(10,950,255.42)	(10,950,255.42)	(10,950,255.42)	(10,950,255.42)
		(1,791,394.84)	(1,791,394.84)	(1,791,394.84)	(1,791,394.84)

ตารางที่ 3.22 แผนการทดลองที่ 2 กระแสเงินสดสะสมจากการสุ่มผลการทดลองจากทุกหน่วยทดลองของโครงการที่ 1 และ 2 (ต่อ)

Payment time delay, T		Payment components, C			
		C		NC	
		Payment frequency, F		Payment frequency, F	
		F	NF	F	NF
NT	โครงการที่ 1	2,265,282.78	2,265,282.78	2,265,282.78	2,265,282.78
		(2,288,165.81)	(2,116,539.95)	(2,288,165.81)	(2,116,539.95)
		1,842,943.69	1,843,797.55	1,842,943.69	1,843,797.55
		6,336,943.69	6,337,797.55	6,336,943.69	6,337,797.55
	โครงการที่ 2	(3,915,643.07)	(3,915,643.07)	(3,915,643.07)	(3,915,643.07)
		(2,528,498.15)	(2,528,498.15)	(2,528,498.15)	(2,528,498.15)
		(2,813,530.56)	(2,813,530.56)	(2,813,530.56)	(2,813,530.56)
		(7,158,105.75)	(7,158,105.75)	(7,158,105.75)	(7,158,105.75)
		(14,564,993.24)	(14,564,993.24)	(14,564,993.24)	(14,564,993.24)
		(17,881,041.65)	(17,881,041.65)	(17,881,041.65)	(17,881,041.65)
		(11,994,136.77)	(11,994,136.77)	(11,994,136.77)	(11,994,136.77)
		(1,616,683.21)	(1,616,683.21)	(1,616,683.21)	(1,616,683.21)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองใช้ค่าสถิติ F value เป็นตัวสถิติในการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) โดยพิจารณาจากค่า $F_{\alpha, df1, df2} = F_{0.05, 1, 120}$ ซึ่งเมื่อเปิดจากตารางค่า F มีค่าเท่ากับ 3.92 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.068 ค่า Sig. เท่ากับ 0.795 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.015 ค่า Sig. เท่ากับ 0.902 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยจากรูปที่ 3.1 แล 3.6 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัย T และ C ในการคำนวณปริมาณกระแสเงิน

สดสะสมในแต่ละช่วงเวลาและมีค่าสูงเมื่อไม่พิจารณาปัจจัย T และ C ในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนี้พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง ณ ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัยไม่เท่ากัน (กราฟไม่ขนานกัน) อย่างไรก็ตามผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C อาจมีอิทธิพลร่วมกันบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.232 ค่า Sig. เท่ากับ 0.631 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.048 ค่า Sig. เท่ากับ 0.827 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยจากรูปที่ 3.2 และ 3.7 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัย T แต่ไม่พิจารณาปัจจัย F ในการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาและมีค่าสูงเมื่อไม่พิจารณาปัจจัย T และ F ในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนี้พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง ณ ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัยไม่เท่ากัน (กราฟไม่ขนานกัน) อย่างไรก็ตามผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F อาจมีอิทธิพลร่วมกันบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.068 ค่า Sig. เท่ากับ 0.795 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.014 ค่า Sig. เท่ากับ 0.906 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยจากรูปที่ 3.3 และ 3.8 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัย C แต่ไม่พิจารณาปัจจัย F และเมื่อไม่พิจารณาปัจจัย C และ F ในการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาและมีค่าสูงเมื่อไม่พิจารณาปัจจัย C แต่พิจารณาปัจจัย F ในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนี้พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง ณ ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัยไม่เท่ากัน (กราฟไม่ขนานกัน)

อย่างไรก็ตามผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F อาจมีอิทธิพลร่วมกันบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T C และ F ได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.068 ค่า Sig. เท่ากับ 0.795 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.014 ค่า Sig. เท่ากับ 0.906 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมระหว่าง T C และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของทั้งสามปัจจัยจากรูปที่ 3.4 3.5 3.9 และ 3.10 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัย T และ C แต่ไม่พิจารณาปัจจัย F และเมื่อพิจารณาปัจจัย T แต่ไม่พิจารณาปัจจัย C และ F ในการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาและมีค่าสูงเมื่อไม่พิจารณาปัจจัยทั้งสามปัจจัยในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนี้พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง ณ ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัยไม่เท่ากัน (กราฟไม่ขนานกัน) ในรูปที่ 3.4 และ 3.9 แต่พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสอง ณ ระดับที่ 1 และ 2 ของปัจจัยเท่ากัน (กราฟขนานกัน) ในรูปที่ 3.5 และ 3.10 อย่างไรก็ตามผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T C และ F อาจมีอิทธิพลร่วมกันบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยข้างต้นไม่ปรากฏการมีผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ จึงต้องพิจารณาผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบของปัจจัยหลัก T ซึ่งได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 8.923 ค่า Sig. เท่ากับ 0.003 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 3.514 ค่า Sig. เท่ากับ 0.063 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F มากกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 สรุปได้ว่า ปัจจัยหลัก T มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบของปัจจัยหลัก C ซึ่งได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.068 ค่า Sig. เท่ากับ 0.795 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.015 ค่า Sig. เท่ากับ 0.902 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ

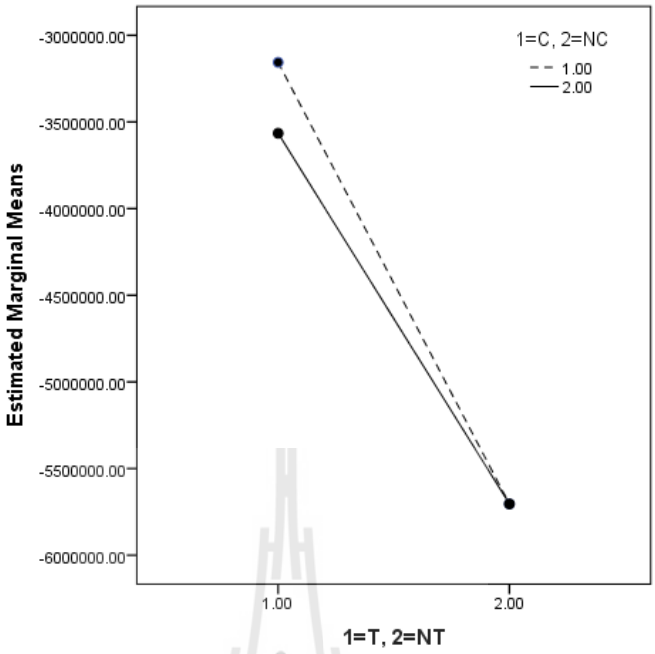
H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยหลัก C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาปัจจัยหลัก F ซึ่งได้ค่าสถิติ F เท่ากับ 0.232 ค่า Sig. เท่ากับ 0.631 จากแผนการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 3.23 และค่าสถิติ F เท่ากับ 0.053 ค่า Sig. เท่ากับ 0.818 จากแผนการทดลองที่ 2 ในตารางที่ 3.24 ซึ่งทั้งสองแผนการทดลองมีค่าสถิติ F น้อยกว่า 3.92 และค่า Sig. มีค่ามากว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ปัจจัยหลัก F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน

ตารางที่ 3.23 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลแผนการทดลองที่ 1 Type I และ III

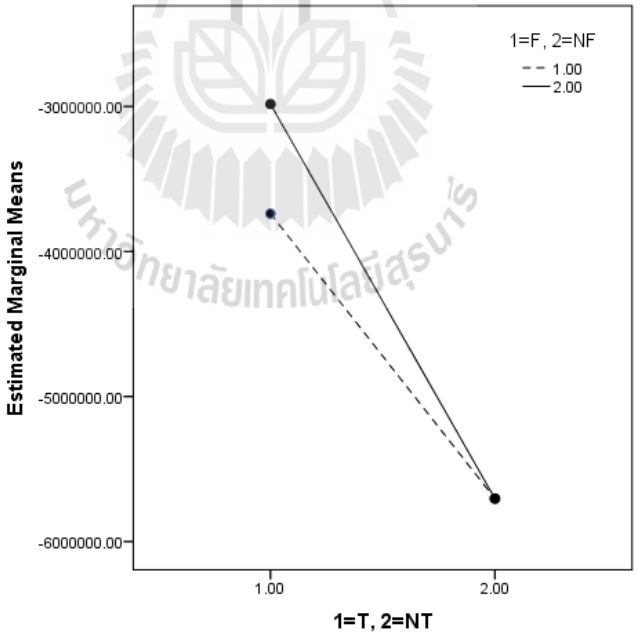
Source	DF	Sum of Squares	Mean squares	F value	Sig.
Model	7	1.902E+14	2.717E+13	1.380	0.220
Error	120	2.362E+15	1.969E+13		
Corrected total	127	2.553E+15			
T	1	1.757E+14	1.757E+14	8.923	0.003
C	1	1.339E+12	1.339E+12	0.068	0.795
F	1	4.572E+12	4.572E+12	0.232	0.631
T*C	1	1.339E+12	1.339E+12	0.068	0.795
T*F	1	4.570E+12	4.570E+12	0.232	0.631
C*F	1	1.339E+12	1.339E+12	0.068	0.795
T*C*F	1	1.339E+12	1.339E+12	0.068	0.795

ตารางที่ 3.24 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลแผนการทดลองที่ 2 Type I และ III

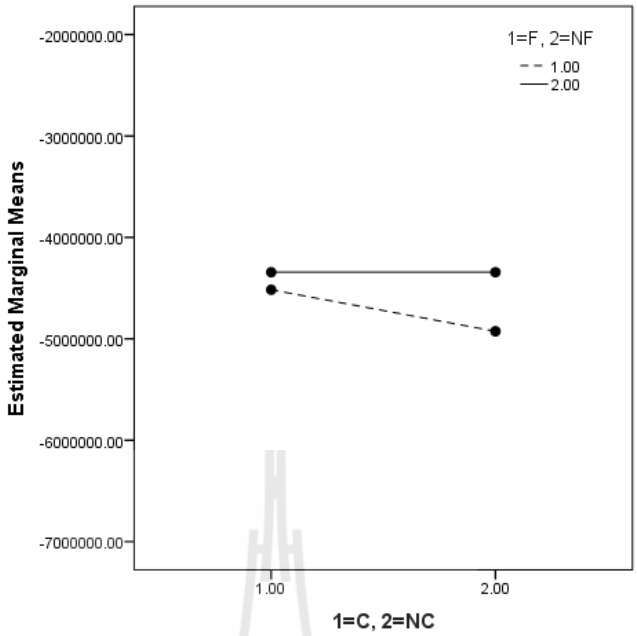
Source	DF	Sum of Squares	Mean squares	F value	Sig.
Model	7	1.003E+14	1.433E+13	0.525	0.815
Error	120	3.277E+15	2.731E+13		
Corrected total	127	3.377E+15			
T	1	9.596E+13	9.596E+13	3.514	0.063
C	1	4.180E+11	4.180E+11	0.015	0.902
F	1	1.451E+12	1.451E+12	0.053	0.818
T*C	1	4.180E+11	4.180E+11	0.015	0.902
T*F	1	1.307E+12	1.307E+12	0.048	0.827
C*F	1	3.795E+11	3.795E+11	0.014	0.906
T*C*F	1	3.795E+11	3.795E+11	0.014	0.906



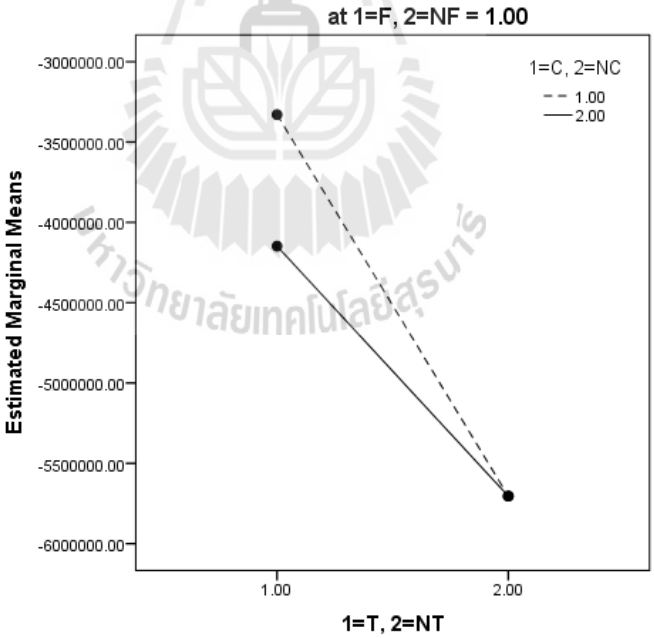
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ของแผนการทดลองที่ 1



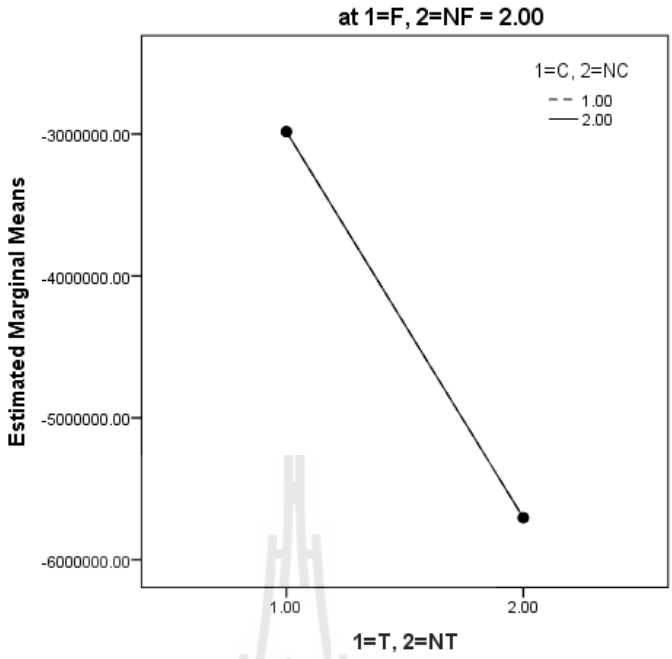
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F ของแผนการทดลองที่ 1



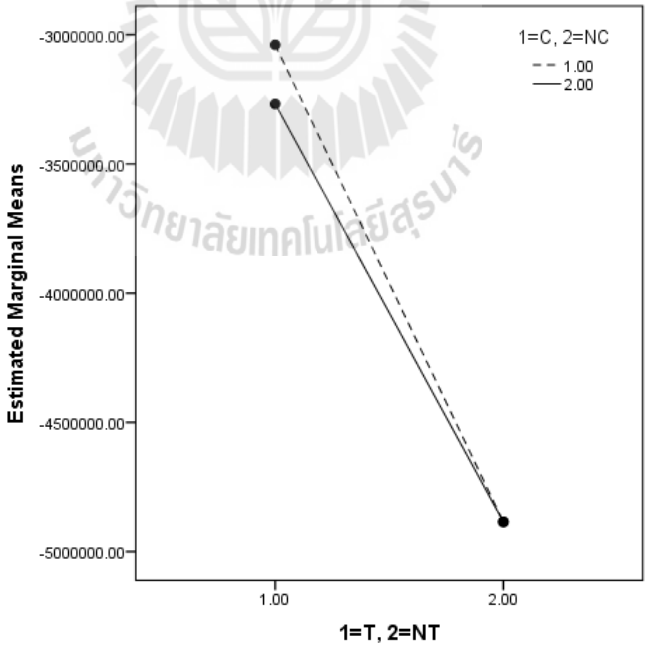
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F ของแผนการทดลองที่ 1



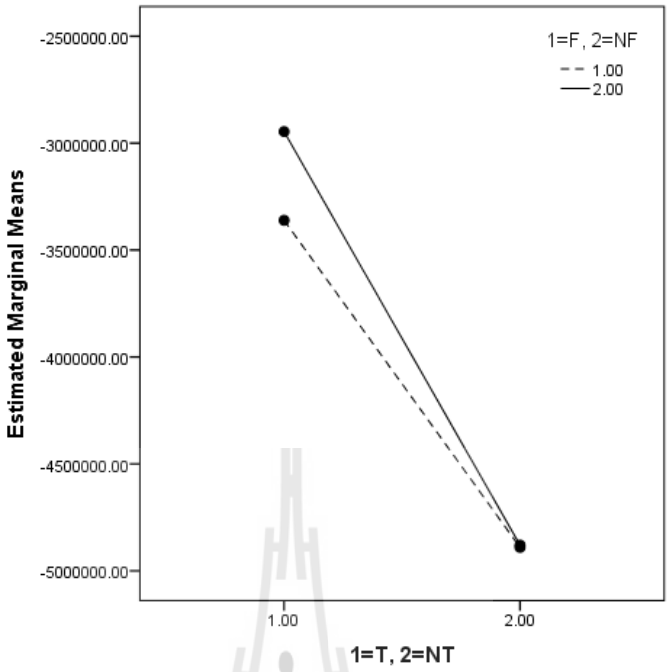
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 1 ของปัจจัย F (F=1) ของแผนการทดลองที่ 1



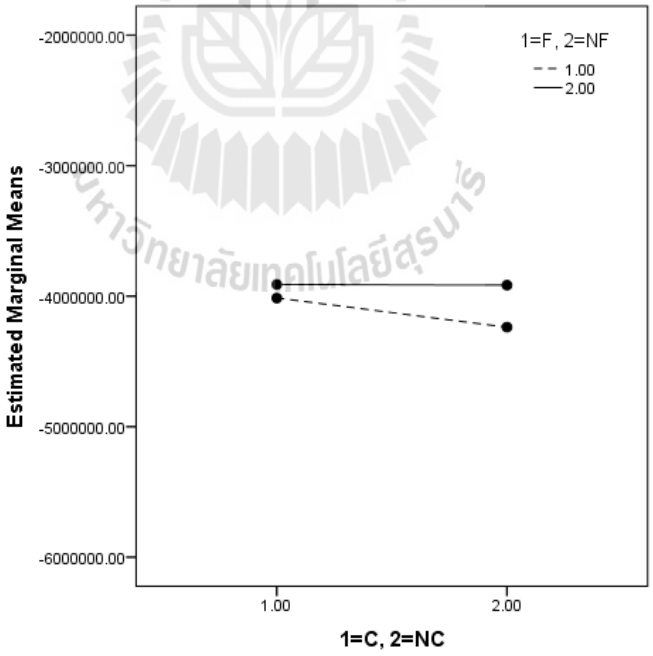
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 2 ของปัจจัย F (F=2) ของแผนการทดลองที่ 1



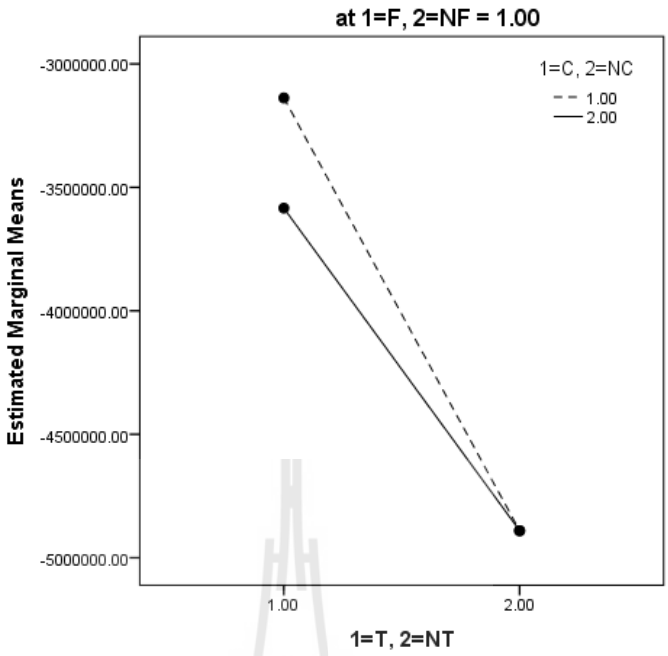
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ของแผนการทดลองที่ 2



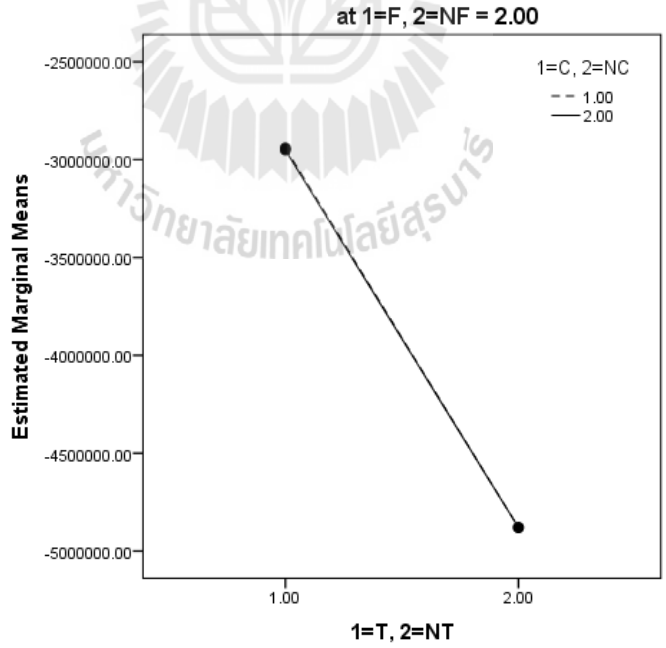
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ F ของแผนการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย C และ F ของแผนการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 1ของปัจจัย F (F=1) ของแผนการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ภายใต้ระดับที่ 2 ของปัจจัย F (F=2) ของแผนการทดลองที่ 2

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบของปัจจัย T C และ F ต่อค่าตอบสนองกระแสเงินสดสะสมของโครงการข้างต้นสามารถอธิบายผลการทดสอบได้ดังนี้ ผลสรุปปัจจัยหลัก T มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการพิจารณาปัจจัย T ในการประมารกระแสการจ่ายเงินเป็นการเลื่อนกำหนดการจ่ายเงินหลังจากการวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า ทำให้การคำนวณกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนแตกต่างกับการไม่พิจารณาปัจจัย T ซึ่งกำหนดการจ่ายเงินเป็นวันเดียวกับการวางบิล ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละครั้ง (ไม่พิจารณาปัจจัย F) คือวันที่ 30 ของทุกเดือน และผู้รับเหมาจ่ายเงินรวมทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ (ไม่พิจารณาปัจจัย C) โดยจะจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกันหลังการวางบิล 5 วัน (พิจารณาปัจจัย T) ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, NF) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ณ สิ้นเดือนที่ 1, 2 และ 3 เป็นจำนวนเงิน 10,000, 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายในวันที่ 5 ของทุกเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท ซึ่งสาเหตุเพราะไม่มีการจ่ายเงินภายในเดือนแรก กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมากจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือน 3 และ 4 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 และ 8,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตัวอย่างเดิมหากกำหนดจ่ายเงินเป็นวันเดียวกับการวางบิล (ไม่พิจารณาปัจจัย T) ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) กำหนดจ่ายเงินจะเป็นวันที่ 30 ของทุกเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 2 และ 3 จะมีปริมาณเท่ากับ 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณา T มีค่าเท่ากับ 0 ส่วนกรณีไม่พิจารณา T มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 2 3 และ 4 กรณีพิจารณา T มีค่าเท่ากับ 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ ส่วนกรณีไม่พิจารณา T มีค่าเท่ากับ 15,000 8,000 และ 0 บาท ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลัก T มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลสรุปปัจจัยหลัก C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายได้ว่าทำไมปัจจัย C ไม่มีผลกระทบ เนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินกรณีพิจารณาปัจจัย C หมายถึง ผู้รับเหมาแบ่งจ่ายเงินให้สองส่วนคือค่าแรงงานและค่าวัสดุ และกรณีไม่พิจารณา C หมายถึง ผู้รับเหมาจ่ายเงินรวมทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งทั้งสองกรณีหากไม่พิจารณาถึงปัจจัย T และปัจจัย F ปริมาณและกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก็จะไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละครั้ง (ไม่พิจารณาปัจจัย F) คือวันที่ 30 ของทุกเดือน และผู้รับเหมาจ่ายเงินรวมทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ (ไม่พิจารณาปัจจัย C) โดยจะจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกันในวันเดียวกับการวางบิล (ไม่พิจารณาปัจจัย T) ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) สมมติให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ณ สิ้นเดือนที่ 1, 2 และ 3 เป็นจำนวนเงิน 10,000, 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายในวันที่ 30 ของทุกเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 2 และ 3 จะมีปริมาณเท่ากับ 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ

โดยหากกรณีกำหนดให้ผู้รับเหมาแบ่งจ่ายเงินให้สองส่วนคือค่าแรงงานและค่าวัสดุ (พิจารณาปัจจัย C) และจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุในวันเดียวกับการวางบิล (ไม่พิจารณาปัจจัย T) ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, NF) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ โดยในรอบเดือนที่ 1 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 3,000 บาท ค่าวัสดุ 7,000 บาท รอบเดือนที่ 2 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 4,500 บาท ค่าวัสดุ 10,500 บาท และรอบเดือนที่ 3 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 2,400 บาท ค่าวัสดุ 5,600 บาท ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 1 คือ ค่าแรงงาน 3,000 บาท และค่าวัสดุ 7,000 บาท จำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 2 คือ ค่าแรงงาน 4,500 บาท และค่าวัสดุ 10,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 3 คือ ค่าแรงงาน 2,400 บาท และค่าวัสดุ 5,600 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุในวันที่ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมากจากผลรวมการวางบิลค่าแรงงาน (3,000 บาท) และค่าวัสดุ (7,000 บาท) วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (4,500 บาท) และค่าวัสดุ (10,500 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (4,000 บาท) และค่าวัสดุ (4,000 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 3 จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณา C มีค่าเท่ากับ 10,000

บาท ส่วนกรณีไม่พิจารณา C มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 2 และ 3 ทั้งสองกรณีมีค่าเท่ากับ 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลัก C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลสรุปปัจจัยหลัก F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายได้ว่าทำไมปัจจัย F ไม่มีผลกระทบ เนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินในการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.4 กรณีพิจารณาปัจจัย F หมายถึง กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละสองครั้ง คือวันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน และกรณีไม่พิจารณาปัจจัย F หมายถึง กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละครั้ง คือวันที่ 30 ของทุกเดือน ซึ่งทั้งสองกรณีหากไม่พิจารณาถึงปัจจัย T และปัจจัย C ปริมาณและกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก็จะไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละครั้ง (ไม่พิจารณาปัจจัย F) คือวันที่ 30 ของทุกเดือน และผู้รับเหมาจ่ายเงินรวมทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ (ไม่พิจารณาปัจจัย C) โดยจะจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกันในวันเดียวกับการวางบิล (ไม่พิจารณาปัจจัย T) ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) สมมติให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ณ สิ้นเดือนที่ 1 2 และ 3 เป็นจำนวนเงิน 10,000, 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายในวันที่ 30 ของทุกเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 2 และ 3 จะมีปริมาณเท่ากับ 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ

จากตัวอย่างเดียวกันหากกรณีกำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละสองครั้ง (พิจารณาปัจจัย F) คือวันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, F) จำนวนเงินวางบิลในแต่ละครั้ง (วันที่ 15 และ 30) ในเดือนที่ 1 คือ 5,000 บาท จำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 2 คือ 7,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 3 คือ 4,000 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายเงินในวันที่ 15 และ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (5,000 บาท) และ 30 (5,000 บาท) ของเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (7,500 บาท) และ 30 (7,500 บาท) ของ

เดือนที่ 2 และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (4,000 บาท) และ 30 (4,000 บาท) ของเดือนที่ 3 จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณา F มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ส่วนกรณีไม่พิจารณา F มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 2 และ 3 ทั้งสองกรณีมีค่าเท่ากับ 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลัก F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลสรุปปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินในการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C มีการพิจารณาร่วมกัน 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 พิจารณาปัจจัย T และ C (T, C) หมายถึง ผู้รับเหมาแบ่งจ่ายเงินให้สองส่วนคือค่าแรงงานและค่าวัสดุ โดยจะจ่ายค่าแรงงานให้หลังวางบิล 5 วันและจ่ายค่าวัสดุให้หลังวางบิล 30 วัน กรณีที่ 2 พิจารณาปัจจัย T และไม่พิจารณาปัจจัย C (T, NC) หมายถึง ผู้รับเหมารวมจ่ายเงินทั้งสองส่วนคือค่าแรงและค่าวัสดุ โดยจะจ่ายทั้งค่าแรงและค่าวัสดุดังกล่าวให้หลังวางบิล 5 วัน กรณีที่ 3 ไม่พิจารณาปัจจัย T และพิจารณาปัจจัย C (NT, C) หมายถึง ผู้รับเหมาแบ่งจ่ายเงินให้สองส่วนคือค่าแรงงานและค่าวัสดุ โดยจะจ่ายค่าแรงงานให้วันเดียวกับการวางบิล และจ่ายค่าวัสดุให้วันเดียวกับการวางบิลเช่นกัน และกรณีที่ 4 ไม่พิจารณาปัจจัย T และ C หมายถึง ผู้รับเหมารวมจ่ายเงินทั้งสองส่วนคือค่าแรงและค่าวัสดุโดยจะจ่ายค่าแรงงานให้วันเดียวกับการวางบิล และจ่ายค่าวัสดุให้วันเดียวกับการวางบิลเช่นกัน ซึ่งทั้ง 4 กรณีจะถูกทดสอบภายใต้ 2 เหตุการณ์คือ การพิจารณาปัจจัย F หมายถึง ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละสองครั้ง คือวันที่ 15 และ 30 ของทุกเดือน และการไม่พิจารณาปัจจัย F หมายถึง ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้เดือนละครั้ง คือวันที่ 30 ของทุกเดือน

การทดสอบผลกระทบร่วมของปัจจัยจะพิจารณาเป็นคู่ของกรณีในแต่ละเหตุการณ์ เริ่มจากคู่กรณีพิจารณาปัจจัย T, C และ T, NC ภายใต้เหตุการณ์การพิจารณาปัจจัย F กรณีพิจารณาปัจจัย T, C ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, F) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ โดยในรอบเดือนที่ 1 แบ่งเป็น

ค่าแรงงาน 3,000 บาท ค่าวัสดุ 7,000 บาท รอบเดือนที่ 2 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 4,500 บาท ค่าวัสดุ 10,500 บาท และรอบเดือนที่ 3 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 2,400 บาท ค่าวัสดุ 5,600 บาท ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 1 (วันที่ 15 และ 30) คือ ค่าแรงงาน 1,500 บาท และค่าวัสดุ 3,500 บาท จำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 2 คือ ค่าแรงงาน 2,250 บาท และค่าวัสดุ 5,250 บาท และจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 3 คือ ค่าแรงงาน 1,200 บาท และค่าวัสดุ 2,800 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายค่าแรงงานในวันที่ 5 และ 20 ของเดือน และค่าวัสดุในวันที่ 15 และ 30 ของเดือนถัดไป ดังนั้น กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 1,500 บาท ซึ่งมาจากค่าแรงงานที่วางบิลวันที่ 15 ของเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,750 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงานที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 (1,500 บาท) และวันที่ 15 ของเดือนที่ 2 (2,250 บาท) ค่าวัสดุที่วางบิลวันที่ 15 (3,500 บาท) และ 30 ของเดือนที่ 1 (3,500 บาท) และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 13,950 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงานที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 (2,250 บาท) และวันที่ 15 ของเดือนที่ 3 (1,200 บาท) ค่าวัสดุที่วางบิลวันที่ 15 (5,250 บาท) และ 30 ของเดือนที่ 2 (5,200 บาท)

กรณีพิจารณาปัจจัย T, NC จากตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, F) ผู้รับเหมาจะรวมจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกัน โดยจำนวนเงินวางบิลในแต่ละครั้ง (วันที่ 15 และ 30) ในเดือนที่ 1 คือ 5,000 บาท จำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 2 คือ 7,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 3 คือ 4,000 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายเงินในวันที่ 5 และ 20 ของเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 5,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 ของเดือนที่ 1 (5,000 บาท) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 12,500 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 (5,000 บาท) และวันที่ 15 ของเดือนที่ 2 (7,500 บาท) และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 11,500 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 (7,500 บาท) และวันที่ 15 ของเดือนที่ 3 (4,000 บาท) จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 1,500 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC มีค่าเท่ากับ 5,000 บาท ณ สิ้นเดือนที่ 2 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 10,750 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC มีค่าเท่ากับ 12,500 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 3 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 13,950 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC มีค่าเท่ากับ 11,500 บาท

เมื่อพิจารณาคู่ที่สองกรณีพิจารณาปัจจัย NT, C และ NT, NC ภายใต้เหตุการณ์การพิจารณาปัจจัย F กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, F) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ โดยในรอบเดือนที่ 1 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 3,000 บาท ค่าวัสดุ 7,000 บาท รอบเดือนที่ 2 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 4,500 บาท ค่าวัสดุ 10,500 บาท และรอบเดือนที่ 3 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 2,400 บาท ค่าวัสดุ 5,600 บาท ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 1 (วันที่ 15 และ 30) คือ ค่าแรงงาน 1,500 บาท และค่าวัสดุ 3,500 บาท จำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 2 คือ ค่าแรงงาน 2,250 บาท และค่าวัสดุ 5,250 บาท และจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 3 คือ ค่าแรงงาน 1,200 บาท และค่าวัสดุ 2,800 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุในวันที่ 15 และ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงานและค่าวัสดุที่วางบิลวันที่ 15 ของเดือนที่ 1 (1,500 และ 3,500) บาท และวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 (1,500 และ 3,500 บาท) กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงานและค่าวัสดุที่วางบิลวันที่ 15 ของเดือนที่ 2 (2,250 และ 5,000) บาท และวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 (2,250 และ 5,000) และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงานและค่าวัสดุที่วางบิลวันที่ 15 ของเดือนที่ 3 (1,200 และ 2,800) บาท และวันที่ 30 ของเดือนที่ 3 (1,200 และ 2,800)

กรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC จากตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, F) ผู้รับเหมาจะรวมจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกัน โดยจำนวนเงินวางบิลในแต่ละครั้ง (วันที่ 15 และ 30) ในเดือนที่ 1 คือ 5,000 บาท จำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 2 คือ 7,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลแต่ละครั้งในเดือนที่ 3 คือ 4,000 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายเงินในวันที่ 15 และ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (5,000 บาท) และ 30 (5,000 บาท) ของเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (7,500 บาท) และ 30 (7,500 บาท) ของเดือนที่ 2 และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 15 (4,000 บาท) และ 30 (4,000 บาท) ของเดือนที่ 3 จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ณ สิ้นเดือนที่ 2 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่าเท่ากับ 15,000 บาท

ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 15,000 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 3 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่าเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 8,000 บาทเช่นกัน

เมื่อพิจารณาคู่ที่สามกรณีพิจารณาปัจจัย T, C และ T, NC ภายใต้เหตุการณ์การไม่พิจารณาปัจจัย F (NF) กรณีพิจารณาปัจจัย T, C ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, NF) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ โดยในรอบเดือนที่ 1 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 3,000 บาท ค่าวัสดุ 7,000 บาท รอบเดือนที่ 2 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 4,500 บาท ค่าวัสดุ 10,500 บาท และรอบเดือนที่ 3 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 2,400 บาท ค่าวัสดุ 5,600 บาท ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 1 คือ ค่าแรงงาน 3,000 บาท และค่าวัสดุ 7,000 บาท จำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 2 คือ ค่าแรงงาน 4,500 บาท และค่าวัสดุ 10,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 3 คือ ค่าแรงงาน 2,400 บาท และค่าวัสดุ 5,600 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายค่าแรงงานในวันที่ 5 ของเดือน และกำหนดจ่ายค่าวัสดุในวันที่ 30 ของเดือนถัดไป ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท สาเหตุจากไม่มีการวางบิลในเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (3,000 บาท) และค่าวัสดุ (7,000 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (4,500 บาท) และค่าวัสดุ (10,500 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2

กรณีพิจารณาปัจจัย T, NC จากตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, NF) ผู้รับเหมาจะรวมจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกัน โดยจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 1 คือ 10,000 บาท จำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 2 คือ 15,000 บาท และจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 3 คือ 8,000 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายเงินในวันที่ 5 ของเดือน ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท สาเหตุจากไม่มีการวางบิลในเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 (10,000 บาท) และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 (15,000 บาท) จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 0 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC ก็มีค่าเท่ากับ 0 บาท ณ สิ้นเดือนที่ 2 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC ก็มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท และ

ณ สิ้นเดือนที่ 3 กรณีพิจารณาปัจจัย T, C มีค่าเท่ากับ 15,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย T, NC ก็มีค่าเท่ากับ 15,000 บาทเช่นกัน

เมื่อพิจารณาคู่ที่สี่กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C และ NT, NC ภายใต้เหตุการณ์การไม่พิจารณาปัจจัย F (NF) กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, NF) สมมติให้ในแต่ละรอบเดือนที่ 1 2 และ 3 มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนเงิน 10,000 15,000 และ 8,000 บาท ตามลำดับ โดยในรอบเดือนที่ 1 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 3,000 บาท ค่าวัสดุ 7,000 บาท รอบเดือนที่ 2 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 4,500 บาท ค่าวัสดุ 10,500 บาท และรอบเดือนที่ 3 แบ่งเป็นค่าแรงงาน 2,400 บาท ค่าวัสดุ 5,600 บาท ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 1 คือ ค่าแรงงาน 3,000 บาท และค่าวัสดุ 7,000 บาท จำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 2 คือ ค่าแรงงาน 4,500 บาท และค่าวัสดุ 10,500 บาท และจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 3 คือ ค่าแรงงาน 2,400 บาท และค่าวัสดุ 5,600 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุในวันที่ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมากจากผลรวมการวางบิลค่าแรงงาน (3,000 บาท) และค่าวัสดุ (7,000 บาท) วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (4,500 บาท) และค่าวัสดุ (10,500 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากผลรวมของค่าแรงงาน (4,000 บาท) และค่าวัสดุ (4,000 บาท) ที่วางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 3

กรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC จากตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) ผู้รับเหมาจะรวมจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมกัน โดยจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 1 คือ 10,000 บาท จำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 2 คือ 15,000 บาท และจำนวนเงินวางบิลวันที่ 30 ในเดือนที่ 3 คือ 8,000 บาท เมื่อประมาณกระแสการจ่ายเงินจะมีกำหนดจ่ายเงินในวันที่ 30 ของเดือน (วันเดียวกับการวางบิล) ดังนั้นกระแสเงินสดจ่าย กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 1 (10,000 บาท) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 2 (15,000 บาท) และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ซึ่งมาจากการวางบิลวันที่ 30 ของเดือนที่ 3 (8,000 บาท) จากตัวอย่างดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน คือ ณ สิ้นเดือนที่ 1 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 10,000 บาท ณ สิ้นเดือนที่ 2 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่า

เท่ากับ 15,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 15,000 บาท และ ณ สิ้นเดือนที่ 3 กรณีพิจารณาปัจจัย NT, C มีค่าเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณาปัจจัย NT, NC ก็มีค่าเท่ากับ 8,000 บาทเช่นกัน

จากการอธิบายสาเหตุของผลทดสอบปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ซึ่งไม่ผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ โดยการพิจารณาทั้ง 4 กรณีของคู่ปัจจัยร่วม T,C และ T, NC และคู่ปัจจัยร่วม NT, C และ NT, NC ซึ่งทดสอบทดสอบภายใต้ 2 เหตุการณ์คือ การพิจารณาปัจจัย F และไม่พิจารณาปัจจัย F ผลการพิจารณาแสดงให้เห็นว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของเกือบทุกกรณีมีค่าเท่ากัน ยกเว้นกรณีคู่ปัจจัยร่วม T, C และ T, NC ภายใต้เหตุการณ์พิจารณาปัจจัย F ซึ่งให้ค่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้ค่าความต่างของผลเฉลี่ยของการรวมปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย T และ C ดังนั้นผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนผลสรุปปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายได้จากการพิจารณากรณีเหมือนกับปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C โดยการพิจารณาทั้งสี่กรณีของคู่ปัจจัยร่วม T, F และ T, NF และคู่ปัจจัยร่วม NT, F และ NT, NF ภายใต้ 2 เหตุการณ์คือการพิจารณาปัจจัย C และไม่พิจารณาปัจจัย C ซึ่งสามารถนำผลการประมาณกระแสเงินสดจ่ายจากตัวอย่างการพิจารณาปัจจัยร่วม T และ C มาพิจารณาดังนี้ กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่หนึ่ง T, F และ T, NF ภายใต้การพิจารณาปัจจัย C กรณีพิจารณา T, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 1,500 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,750 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 13,950 บาท กรณีพิจารณา T, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สอง NT, F และ NT, NF ภายใต้การพิจารณาปัจจัย C กรณีพิจารณา NT, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณา NT, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สาม T, F และ T, NF ภายใต้การไม่พิจารณาปัจจัย C (NC) กรณีพิจารณา T, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 5,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 12,500 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 11,500 บาท ส่วนกรณีพิจารณา T, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สี่ NT, F และ NT, NF ภายใต้การไม่พิจารณาปัจจัย C (NC) กรณีพิจารณา NT, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณา NT, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) กระแสเงินสดจ่าย กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน

จากการยกตัวอย่างเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่ออธิบายสาเหตุของผลทดสอบปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F ซึ่งไม่ผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ โดยการพิจารณาทั้ง 4 กรณีของคู่ปัจจัยร่วม T,F และ T, NF และคู่ปัจจัยร่วม NT, F และ NT, NF ซึ่งทดสอบทดสอบภายใต้ 2 เหตุการณ์คือ การพิจารณาปัจจัย C และไม่พิจารณาปัจจัย C ผลการพิจารณาแสดงให้เห็นว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของสองกรณีมีค่าเท่ากัน คือ กรณีคู่ปัจจัยร่วม NT, F และ NT, NF ทั้งภายใต้เหตุการณ์พิจารณาปัจจัย C และไม่พิจารณาปัจจัย C และ

สองกรณีคู่ปัจจัยร่วม T, F และ T, NF ทั้งภายใต้เหตุการณ์พิจารณาปัจจัย C และไม่พิจารณาปัจจัย C ซึ่งให้ค่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้ค่าความต่างของผลเฉลี่ยของการรวมปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย T และ F ดังนั้นผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนผลสรุปปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายได้จากการพิจารณากรณีเหมือนกับปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C โดยการพิจารณาทั้งสี่กรณีของคู่ปัจจัยร่วม C, F และ C, NF และคู่ปัจจัยร่วม NC, F และ NC, NF ภายใต้ 2 เหตุการณ์คือการพิจารณาปัจจัย T และไม่พิจารณาปัจจัย T ซึ่งสามารถนำผลการประมาณกระแสเงินสดจ่ายจากตัวอย่างการพิจารณาปัจจัยร่วม T แล C มาพิจารณาดังนี้ กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่หนึ่ง C, F และ C, NF ภายใต้การพิจารณาปัจจัย T กรณีพิจารณา C, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 1,500 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,750 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 13,950 บาท กรณีพิจารณา C, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, C, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สอง NC, F และ NC, NF ภายใต้การพิจารณาปัจจัย T กรณีพิจารณา NC, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 5,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 12,500 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 11,500 บาท ส่วนกรณีพิจารณา NC, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (T, NC, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 0 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณี

แตกต่างกันจากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีแตกต่างกัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สาม C, F และ C, NF ภายใต้การไม่พิจารณาปัจจัย T (NT) กรณีพิจารณา C, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณา C, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, C, NF) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ เดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสด ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน

กรณีพิจารณาคู่ปัจจัยที่สี่ NC, F และ NC, NF ภายใต้การไม่พิจารณาปัจจัย T (NT) กรณีพิจารณา NC, F ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, F) กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท ส่วนกรณีพิจารณา NC, NF ซึ่งหมายถึงรูปแบบ (NT, NC, NF) กระแสเงินสดจ่าย กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 1 มีปริมาณเท่ากับ 10,000 บาท กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 15,000 บาท และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นเดือนที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 8,000 บาท จากผลการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของทั้งสองกรณีเท่ากัน

จากการยกตัวอย่างเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่ออธิบายสาเหตุของผลทดสอบปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ซึ่งไม่ผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ โดยการพิจารณาทั้ง 4 กรณีของคู่ปัจจัยร่วม C,F และ C, NF และคู่ปัจจัยร่วม NC, F และ NC, NF ซึ่งทดสอบทดสอบภายใต้ 2 เหตุการณ์คือ การพิจารณาปัจจัย T และไม่พิจารณาปัจจัย T ผลการพิจารณาแสดงให้เห็นว่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาของสองกรณีมีค่าเท่ากัน คือ กรณีคู่ปัจจัยร่วม C, F และ C, NF และคู่ปัจจัยร่วม NC, F และ NC, NF ภายใต้เหตุการณ์ไม่พิจารณาปัจจัย T แต่กรณีคู่ปัจจัยร่วม C, F และ C, NF และคู่ปัจจัยร่วม NC, F และ NC, NF ภายใต้เหตุการณ์พิจารณาปัจจัย T ให้ค่ากระแสเงินสดจ่ายแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลาที่แสดงให้เห็นดังตัวอย่างที่กล่าวมา ยังนำไปคำนวณประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับตามกำหนดสัญญาโครงการ อาจทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเหมือนหรือแตกต่างกันเล็กน้อย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้ค่าความต่างของผลเฉลี่ยของการรวมปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ

ปัจจัย C และ F ดังนั้นผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานแสดงให้เห็นว่าปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4 สรุป

บทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินประกอบด้วย payment time delay payment components และ payment frequency ในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม ข้อมูลปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสามปัจจัยได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างจริงเพื่อต้องการทราบถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุเป็นอย่างไร และทำการจำลองรูปแบบปัจจัยการจ่ายเงินโดยอาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงเพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามหลักในการทำวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research) ได้แก่ วิธีการสัมภาษณ์เบื้องลึก (in-depth interview) และวิธีการวิเคราะห์เอกสาร (document analysis) และเลือกรูปแบบการศึกษากรณีศึกษาหลายองค์การแบบเจาะลึก (multiple-case embedded designs) เพื่อต้องการเปรียบเทียบทำความเข้าใจรูปแบบร่วมหรือความแตกต่าง และเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งสามารถสร้างความมั่นใจจากข้อมูลที่นำมาใช้ยืนยันกันจากหลายกรณีศึกษาโดยกำหนดให้บริษัทผู้รับเหมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ (unit of analysis) และวิเคราะห์เจาะลึกในโครงการของบริษัทผู้รับเหมากรณีศึกษา และทำการจำลองรูปแบบการรวมเงื่อนไขการจ่ายเงินจำนวน 8 รูปแบบ เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลัก payment time delay (T) payment components (C) และ payment frequency (F) รวมถึงผลกระทบเนื่องจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการในทุกระดับของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการทดลองแบ่งแต่ละปัจจัยหลักออกเป็นสองระดับปัจจัยคือ การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย T (T, NT) การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย C (C, NC) และการพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย F (F, NF) ผลจากการวิเคราะห์การทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล (factorial experiment) พบว่า ผลกระทบจากปัจจัยหลัก T มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยหลักอื่นพบว่าผลกระทบจากปัจจัยหลัก C และปัจจัยหลัก F รวมถึงปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F และปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสด

สะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ผลลัพธ์จากกราฟแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยร่วมชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกระแสเงินสดสะสมของโครงการ โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการจะมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ NF ปัจจัยร่วมระหว่าง C และ NF และปัจจัยร่วมระหว่าง T, C และ NF ในการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา และจะมีค่าสูงเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง NT และ NC ปัจจัยร่วมระหว่าง NT และ NF ปัจจัยร่วมระหว่าง NC และ F และปัจจัยร่วมระหว่าง NT, NC และ NF ในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา

การตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการในงานวิจัยนี้ให้ผลสรุปจากการทดสอบสมมติฐานที่แตกต่างจากงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) คือ ปัจจัยหลัก C และปัจจัยหลัก F และปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ไม่มีผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95% โดยมีเพียงปัจจัยหลัก T เท่านั้นที่มีผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดสะสมแต่ละช่วงเวลาของโครงการ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) ที่ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดจ่ายเพียงอย่างเดียวโดยไม่คำนึงถึงกระแสเงินสดรับจากเจ้าของโครงการ นอกจากนี้การกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินของแต่ละปัจจัยอาจทำให้เกิดความแตกต่างกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) อย่างไรก็ตามเงื่อนไขการจ่ายเงินของแต่ละปัจจัยในงานวิจัยนี้ถูกกำหนดโดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานในโครงการจริง ดังนั้นผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินของโครงการก่อสร้างและปัจจัยเงื่อนไขที่มีผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการ ซึ่งส่งผลต่อเป้าหมายด้านต้นทุนทางการเงิน เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาด้านการจัดตารางดำเนินการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงินต่อไป โดยจะพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าที่เป็นปัจจัยหลัก ที่ส่งผลกระทบต่อมากที่สุดก่อน นั่นคือ payment time delay (T) ในการสร้างแบบจำลองการจัดตารางดำเนินการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน ซึ่งจะนำเสนอในบทที่ 4

บทที่ 4

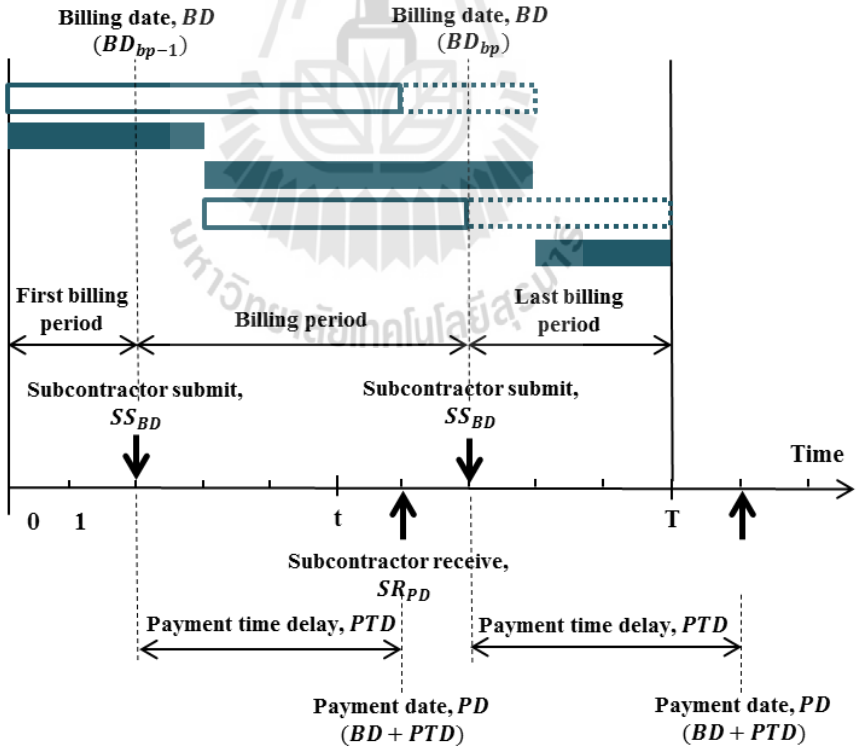
แบบจำลองการจัดตารางการดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน

จากการตรวจสอบและระบุถึงปัจจัยเงื่อนไขการจ่ายเงินที่ส่งผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการในบทที่ 3 ซึ่งได้ข้อสรุปว่าปัจจัย payment time delay มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นแนวทางการพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าที่เป็นปัจจัยหลัก ซึ่งส่งผลกระทบต่อมากที่สุด นั่นคือ payment time delay ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับกำหนดการวางบิล (billing date) และกำหนดการจ่ายเงิน (payment date) เพื่อเป็นกรอบการเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน ที่สามารถประมาณกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายได้ นอกจากนี้จะพิจารณาเงื่อนไขหลักของการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก นั่นคือ ระยะเวลาการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก (receipt time delay) ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับกำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน (invoicing date) และกำหนดการรับเงินงวดงาน (receipt date) เพื่อพัฒนาแบบจำลองให้สามารถประมาณกระแสเงินการจ่ายเงินสดรับได้ ดังนั้นบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยการอธิบายถึงการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก ต่อด้วยการสร้างสมการในแบบจำลองที่นำเสนอ และนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการ รวมถึงการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลองเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

4.1 การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 ตัวแปรการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ

การประมาณกระแสเงินสดจ่าย (cash outflow)ในวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่มีอยู่ในปัจจุบันใช้สมมติฐานการคำนวณอย่างง่าย โดยกำหนดให้จ่ายทุกสิ้นเดือนหรือสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนดและคำนวณปริมาณกระแสเงินสดจ่ายเท่ากับผลรวมของต้นทุนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น นั่นหมายความว่ากำหนดการวางบิล (billing date) ตรงกับวันสิ้นสุดของช่วงเวลาและไม่มีระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) แต่ในทางปฏิบัติปริมาณค่าใช้จ่ายโครงการคำนวณจากใบเรียกเก็บเงิน (invoices) ของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ณ วันที่ทำงานเสร็จหรือวันกำหนดการวางบิล และผู้รับเหมาหลักจะจ่ายให้หลังจากการวางบิลตามกำหนดระยะเวลาที่ได้ตกลงกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดตัวแปรเงื่อนไขของการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุซึ่งประกอบด้วย กำหนดการวางบิล (billing date) หรือ BD และระยะเวลาการจ่ายเงิน (payment time delay) หรือ PTD



รูปที่ 4.1 การกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (payment outflows)

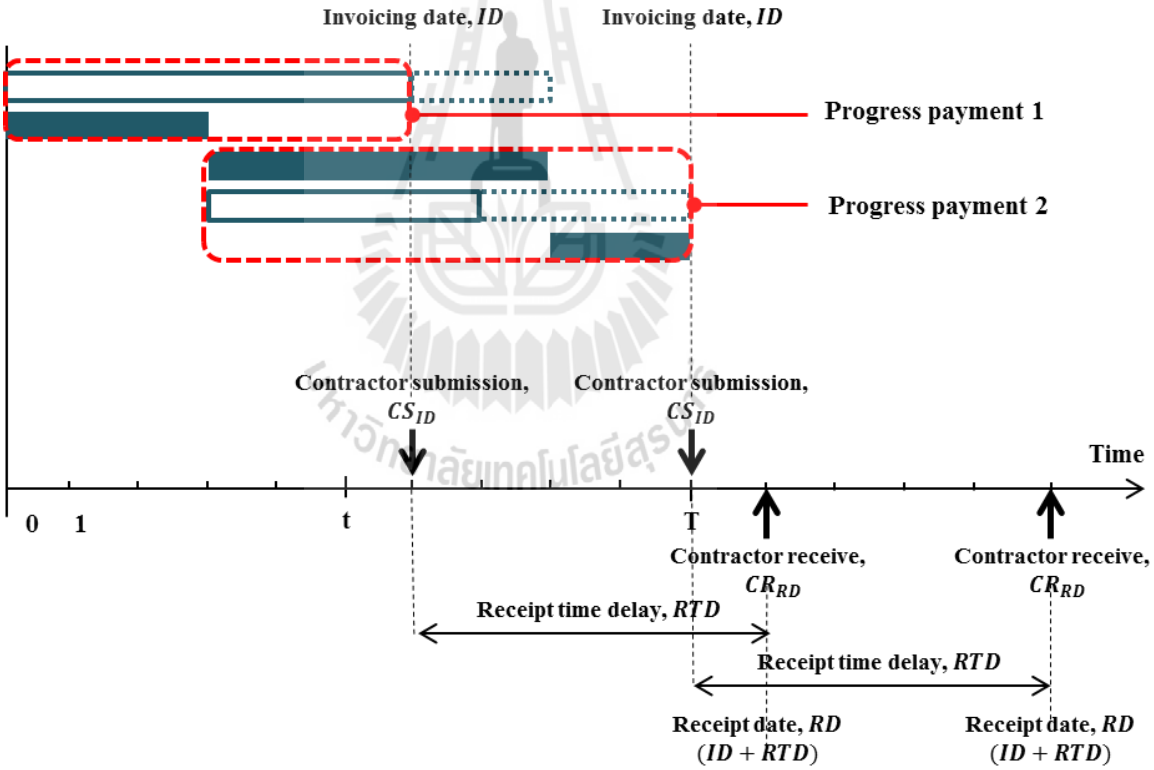
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพการกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวกับการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ในภาพประกอบด้วย 5 กิจกรรมซึ่งแสดงด้วยแผนภูมิแท่ง แท่งสีทึบคือกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤต (critical path) ส่วนของแท่งที่ล้อมรอบด้วยเส้นประคือระยะเวลาลอยรวมของกิจกรรมที่ไม่อยู่ในสายงานวิกฤต (total float) โดยกำหนดให้ระยะเวลารวมโครงการเท่ากับ T และรอบช่วงเวลาปกติเท่ากับ t (typical period) จากภาพเริ่มต้นด้วยผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุวางบิล (subcontractor submission) หรือ SS ณ กำหนดการวางบิล BD ที่ผู้รับเหมาหลักกำหนดไว้ซึ่งจะแทนด้วยตัวแปร SS_{BD} หลังจากนั้นผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุจะได้รับเงินจากผู้รับเหมาหลัก (subcontractor receive) หรือ SR นับจากวันที่วางบิลไปรวมกับระยะเวลาการจ่ายเงิน PTD ดังนั้นวันจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลัก (payment date) หรือ PD เท่ากับ $BD + PTD$ โดยจะแทนด้วยตัวแปร SR_{PD}

กำหนดการวางบิล BD จะเกิดขึ้นซ้ำในทุกรอบช่วงเวลาปกติ t จึงทำให้เกิดรอบช่วงเวลาการวางบิล (billing period) หรือ bp ซึ่งหมายถึงระยะเวลาจากกำหนดการวางบิลก่อนหน้าแทนด้วยตัวแปร BD_{bp-1} จนถึงกำหนดการวางบิลในรอบปัจจุบัน แทนด้วยตัวแปร BD_{bp} ทั้งนี้รอบช่วงเวลาการวางบิลดังกล่าวไม่รวมถึงรอบการวางบิลในช่วงแรกและช่วงสุดท้ายของโครงการ ที่วันเริ่มต้นโครงการ (project start date) เป็นวันเริ่มต้นของรอบช่วงเวลาการวางบิลในช่วงแรกของโครงการ (first billing period) และวันสิ้นสุดโครงการ (project end date) เป็นวันสุดท้ายของรอบช่วงเวลาการวางบิลในช่วงสุดท้ายของโครงการ (last billing period) ในระหว่างรอบช่วงเวลาการวางบิลจะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าจากงานที่ทำเสร็จ ซึ่งคำนวณจากผลรวมของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดที่ดำเนินการอยู่ในรอบช่วงเวลาการวางบิลนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาการวางบิลแรกของโครงการจะคำนวณจากค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนที่ประกอบด้วย 2 กิจกรรม และในรอบช่วงเวลาการวางบิลที่ 2 และสุดท้ายของโครงการจะคำนวณจากค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนที่ประกอบด้วย 4 กิจกรรม และ 2 กิจกรรม ตามลำดับ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 อย่างไรก็ตามรอบช่วงเวลาการวางบิลนี้จะถูกใช้เพื่อการกำหนดวันเริ่มต้นและสิ้นสุดสำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรมในรอบการวางบิลเท่านั้น ส่วนของการคิดกระแสเงินการจ่ายเงินสดจ่าย (payment outflows) ในการประมาณกระแสเงินสดนั้นยังคงคิด ณ วันสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t ใด ๆ (typical period) เช่นเดิม

4.1.2 ตัวแปรการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก

การประมาณกระแสเงินสดโครงการในวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินล้วนแล้วแต่คำนวณกระแสเงินสดรับ (cash inflow) จาก

ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรมที่อยู่ในรอบช่วงเวลาปกติ t และผู้รับเหมาหลักจะได้รับจากเจ้าของโครงการในรอบช่วงเวลาปกติถัดไป ซึ่งหมายความว่ากำหนดการเรียกเก็บเงิน (invoicing date) คือทุกวันสิ้นรอบช่วงเวลาปกติ t ใด ๆ และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (receipt time delay) เท่ากับรอบช่วงเวลาปกติ t ใด ๆ เช่นกัน ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างที่มีการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการเป็นงวดงานตามสัญญาที่มีกำหนดการเรียกเก็บเงินจะเกิดขึ้นเมื่อผู้รับเหมาหลักได้ดำเนินการกิจกรรมทุกกิจกรรมที่กำหนดในงวดงานนั้น ๆ แล้วเสร็จ นั่นคือวันสิ้นสุดของกิจกรรมสุดท้ายในงวดงานนั้น และผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานหลังจากวันเรียกเก็บเงินตามระยะเวลาที่เจ้าของโครงการกำหนด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดตัวแปรเงื่อนไขของการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักซึ่งประกอบด้วย กำหนดการเรียกเก็บเงิน (invoicing date) หรือ ID และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (receipt time delay) หรือ RTD



รูปที่ 4.2 การกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินสดรับ (payment inflows)

รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพการกำหนดตัวแปรเงื่อนไขที่เกี่ยวกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก โดยงวดงานที่ 1 (progress payment 1) กำหนดให้ผู้รับเหมาจะต้องดำเนินสองกิจกรรมแรกให้แล้วเสร็จ และงวดงานที่ 2 (progress payment 2) กำหนดให้

ผู้รับเหมาจะต้องดำเนินกิจกรรมที่เหลือแล้วเสร็จ จากภาพเมื่อผู้รับเหมาดำเนินกิจกรรมทั้งหมดในแต่ละงวดงานแล้วเสร็จจะทำการเรียกเก็บเงินไปยังเจ้าของโครงการ (contractor submission) หรือ CS ณ กำหนดการเรียกเก็บเงิน ID ซึ่งตรงกับวันสิ้นสุดของกิจกรรมสุดท้ายในงวดงานนั้น แทนด้วยตัวแปร CS_{ID} หลังจากนั้นผู้รับเหมาจะได้รับเงินจากเจ้าของโครงการ (contractor receive) หรือ CR นับจากวันที่วางบิลไปรวมกับระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน RTD ดังนั้นวันรับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ (receipt date) หรือ RD เท่ากับ $ID + RTD$ โดยจะแทนด้วยตัวแปร CR_{RD}

มูลค่าเงินงวดงานจะถูกกำหนดตามสัญญาโครงการระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาหลัก ซึ่งเงินงวดงานจะถูกคำนวณโดยอาศัยปริมาณงานที่แล้วเสร็จเป็นตัวกำหนด (actual performance-based payment) โดยกำหนดการเรียกเก็บเงิน ID จะเกิดขึ้นหลังจากผู้รับเหมาก่อสร้างดำเนินการทุกกิจกรรมในงวดงานที่กำหนดแล้วเสร็จ ซึ่งจะมีจำนวนครั้งในการเรียกเก็บเงินจะเท่ากับจำนวนงวดงานที่กำหนดในสัญญา และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน RTD เจ้าของโครงการจะเป็นผู้กำหนด อย่างไรก็ตามวันรับเงินจากเจ้าของโครงการ (receipt date) อาจจะไม่ใช่ทุกวันสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t เหมือนในสมมติฐานการประมาณกระแสเงินสดโครงการแบบเดิม ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.2 วันรับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ (receipt date) ถูกระบุวันซึ่งอยู่ในรอบช่วงเวลาปกติที่สามเท่านั้น ซึ่งทำให้รอบช่วงเวลาปกติที่สองจะไม่มีการรับเงินงวดงาน ดังนั้นวันรับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการจะถูกกำหนดเพื่อระบุวันว่าอยู่ในรอบช่วงเวลาปกติใดเท่านั้น ส่วนของการประมาณกระแสเงินการจ่ายเงินสดรับ (cash payment inflows) ยังคงใช้วันสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t ใด ๆ (typical period) เช่นเดิม ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.2 ผู้รับเหมาหลักจะได้รับเงิน ณ วันสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติที่สาม

4.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงมาจากงานวิจัยที่ถูกนำเสนอโดย Elazouni และ Gab-Allah (2004) และสอดคล้องกับศัพท์บัญญัติทางการเงินที่ถูกนำเสนอโดย Au และ Hendrickson (1986) ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณกระแสการจ่ายเงินในแต่ละรอบช่วงเวลาการวางบิล (billing period) การคำนวณกระแสเงินสดรับและจ่ายในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติ t ใด ๆ (typical period) และการคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา

4.2.1 การคำนวณปริมาณกระแสการจ่ายเงิน

ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรม p ใด ๆ ที่เกิดขึ้น ณ วันกำหนดการวางบิล BD จะแทนด้วย y_{pBD} ซึ่งประกอบด้วย สมการที่ (1) ถึง (4)

$$y_{pBD} = \sum_{i=es_p}^{BD_{bp}} y_{pi} \; ; \; es_p \geq BD_{bp-1} \; and \; ef_p \geq BD_{bp} \tag{4.1}$$

$$y_{pBD} = \sum_{i=es_p}^{ef_p} y_{pi} \; ; \; es_p \geq BD_{bp-1} \; and \; ef_p < BD_{bp} \tag{4.2}$$

$$y_{pBD} = \sum_{i=BD_{bp-1}}^{ef_p} y_{pi} \; ; \; es_p < BD_{bp-1} \; and \; ef_p < BD_{bp} \tag{4.3}$$

$$y_{pBD} = \sum_{i=BD_{bp-1}}^{BD_{bp}} y_{pi} \; ; \; es_p < BD_{bp-1} \; and \; ef_p \geq BD_{bp} \tag{4.4}$$

โดยที่ y_{pi} คือค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนซึ่งรวมต้นทุนทางตรงและทางอ้อมของกิจกรรม p ในอัตราต่อวันที่เกิดขึ้นบนวันที่ i

es_p คือ เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม p

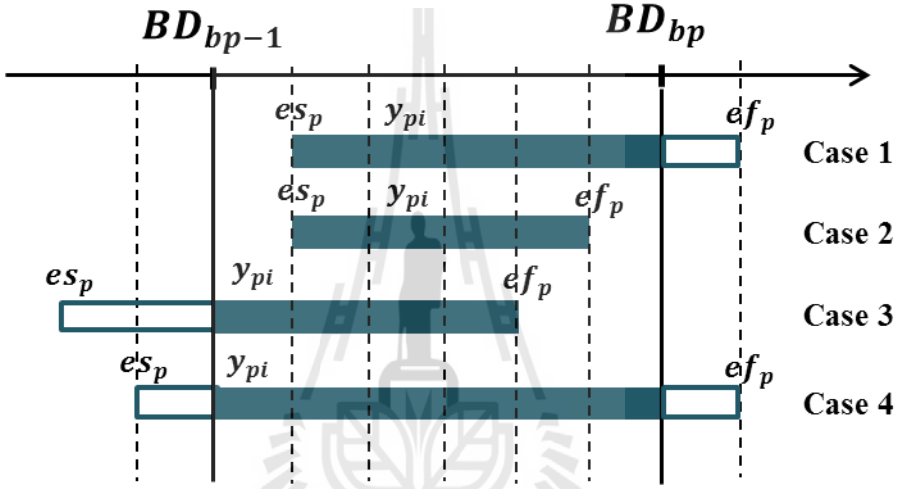
ef_p คือ เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรม p

BD_{bp} คือ กำหนดการวางบิล BD ในรอบช่วงเวลาการวางบิล bp ใด ๆ

BD_{bp-1} คือ กำหนดการวางบิล BD ครั้งก่อนหน้าในรอบช่วงเวลาการวางบิล bp ใด ๆ โดย BD_{bp-1} จะบวกเพิ่มอีกหนึ่งวัน เมื่อ es_p มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ BD_{bp-1}

จากสมการที่ (1) ถึง (4) เป็นการคำนวณค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของแต่ละกิจกรรมในรอบช่วงเวลาการวางบิลใด ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 กรณี ดังแสดงในรูปที่ 4.3 กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม es_p เริ่มหลังจากกำหนดการวางบิลครั้งก่อนหน้า BD_{bp-1} และเวลาที่เสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม ef_p เสร็จหลังจากกำหนดการวางบิลในรอบช่วงเวลาการวางบิล BD_{bp} โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในกรณีนี้จะเริ่มต้นจาก es_p และสิ้นสุดที่ BD_{bp} กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม es_p เริ่มหลังจากกำหนดการวางบิลครั้งก่อนหน้า BD_{bp-1} และเวลาที่เสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม ef_p เสร็จก่อนกำหนดการวางบิลในรอบช่วงเวลาการวางบิล BD_{bp} โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในกรณีนี้จะเริ่มต้นจาก es_p และสิ้นสุดที่ ef_p ซึ่งทั้งสองกรณีนี้จะสอดคล้องกับสมการที่ (1) และ (2) ส่วนกรณีที่ 3 เป็นกรณีที่เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม es_p เริ่มก่อนกำหนดการวางบิลครั้งก่อนหน้า BD_{bp-1} และเวลาที่เสร็จ

เร็วที่สุดของกิจกรรม ef_p เสร็จก่อนกำหนดการวางบิลในรอบช่วงเวลาการวางบิล BD_{bp} โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในกรณีนี้จะเริ่มต้นจาก BD_{bp-1} และสิ้นสุดที่ ef_p และกรณีที่ 4 เป็นกรณีที่เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรม es_p เริ่มก่อนกำหนดการวางบิลครั้งก่อนหน้า BD_{bp-1} และเวลาที่เสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรม ef_p เสร็จหลังจากกำหนดการวางบิลในรอบช่วงเวลาการวางบิล BD_{bp} โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในกรณีนี้จะเริ่มต้นจาก BD_{bp-1} และสิ้นสุดที่ BD_{bp} ซึ่งกรณีที่ 3 และ 4 นี้สอดคล้องกับสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ และวันเริ่มต้นในการคำนวณของทั้งสองกรณีหลังจำเป็นจะต้องบวกเพิ่มอีกหนึ่งวัน



รูปที่ 4.3 การกำหนดวิธีคำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลการวางบิล

4.2.2 การคำนวณกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับ

ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบช่วงเวลาการวางบิลจะนำมาคำนวณกระแสเงินสดจ่ายซึ่งจะเท่ากับผลรวมของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของทุกกิจกรรมในรอบช่วงเวลาการวางบิลนั้น ณ วันจ่ายเงิน PD แทนด้วย y_{PD} ดังปรากฏในสมการที่ (5)

$$y_{PD} = \sum_{p=1}^{n_{bp}} y_{pBD} \tag{4.5}$$

โดยที่ n_{bp} คือ จำนวนกิจกรรมที่ระยะเวลาของกิจกรรมอยู่ภายในรอบช่วงเวลาการวางบิลที่พิจารณานั้น

กำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุของทุกกิจกรรมที่อยู่ภายในรอบช่วงเวลาการจ่ายบิลนั้นจะเกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงิน PD โดยที่ PD เท่ากับกำหนดการวางบิล BD บวกกับระยะเวลาการจ่ายเงิน PTD ดังปรากฏในสมการที่ (6)

$$PD = BD + PTD \tag{4.6}$$

ผลรวมของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงิน y_{PD} จะนำไปประมาณเป็นกระแสเงินสดจ่าย CO ในรอบช่วงเวลาปกติ t ซึ่งแทนด้วย CO_t ดังปรากฏในสมการ (7)

$$CO_t = y_{PD}\ ;\ t-1 < PD \leq t \tag{4.7}$$

ส่วนของการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาเหมาหลัก โดยผู้รับเหมาจะต้องทำการเรียกเก็บเงินเมื่อทำกิจกรรมที่กำหนดในงวดงาน j ใด ๆ แล้วเสร็จ ณ กำหนดการเรียกเก็บเงิน ID ซึ่งแทนด้วย ID_j จะมีค่าเท่ากับเวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรม ef ที่มากที่สุดในเซตงวดงานที่ j ดังปรากฏในสมการที่ (8)

$$ID_j = Max\ (ef_j) \tag{4.8}$$

โดยที่ j คือ งวดงานที่ $1, 2, 3 \ldots m$

m คือ จำนวนงวดงานทั้งหมดของโครงการ

หลังจากผู้รับเหมาหลักได้เรียกเก็บเงินจากเจ้าของโครงการไปแล้ว ผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ ณ วันรับเงิน RD โดยที่ RD เท่ากับกำหนดการเรียกเก็บเงิน ID บวกกับระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน RTD ดังปรากฏในสมการที่ (9)

$$RD = ID + RTD \tag{4.9}$$

จำนวนเงินงวดงาน PP ของแต่ละงวดงาน j ที่ผู้รับเหมาได้รับในวันรับเงิน RD จะนำไปประมาณกระแสเงินสดรับ CI ณ รอบช่วงเวลาปกติ t ซึ่งแทนด้วย CI_t ดังปรากฏในสมการ (10)

$$CI_t = PP_{j,RD} \cdot (1-R)\ ;t-1 < RD \leq t \tag{4.10}$$

โดยที่ R คือ อัตราเงินประกันผลงานที่หักไว้ (retainage)

4.2.3 การคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา

กระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้น ณ รอบช่วงเวลาปกติ t (t > 1) ได้มาจากการสมดุลระหว่างกระแสเงินสดสะสมสุทธิ (net cumulative cash flow) ที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า NCF_{t-1} และกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติ CO_t ซึ่งแทนด้วย CF_t ดังปรากฏในสมการ (11)

$$CF_t = NCF_{t-1} - CO_t \tag{4.11}$$

นอกจากนี้การที่ผู้รับเหมาใช้แหล่งเงินทุนจากภายนอกนั้น ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่มที่เกิดจากการเบิกเงินเกินบัญชี (overdraft) ซึ่งผู้รับเหมาจะถูกชาร์ทในรูปแบบของอัตราดอกเบี้ย (interest charges) โดยมีสมมติฐานให้ต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยนี้จะคำนวณเมื่อสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ ซึ่งแทนด้วย IC_t ดังปรากฏในสมการที่ (12)

$$IC_t = IR \cdot (NCF_{t-1} - \frac{CO_t}{2}) \tag{4.12}$$

โดยที่ IR คือ อัตราดอกเบี้ยต่อรอบช่วงเวลาปกติ

จากสมการที่ (12) จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะคิดดอกเบี้ยจากกระแสเงินสดสะสมที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า โดยจะถูกชาร์ทเต็มเวลาจากการเบิกสินเชื่อในรอบช่วงเวลาปกติ และในส่วนที่สองจะคิดดอกเบี้ยจากปริมาณกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่พิจารณา โดยจะคิดเฉลี่ยจากอัตราดอกเบี้ย เนื่องจากการเบิกสินเชื่อเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในรอบช่วงเวลาปกตินั้นอาจไม่เต็มเวลาในการคิดดอกเบี้ย อย่างไรก็ตามการคิดอัตราดอกเบี้ยนี้จะถูกคำนวณเมื่อปริมาณกระแสเงินสดสะสมสุทธิในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้ามีค่าเป็นลบเท่านั้น

กรณีที่ปริมาณกระแสเงินสดสะสมสุทธิในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้ามีค่าเป็นบวก การคำนวณต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ยจะคำนวณโดยการหาผลต่างระหว่างกระแสเงินสดสะสมสุทธิในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้าและปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในรอบช่วงเวลาปกติ หากผลต่างมีค่าเท่ากับ 0 ก็จะไม่มีต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ยในรอบช่วงเวลาปกตินั้น ดังปรากฏในสมการที่ (13) แต่หากผลต่างมีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 การคำนวณต้นทุนทางการเงินก็จะเป็นไปตามสมการที่ (14)

$$IC_t = 0 \text{ , if } NCF_{t-1} - CO_t \geq 0 \tag{4.13}$$

$$IC_t = IR \cdot \left[\frac{NCF_{t-1} - CO_t}{2}\right], \text{if } NCF_{t-1} > 0 \; and \; NCF_{t-1} - CO_t < 0 \quad (4.14)$$

ดังนั้นการคำนวณกระแสเงินสดสะสมหลังจากคิดต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ยในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติ t ซึ่งแทนด้วย CF'_t จะเท่ากับผลรวมของปริมาณกระแสเงินสดสะสมและต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ย ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ t ดังปรากฏในสมการที่ (15)

$$CF'_t = CF_t + IC_t \quad (4.15)$$

และปริมาณกระแสเงินสดสะสมสุทธิ ณ สิ้นสุดรอบช่วงช่วงเวลาปกติ t ซึ่งแทนด้วยNCF_t จะเท่ากับผลรวมของปริมาณกระแสเงินสดสะสมหลังคิดต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ยและปริมาณกระแสเงินสดรับที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติเดียวกัน ดังปรากฏในสมการที่ (16)

$$NCF_t = CF'_t + CI_t \quad (4.16)$$

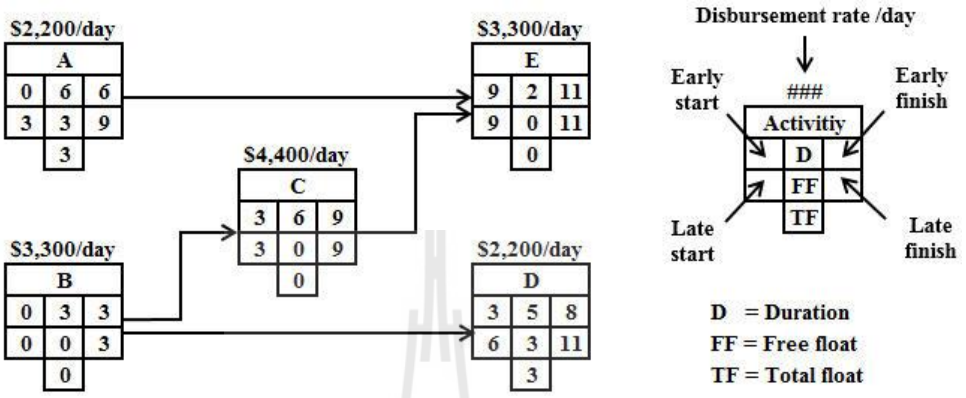
4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในหัวข้อนี้ได้นำแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอไปประยุกต์ใช้แบบจำลองกับตัวอย่างโครงการก่อสร้าง ซึ่งปรับปรุงจากตัวอย่างโครงการที่ถูกใช้ในงานวิจัยของ Elazouni และGab-Allah (2004) มาเพื่อเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลอง (verification) โดยโครงการประกอบด้วย 5 กิจกรรม คือ A, B, C, D และ E ดังรูปที่ 4.4 ซึ่ง แสดงไดอะแกรมข่ายงานวิธีสายงานวิกฤต (CPM network diagram) ของตัวอย่างโครงการ ประกอบด้วยข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของแต่ละกิจกรรม ข้อมูลระยะเวลาของแต่ละกิจกรรม รวมถึงข้อมูลเวลาเริ่มต้นและวันสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในรูปที่ 4.4

โครงการมีระยะเวลารวมทั้งสิ้น 11 วัน โดยกำหนดให้มีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน และมีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของแต่ละกิจกรรมเป็นอัตราต่อวัน (cost per day) ดังนี้ กิจกรรม A เท่ากับ $2,200 ต่อวัน กิจกรรม B เท่ากับ $3,300 ต่อวัน กิจกรรม C เท่ากับ $4,400 ต่อวัน กิจกรรม D เท่ากับ $2,200 ต่อวัน และกิจกรรม E เท่ากับ $3,300 ต่อวัน ซึ่งอัตราดังกล่าวได้รวมต้นทุนทางอ้อมแล้ว

การจ่ายเงินงวดงานจะถูกหักไว้เพื่อเป็นเงินประกันผลงาน (retainage) ร้อยละ 10 ของเงินงวดงานแต่ละงวด (R = 0.1) และจะได้รับร้อยละ 50 รวมกับเงินงวดงานงวดสุดท้าย และที่เหลือ

อีก 50 หลังจากส่งงวดงานสุดท้ายแล้ว 5 วัน และไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า และกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยจากการเบิกเงินจากธนาคารเท่ากับร้อยละ 0.3 ต่อรอบช่วงเวลาปกติ (IR = 0.003)



รูปที่ 4.4 ไดอะแกรมข่ายงานสายงานวิกฤต (CPM network diagram) ของตัวอย่างโครงการ

ส่วนของเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุได้กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุวางบิลได้ทุกวันที่ 4 ($BD = 4$) ของรอบช่วงเวลาปกติ และจะจ่ายเงินให้หลังจากวันวางบิล 2 วัน ($PTD = 2$) ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลกำหนดการวางบิลและการได้รับเงินของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ จากเงื่อนไขดังกล่าว ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุจะวางบิลวันที่ 4, 9 และ 14 (SS_4, SS_9, SS_{14}) ตามลำดับ และจะได้รับเงินวันที่ 6, 11 และ 16 (SR_4, SR_9, SR_{14}) ดังแสดงในรูปที่ 4.4

กำหนดให้ราคาค่าก่อสร้างเป็นเงินทั้งสิ้น $80,520 โดยมีเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักแบ่งออกเป็น 2 งวดงาน ประกอบด้วย งวดงานที่ 1 จะจ่ายเงินให้ร้อยละ 34 เมื่อดำเนินการทำกิจกรรม A และ B แล้วเสร็จ และงวดงานที่ 2 จะจ่ายเงินให้ร้อยละ 66 เมื่อดำเนินการทำกิจกรรม C, D และ E แล้วเสร็จ และกำหนดให้ผู้รับเหมาหลักได้รับเงินจากเจ้าของโครงการหลังจากวันเรียกเก็บเงินจำนวน 5 วัน ($RTD = 5$) ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลกำหนดการเรียกเก็บเงินและการได้รับเงินของผู้รับเหมาหลักจากเงื่อนไขดังกล่าว ผู้รับเหมาหลักจะเรียกเก็บเงินวันที่ 6 และ 11 (CS_6, CS_{11}) ตามลำดับ และจะได้รับเงินวันที่ 11และ 16 (CR_{11}, CR_{16}) ดังแสดงในรูปที่ 4.5

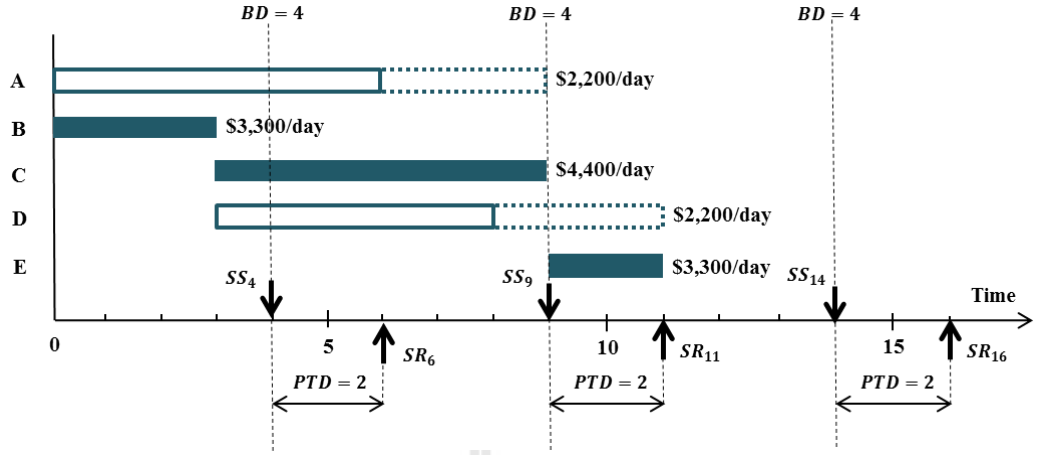
ตารางที่ 4.1 กำหนดการวางบิลและการได้รับเงินของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ

รอบช่วงเวลาปกติ (t)	วันเริ่มต้นของรอบช่วงเวลาปกติ	กำหนดการวางบิล (BD)	ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD)	กำหนดวันจ่ายเงิน (PD)	ผู้รับเหมาช่วงวางบิล (SS_{BD})	ผู้รับเหมาช่วงรับเงิน (SR_{PD})
1	0	4	2	6	4	6
2	5	4	2	6	9	11
3	10	4	2	6	14	16

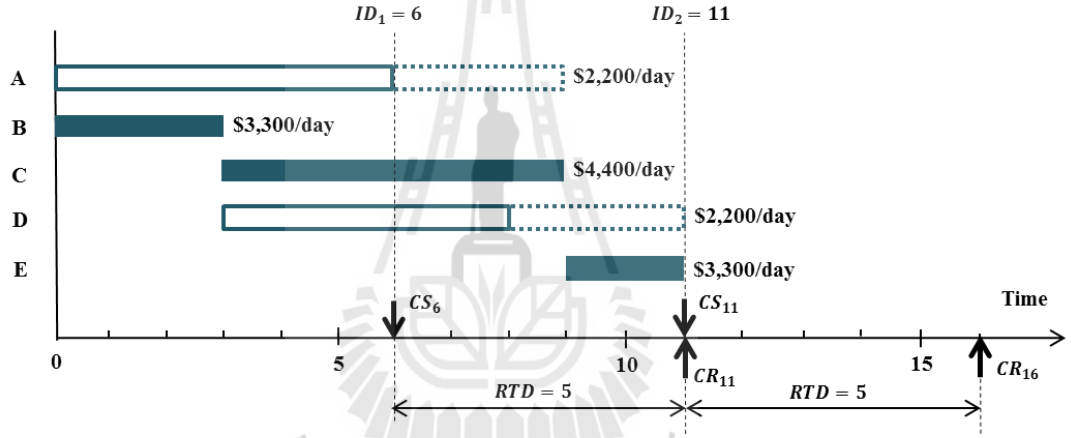
ตารางที่ 4.2 กำหนดการเรียกเก็บเงินและการได้รับเงินของผู้รับเหมาหลัก

งวดงานที่ (j)	กำหนดการเรียกเก็บเงินของงวดงาน (ID_j)	ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD)	กำหนดวันรับเงินงวดงาน (RD)	ผู้รับเหมาหลักเรียกเก็บเงิน (CS_{ID})	ผู้รับเหมาหลักรับเงินงวดงาน (CR_{RD})
1	6	5	11	6	11
2	11	5	16	11	16

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ วันวางบิล โดยการคำนวณจากสมการที่ (1) – (4) ตัวอย่างเช่น กิจกรรม A มีเวลาเริ่มเร็วที่สุดเท่ากับ 1 ($es_A = 1$) ซึ่งน้อยกว่ากำหนดการวางบิล $BD_{bp} = 4$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายของกิจกรรม A ณ วันวางบิล SS_4 จะคำนวณโดยสมการที่ (1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $8,800 และค่าใช้จ่ายส่วนที่เหลือของกิจกรรม A จะมีค่าเท่ากับ $4,400 ซึ่งจะเกิดขึ้นในรอบการวางบิล SS_9 จะคำนวณโดยสมการที่ (3) เนื่องจากเวลาเริ่มต้นกิจกรรมเร็วที่สุดของกิจกรรม A ($es_A = 1$) มีค่าน้อยกว่ากำหนดการวางบิล $BD_{bp-1} = 4$ และเวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรม A ($ef_A = 6$) มีค่าน้อยกว่ากำหนดการวางบิล $BD_{bp} = 9$ โดยวันเริ่มต้นในการคำนวณในสมการจะต้องบวกเพิ่มอีกหนึ่งวัน ดังแสดงในคอลัมน์ 3 และ 4 ของตารางที่ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 เงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ



รูปที่ 4.6 เงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก

นอกจากนี้ผลรวมของค่าใช้จ่ายของทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงิน (y_{PD}) จะคำนวณจากสมการที่ (5) โดยการรวมค่าใช้จ่ายของทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ วันวางบิล ($\sum y_{pBD}$) ตัวอย่างเช่น ผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น ณ วันวางบิล SS_4 มีค่าเท่ากับ \$25,300 ซึ่งเกิดจากผลรวมค่าใช้จ่ายของกิจกรรม A, B, C และ D ผลรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น ณ วันวางบิล SS_9 มีค่าเท่ากับ \$35,200 ซึ่งเกิดจากผลรวมค่าใช้จ่ายของกิจกรรม A, C และ D และผลรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น ณ วันวางบิล SS_9 มีค่าเท่ากับ \$6,600 ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายของกิจกรรม E ดังแสดงในแถวสุดท้ายของตารางที่ 4.3 และกำหนดเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงิน (PD) จากสมการที่ (6) ซึ่งหมายถึงผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุจะได้รับเงิน ณ SR_6, SR_{11} และ SR_{16} เท่ากับ \$25,300, \$35,200 และ \$6,600 ตามลำดับ

การประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการจะคำนวณจากสมการที่ (7) โดยกระแสเงินสดจ่ายมาจากผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงิน (y_{PD}) ซึ่งจะนำมาประมาณเป็นกระแสเงินสดจ่าย CO ในรอบช่วงเวลาปกติ t ดังตัวอย่างโครงการจะประกอบด้วย 4 รอบช่วงเวลาปกติ คือ $t = 5, 10, 15$ และ 20 โดยกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 1 $(t = 5)$ มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากในรอบช่วงเวลาปกตินี้ไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 2 $(t = 10)$ มี

ตารางที่ 4.3 ปริมาณค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ กำหนดการวางบิล

กิจกรรม	กำหนดการวางบิล (BD)	ปริมาณค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของกิจกรรม ณ วันวางบิล (\$), y_{pBD}		
		SS_4	SS_9	SS_{14}
A	4	8,800	4,400	0
B	4	9,900	0	0
C	4	4,400	22,000	0
D	4	2,200	8,800	0
E	4	0	0	6,600
ยอดรวมค่าใช้จ่าย (\$), $\sum y_{pBD}$		25,300	35,200	6,600

ค่าเท่ากับ \$25,300 เนื่องจากมีผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงินในรอบช่วงเวลานี้ที่PD มีค่าเท่ากับ 6 กระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 3 $(t = 15)$ มีค่าเท่ากับ \$35,200 เนื่องจากมีผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงินในรอบช่วงเวลานี้ที่ PD มีค่าเท่ากับ 11 และกระแสเงินสดจ่าย ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 4 $(t = 20)$ มีค่าเท่ากับ \$6,600 เนื่องจากมีผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ วันจ่ายเงินในรอบช่วงเวลานี้ที่ PD มีค่าเท่ากับ 16 ดังแสดงในคอลัมน์ที่สองของตารางที่ 4.4

การประมาณกระแสเงินสดรับของโครงการจะคำนวณจากสมการที่ (8) ถึง (10) โดยกระแสเงินสดรับมาจากเงินงวดงาน PP ที่ผู้รับเหมาหลักได้รับจากเจ้าของโครงการในวันรับเงิน RD ซึ่งจะนำมาประมาณเป็นกระแสเงินสดรับ CI ในรอบช่วงเวลาปกติ t จากตัวอย่างโครงการถูกกำหนดการจ่ายเงินงวดงานจำนวน 2 งวดงาน โดยผู้รับเหมาหลักจะได้รับเงินงวดงานที่ 1 ในวันที่ 11 และงวดงานที่ 2 ในวันที่ 16 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.2 ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (8) และ (9) ดังนั้นเงินงวดงานดังกล่าวสามารถนำมาประมาณกระแสเงินสดรับในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติได้ดังนี้ กระแสเงินสดรับ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 1 และ 2 $(t = 5,\ 10)$ มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีการจ่ายเงินงวดงานในรอบช่วงเวลาปกติเหล่านี้ กระแสเงินสดรับ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 3

$(t = 15)$ มีค่าเท่ากับ $24,639เนื่องจากผู้รับเหมาได้รับเงินงวดงานที่ 1 ที่ RD มีค่าเท่ากับ 11 กระแสเงินสดรับ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 4 $(t = 20)$ มีค่าเท่ากับ $51,855 เนื่องจากผู้รับเหมาได้รับเงินงวดงานที่ 2 ที่ RD มีค่าเท่ากับ 16 จำนวน $47,828 และเงินค่าประกันผลงานจำนวน $4,026 และกระแสเงินสดรับ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาปกติที่ 5 $(t = 25)$ มีค่าเท่ากับ $4,026 เนื่องจากผู้รับเหมาได้รับเงินค่าประกันผลงานหลังจากเสร็จสิ้นโครงการ ดังแสดงในคอลัมน์ที่สามของตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายและรับของโครงการในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติ ($)

รอบช่วงเวลาปกติ (t)	ปริมาณกระแสเงินสดจ่าย (CO_t)	ปริมาณกระแสเงินสดรับ (CI_t)
1	0	0
2	25,300	0
3	35,200	24,639
4	6,600	51,855
5	0	4,026

กระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาจะคำนวณจากสมการที่ (11) ถึง (16) โดยกระแสเงินสดสะสม CF ที่เกิดขึ้น ณ รอบช่วงเวลาปกติ t $(t > 1)$ ได้มาจากการสมดุลระหว่างกระแสเงินสดสะสมสุทธิที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า NCF_{t-1} และกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติ CO_t ดังสมการที่ (11) ซึ่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิ NCF ในแต่ละช่วงเวลาปกติ t จะเท่ากับผลรวมของปริมาณกระแสเงินสดสะสมหลังคิดต้นทุนทางเงินที่เกิดจากอัตราดอกเบี้ย CF'_t และปริมาณกระแสเงินสดรับ CI_t ที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติเดียวกัน ดังสมการที่ (16) และกระแสเงินสดสะสมหลังคิดต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากอัตราดอกเบี้ย CF' ในแต่ละช่วงเวลาปกติ t จะมาจากผลรวมของปริมาณกระแสเงินสดสะสม CF และต้นทุนทางการเงิน IC ในรอบช่วงเวลาปกติเดียวกัน ดังแสดงในสมการที่ (15)

จากตัวอย่างโครงการกระแสเงินสดสะสมหลังคิดต้นทุนทางการเงิน CF' ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติที่ 1 $(t = 5)$ มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีปริมาณกระแสเงินสดจ่ายเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลานี้และไม่มีปริมาณกระแสเงินเงินสดสะสมสุทธิที่เกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้าด้วยเช่นกัน ส่วนปริมาณ CF' ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติที่ 2, 3, 4 และ 5 $(t = 10,\ 15, 20, 25)$ มีค่า

เท่ากับ ($25,338), ($60,667), ($42,746) และ $9,109 ตามลำดับ โดยในแต่ละรอบช่วงเวลามีต้นทุนทางการเงิน IC มีค่าเท่ากับ ($38), ($129), ($118) และ $0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมและต้นทุนทางการเงินในแต่ละรอบช่วงเวลา ($)

รอบช่วงเวลาปกติ (t)	กระแสเงินสดสะสม (CF_t)	กระแสเงินสดสะสมสุทธิ (NCF_t)	ต้นทุนทางการเงิน (IC_t)	กระแสเงินสดสะสมหลัง IC_t (CF'_t)
1	0	0	0	0
2	(25,300)	(25,338)	(38)	(25,338)
3	(60,538)	(36,028)	(129)	(60,667)
4	(42,628)	9,109	(118)	(42,746)
5	9,109	13,135	0	9,109

จากตารางที่ 4.5 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมที่มีค่าเป็นลบในบางรอบช่วงเวลาเนื่องจากผู้รับเหมามีปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในช่วงเวลานั้นมากกว่ากระแสเงินสดสะสมสุทธิที่เหลืออยู่ในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้า อีกทั้งผู้รับเหมายังถูกคิดอัตราดอกเบี้ยจากกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นทุนทางการเงินที่เกิดจากการคิดอัตราดอกเบี้ย ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติที่ 3 และ 4 มีค่าสูงถึง ($129) และ ($118) ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณกระแสเงินสดสะสมสุทธิที่เหลืออยู่ในรอบช่วงเวลาปกติก่อนหน้ามีมูลค่าที่สูงและเมื่อรวมกับปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในรอบช่วงเวลาปกตินั้นจึงทำให้ผู้รับเหมาต้องถูกคิดอัตราดอกเบี้ยจากปริมาณกระแสเงินสดสะสมในช่วงเวลาดังกล่าวสูงด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามความต้องการกระแสเงินสดสะสมของโครงการเริ่มลดลงหลังจากสิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติที่ 4 เนื่องจากผู้รับเหมาได้รับเงินงวดงานที่สองและเงินประกันผลงานจากเจ้าของโครงการ ซึ่งทำให้ผู้รับเหมามีรายได้สุทธิหลักเสร็จโครงการเป็นจำนวน $13,135 นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างโครงการนี้มีความต้องการปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดเท่ากับ $60,667 ที่ผู้รับเหมาจะต้องนำไปขอวงเงินสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) เพื่อให้ปริมาณความต้องการเงินสดเพียงพอตลอดทั้งโครงการต่อไป

4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในหัวข้อที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่พัฒนา (modified financed-based scheduling) กับตัวอย่างโครงการที่ถูกใช้ในงานวิจัยของ Elazouni และ Gab-Allah (2004) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการ โดยประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการการก่อสร้างจำนวน 4 โครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ที่สอดคล้องกับความสามารถใช้ได้จริงโดยทั่วไป (generalization) ในหัวข้อนี้จะดำเนินการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า แบบจำลอง MFBS กับผลลัพธ์ของแบบจำลองของ Elazouni และ Gab-Allah (2004) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าแบบจำลอง Elazouni โดยวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการ และประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการการก่อสร้างจำนวน 4 โครงการ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยโครงการจะมีเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของกิจกรรม รวมถึงระยะเวลาของโครงการที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของกิจกรรมของ 4 ตัวอย่างโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	โครงการที่ 1		โครงการที่ 2		โครงการที่ 3		โครงการที่ 4	
		เวลาเริ่มต้น	เวลาเสร็จ	เวลาเริ่มต้น	เวลาเสร็จ	เวลาเริ่มต้น	เวลาเสร็จ	เวลาเริ่มต้น	เวลาเสร็จ
A	6	0	6	0	6	0	6	0	6
B	3	0	3	1	4	2	5	2	5
C	6	3	9	5	11	6	12	8	14
D	5	3	8	8	13	9	14	11	16
E	2	9	11	11	13	12	14	14	16
ระยะเวลาโครงการ		11		13		14		16	

ตัวอย่างโครงการทั้ง 4 โครงการประกอบด้วย 5 กิจกรรม มีรอบช่วงเวลาปกติ 5 วัน และมีข้อมูลด้านต้นทุนของกิจกรรม รวมถึงเงื่อนไขการหักเงินประกันผลงาน (retainage) เหมือนกับตัวอย่างโครงการในหัวข้อที่ผ่านมา ส่วนเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุกำหนดให้วางบิลทุกวันที่ 5 ($BD = 5$)หรือการวางบิล ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ

และกำหนดการจ่ายเงินให้ทันทีหลังการวางบิล ($PTD = 0$) หรือไม่มีการระยะเวลาการจ่ายเงินในโครงการที่ประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Elazouni เนื่องจากไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในแบบจำลองนี้ และกำหนดให้วางบิลทุกวันที่ 4 ($BD = 4$) และจะจ่ายเงินให้หลังจากการวางบิล 2 วัน ($PTD = 2$) ในแบบจำลอง MFBS นอกจากนี้กำหนดให้การจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักโดยการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดรับจากค่าใช้จ่ายของกิจกรรมทั้งหมดที่แล้วเสร็จภายในรอบช่วงเวลาปกติและกำหนดการเรียกเก็บเงิน ณ สิ้นสุดรอบช่วงเวลาปกติ ($ID = t$) และการรับเงินหลังจากวันเรียกเก็บเงิน 5 วัน ($RTD = 5$) ในแบบจำลองของ Elazouni และกำหนดให้ปริมาณกระแสเงินสดรับเท่ากับจำนวนเงินงวดงานที่เจ้าของโครงการกำหนด โดยมีกำหนดการเรียกเก็บเงินตามเวลาเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรมสุดท้ายภายในงวดงานนั้น ๆ ($ID_j = Max\ (ef_j)$) และกำหนดให้การรับเงินหลังจากวันเรียกเก็บเงิน 5 วัน ($RTD = 5$) ในแบบจำลอง MFBS

ตารางที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติของตัวอย่างโครงการทั้ง 4 โครงการจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Elazouni และแบบจำลอง MFBS จากตารางที่ 4.7 จะสังเกตได้ว่าปริมาณความต้องการกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการ (Max. CF'_t) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง MFBS มีค่าน้อยกว่าแบบจำลอง Elazouni ในตัวอย่างโครงการที่ 1, 2 และ 3 ยกเว้นในตัวอย่างโครงการที่ 4 ที่ปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดจากแบบจำลอง MFBS มีค่ามากกว่าแบบจำลอง Elazouni ซึ่งสาเหตุมาจากปริมาณและความถี่ของกระแสการจ่ายเงินสดรับจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักที่มากกว่าของแบบจำลอง Elazouni ซึ่งทำให้กระแสเงินสดสะสมสุทธิของแต่ละรอบช่วงเวลาคงเหลือน้อยกว่าจึงส่งผลให้กระแสเงินสดสะสมน้อยตามลงไปด้วย และเมื่อตรวจสอบกระแสการจ่ายเงินสดรับจากเจ้าของโครงการของตัวอย่างโครงการที่ 4 ที่ประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง MFBS พบว่าผู้รับเหมาได้รับเงินงวดงานที่ 1 ณ สิ้นรอบช่วงเวลาปกติที่ 3 และงวดงานที่ 2 ณ สิ้นรอบช่วงเวลาปกติที่ 5 ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้กระแสเงินสดสะสมในรอบช่วงเวลาปกติที่ 5 มีปริมาณสะสมมากกว่าปกติ

นอกจากนี้เมื่อสังเกตปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองจะเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างโครงการที่ 1 และ 2 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลอง Elazouni จะเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่ 2 แต่จากแบบจำลอง MFBS จะเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่ 3 และตัวอย่างโครงการที่ 3 และ 4 ปริมาณ

กระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่คำนวณได้จากแบบจำลอง Elazouni จะเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่ 3 แต่จากแบบจำลอง MFBS จะเกิดขึ้นในรอบช่วงเวลาปกติที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งสาเหตุมาจากการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินที่มีผลต่อปริมาณและระยะเวลาของกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายและกระแสการจ่ายเงินสดรับของโครงการ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อสังเกตผลรวมต้นทุนทางการเงินที่เกิดขึ้นจากการคิดอัตราดอกเบี้ยจากแบบจำลองทั้งสองยังพบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง MFBS มีค่าน้อยกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Elazouni แม้ว่าปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง MFBS ของโครงการที่ 4 จะมีปริมาณที่มากกว่าก็ตาม ซึ่งหมายถึงโครงการที่ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MFBS มีแนวโน้มที่จะได้กำไร อย่างไรก็ตามการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยการจ่ายเงินตามแนวคิดของแบบจำลอง MFBS ที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ด้านความต้องการเงินสดและต้นทุนทางการเงินโครงการที่น้อยกว่าแบบจำลองของ Elazouni โดยปราศจากการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรม ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะเวลาสิ้นสุดโครงการที่ล้าช้าออกไป นอกจากนี้ความแตกต่างของผลลัพธ์ของแบบจำลองทั้งสองชี้ให้เห็นว่าในบางรอบช่วงเวลาปกติของโครงการที่มีปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดมากเกินไปอาจทำให้ผู้รับเหมามีต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเนื่องจากการจ่ายเงินค่าปรับการใช้วงเงิน (penalty fee for unused portions) จากสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (overdraft) หรือในบางรอบช่วงเวลาปกติที่มีปริมาณกระแสเงินสดสะสมสูงสุดน้อยเกินไปอาจทำให้ผู้รับเหมาต้องประสบกับสภาวะการขาดสภาพคล่องทางการเงินซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานก่อสร้างหยุดชะงักได้

4.5 สรุป

บทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน (modified finance-based scheduling, MFBS) โดยเริ่มจากการอธิบายการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ซึ่งประกอบด้วยกำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) โดยการรวมตัวแปรดังกล่าวในการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในแต่ละรอบช่วงเวลาการวางบิลเพื่อ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติของตัวอย่างโครงการจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Elazouni และ MFBS

รอบช่วงเวลาปกติ (t)	กระแสเงินสดสะสมหลังคิดอัตราดอกเบี้ย (CF'_t), ($)							
	โครงการที่ 1		โครงการที่ 2		โครงการที่ 3		โครงการที่ 4	
	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)
1	(34,151)	0	(20,931)	0	(20,931)	0	(20,931)	0
2	(63,998)	(25,338)	(49,637)	(18,728)	(43,027)	(15,423)	(32,011)	(15,423)
3	(30,557)	(60,667)	(44,773)	(43,021)	(44,753)	(36,401)	(39,211)	(27,588)
4	1,524	(42,746)	(13,926)	(42,673)	(21,056)	(42,643)	(32,922)	(31,600)
5	-	9,109	-	9,178	-	9,206	(848)	(42,711)
6	-	13,135	-	13,200	-	13,226	-	9,133
7	-	-	-	-	-	-		13,149
Max. CF'_t	(63,998)	(60,667)	(49,637)	(43,021)	(44,753)	(42,643)	(39,211)	(42,711)
ผลรวมต้นทุนทางการเงิน	(285)	(285)	(274)	(212)	(276)	(182)	(273)	(251)

นำไปสู่การประมาณกระแสเงินสดจ่ายตามกำหนดการจ่ายเงิน และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก ซึ่งประกอบด้วย กำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน (ID) ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน และกำหนดวันรับเงินงวดงาน (RTD) โดยการรวมตัวแปรดังกล่าวในการประมาณกระแสเงินสดรับตามกำหนดการรับเงินงวดงาน ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินดังกล่าวได้ถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองที่ใช้วิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (MFBS) เพื่อการคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการให้สอดคล้องกับการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงิน

นอกจากนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MFBS กับตัวอย่างโครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลอง (verification) ซึ่งแบบจำลอง MFBS สามารถคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนดดังแสดงในสมการที่ (1) ถึง (10) และในบทนี้ได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ MFBS กับผลลัพธ์ของแบบจำลองของ Elazouni เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการ โดยประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการการก่อสร้างจำนวน 4 โครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ที่สอดคล้องกับความสามารถใช้ได้จริงโดยทั่วไป (generalization) และสามารถนำไปใช้ได้ในทางปฏิบัติกับการวางแผนทางการเงินโครงการของผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีกำหนดการจ่ายเงินไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุก่อสร้าง และใช้ได้กับโครงการก่อสร้างที่กำหนดการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักเป็นรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์พบว่าการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยการจ่ายเงินตามแนวคิดของแบบจำลอง MFBS ที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ด้านความต้องการเงินสดและต้นทุนทางการเงินโครงการที่น้อยกว่าแบบจำลองของ Elazouni โดยปราศจากการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรม ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะเวลาสิ้นสุดโครงการที่ล้าช้าออกไป ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนดและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน และยังเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขการจ่ายเงินของแบบจำลอง MFBS ในบทนี้เป็นการกำหนดแบบสม่ำเสมอและค่าคงที่เพียงค่าเดียว เพื่อการ

ทดสอบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงิน งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ซึ่งจะนำเสนอในบทต่อไป

บทที่ 5
การวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์

จากบทที่ผ่านมาได้พัฒนาและนำเสนอแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน ซึ่งประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ กำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) กำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน (ID) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวเพื่อนำไปสู่การประมาณกระแสการจ่ายเงิน และนำไปคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการให้สอดคล้องกับการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงิน อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่สมมติเพียงค่าเดียว (deterministic variables) ในทางปฏิบัติในหนึ่งโครงการก่อสร้างค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจทำให้มูลค่ากระแสเงินสดสะสมสูงสุดและต้นทุนทางการเงินของโครงการเพิ่มขึ้นหรือต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถเจรจาต่อรองเพื่อกำหนดการวางบิล (BD) และระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) ระหว่างกันได้ ในทำนองเดียวกันค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักในเรื่องของระยะเวลาการจ่างเงินงวดงาน (RTD) เจ้าของโครงการอาจจะจ่ายเงินงวดงานให้กับผู้รับเหมาไม่แน่นอน ส่วนค่าพารามิเตอร์อีกหนึ่งตัวคือกำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน (ID) ผู้รับเหมาจำเป็นต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ในสัญญา กล่าวคือผู้รับเหมาจะต้องดำเนินกิจกรรมโครงการที่กำหนดภายในงวดงานให้แล้วเสร็จก่อนที่จะทำการเรียกเก็บเงินงวดงานได้ ดังนั้นในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ โดยการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์ (sensitivity analysis) จำนวน 3 ตัวแปร ประกอบด้วยกำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) ที่ส่งผลต่อยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdrafts) และต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ของโครงการจากแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่พัฒนาขึ้น รวมถึงการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

ของยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและต้นทุนทางการเงินของโครงการจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัวแปรอีกด้วย

5.1 การกำหนดการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์

ในบทนี้ได้ศึกษาค่าความเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์จำนวน 3 ตัวแปร ประกอบด้วย กำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) ที่ส่งผลต่อยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdrafts) และต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ของโครงการจากแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่พัฒนาขึ้น โดยการกำหนดช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปร ดังนี้ ช่วงการเปลี่ยนแปลงของกำหนดการวางบิล (BD) คือ 1 ถึง 5 หน่วย ช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) คือ 0 ถึง 9 หน่วย และช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) คือ 0 ถึง 10 หน่วย ซึ่งประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการในบทที่ผ่านมาที่ซึ่งโครงการมีระยะเวลารวมทั้งสิ้น 11 วัน (หน่วย) และมีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน (หน่วย) กล่าวคือ ช่วงการเปลี่ยนแปลงของกำหนดการวางบิล (BD) 1 ถึง 5 หน่วย หมายถึงกำหนดการเปลี่ยนแปลงการวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าของทุกกิจกรรมทีละหน่วยตั้งแต่ 1 2 3 4 และ 5 หน่วย ตามลำดับในช่วงเวลาปกติของโครงการ ในทำนองเดียวกับช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) 0 ถึง 9 หน่วย หมายถึงกำหนดการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าของทุกกิจกรรมทีละหน่วยหลังจากการวางบิลตั้งแต่ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 และ 9 หน่วย ตามลำดับ และช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) 0 ถึง 10 หน่วย หมายถึงกำหนดการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักหลังจากการส่งงวดงานทีละหน่วยตั้งแต่ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 หน่วย ตามลำดับ

ช่วงการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดใช้กับตัวอย่างโครงการข้างต้นถูกจำลองมาจากโครงการก่อสร้างจริงซึ่งอาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้างในบทที่ 3 โดยหน่วยของค่าการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดเป็นหน่วยถูกจำลองมากจากหน่วยวันในโครงการจริง กล่าวคือรอบช่วงเวลาปกติโดยทั่วไปของโครงการก่อสร้างคือทุก 30 วัน หรือ 1 เดือน ซึ่งจะกำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวางบิลได้ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 30 ของเดือน ดังนั้นการทดสอบในตัวอย่างโครงการซึ่งมีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน (หน่วย) จึงจำลองช่วงการเปลี่ยนแปลงการวางบิลตั้งแต่ 1 ถึง 5 หน่วย กล่าวคือกำหนดการวางบิลได้ภายในรอบช่วงเวลาปกติ ส่วนการกำหนด

ระยะเวลาการจ่ายเงินหลังจากการวางบิลในโครงการจริงจะกำหนดเป็นจำนวนวัน เช่น 10 วัน เป็นต้น ซึ่งในโครงการก่อสร้างจริงมีความเป็นไปได้ที่ผู้เหมาช่วงหรือร้านค้าได้รับเงินทันทีหลังจากการวางบิลจนกระทั่งถึง 90 วัน (สามรอบช่วงเวลาปกติในโครงการจริง) ดังนั้นการทดสอบในตัวอย่างโครงการซึ่งมีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน (หน่วย) จึงจำลองช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงินตั้งแต่ 0 ถึง 9 หน่วย กล่าวคือระยะเวลาการจ่ายเงินที่มากที่สุด 9 หน่วยเมื่อรวมกำหนดการวางบิลที่มากที่สุดคือ 5 หน่วยแล้วจะไม่เกิน 15 วัน (หน่วย) ซึ่งจะเท่ากับสามรอบช่วงเวลาปกติในตัวอย่างโครงการ นอกจากนี้การกำหนดระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานหลังการเรียกเก็บเงินงวดงานจะกำหนดเป็นจำนวนวันเช่นกัน เช่น 5 วัน เป็นต้น ทั้งนี้ในโครงการก่อสร้างจริงมีความเป็นไปได้ที่เจ้าของโครงการจะจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาหลักทันทีหลังจากกำหนดเรียกเก็บเงินงวดงานหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในสัญญา แต่เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ต้องการทราบว่าหากเจ้าของโครงการใช้ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานนานจนถึงสองรอบช่วงเวลาปกติจะส่งผลกระทบอย่างไร ดังนั้นการทดสอบในตัวอย่างโครงการซึ่งมีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน (หน่วย) จึงจำลองช่วงการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานตั้งแต่ 0 ถึง 10 หน่วย กล่าวคือเจ้าของโครงการจะจ่ายเงินงวดงานให้กับผู้รับเหมาหลักหลังจากกำหนดเรียกเก็บเงินงวดงานไม่เกิน 10 วัน (หน่วย) ซึ่งจะเท่ากับสองรอบช่วงเวลาปกติในตัวอย่างโครงการ

5.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์

ช่วงการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปรถูกนำมาทดสอบในแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่พัฒนาขึ้น โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ทีละค่าและคำนวณมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการ ซึ่งทดสอบกับตัวอย่างโครงการก่อสร้างในบทที่ผ่านมา (หัวข้อ 4.4) จำนวน 4 โครงการ โดยแต่ละโครงการประกอบด้วย 5 กิจกรรม และมีรอบช่วงเวลาปกติทุก 5 วัน การปรับค่าพารามิเตอร์จะทำการปรับค่าตัวแปรที่สนใจทีละค่า โดยกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่น ๆ เป็นค่าคงที่ ตัวอย่างเช่นค่าตัวแปรที่สนใจคือระยะเวลาการจ่าย (PTD) ในการทดสอบจะทำการปรับค่าตัวแปร PTD ทีละค่า และกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่น คือกำหนดการวางบิล (BD) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) เป็นค่าคงที่ โดยจะทำการปรับค่าตัวแปรที่สนใจไปเรื่อย ๆ จนครบตามกำหนดช่วงของการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์นั้น เป็นต้น ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของทั้ง 3 ตัวแปรกับตัวอย่างโครงการทั้ง 4 โครงการดังแสดงในรูปที่ 5.1 ถึง 5.8 โดยรูปที่ 5.1 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์

ของโครงการที่ 1 ส่วนรูปที่ 5.2 ถึง 5.4 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดจากการทดสอบเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของโครงการที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ นอกจากนี้รูปที่ 5.5 ถึง 5.8 แสดงมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5.1 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.2 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 2 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 จาก 4 เป็น 5 จาก 7 เป็น 8 และ จาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 2 ช่วง 3 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 7 ช่วง 8 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.3 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 3 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลง

ค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 จาก 4 เป็น 5 จาก 6 เป็น 7 และ จาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 1 ช่วง 2 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 6 ช่วง 7 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.4 แสดงมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 4 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 ในรูปที่ 5.16 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.5 แสดงมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือ

มูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

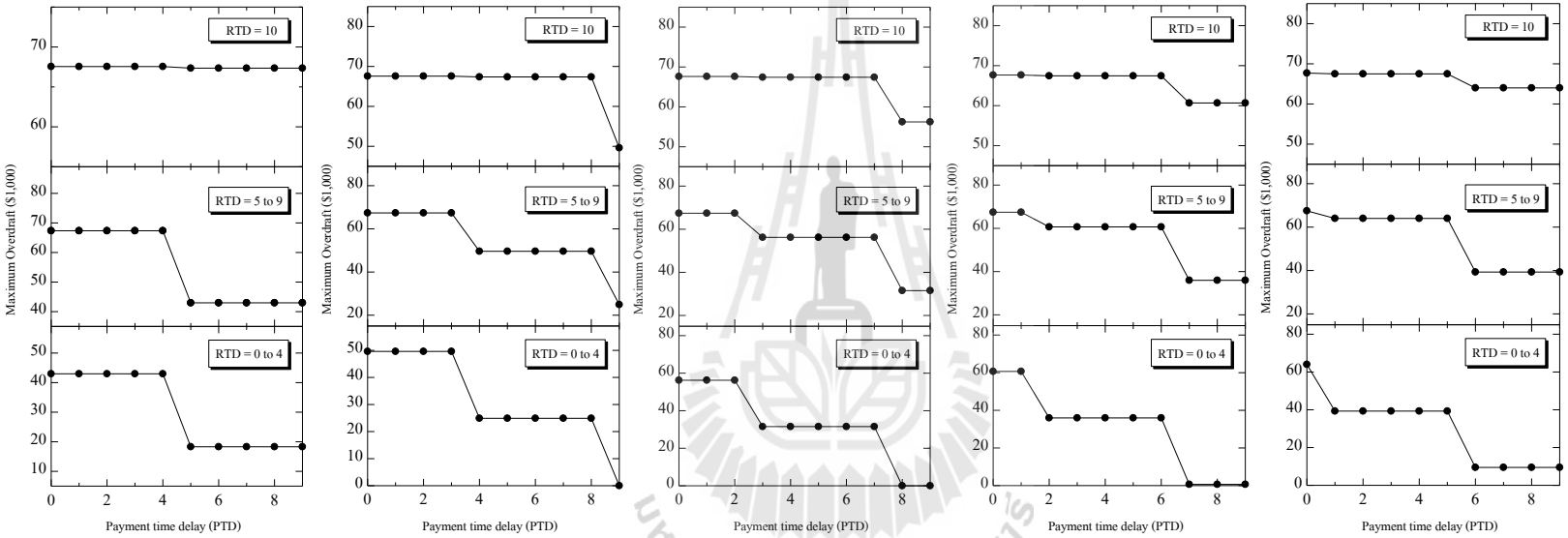
จากรูปที่ 5.6 แสดงมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 2 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 จาก 4 เป็น 5 จาก 7 เป็น 8 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 2 ช่วง 3 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 7 ช่วง 8 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.7 แสดงมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 3 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 จาก 4 เป็น 5 จาก 6 เป็น 7 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 1 ช่วง 2 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 6 ช่วง 7 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

จากรูปที่ 5.8 แสดงมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 4 จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์กำหนดการวางบิล BD ทีละค่าภายในช่วงการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ คือ BD

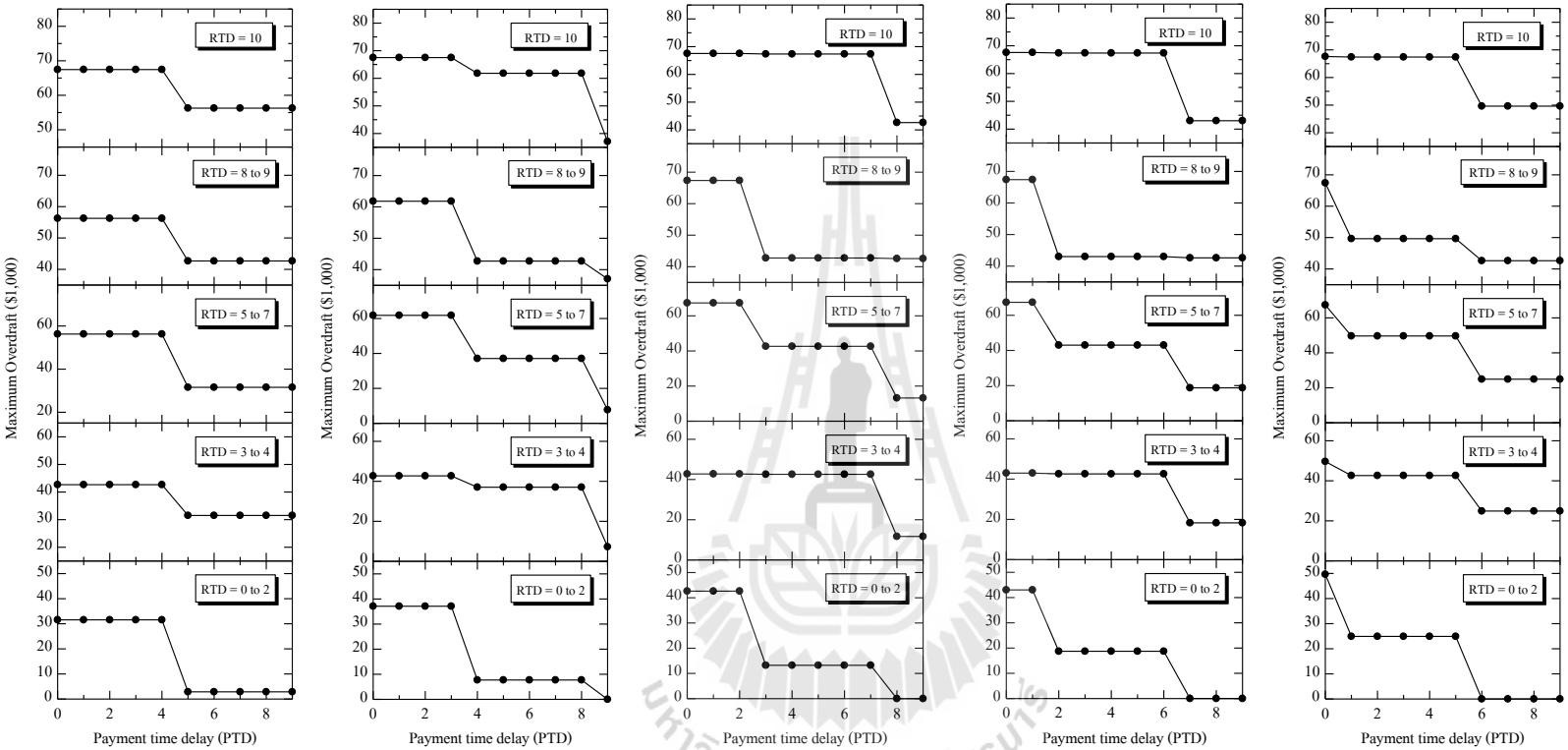
เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ผลการทดสอบในแต่ละตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร PTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าลดลง นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และจาก 8 เป็น 9 เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และจาก 7 เป็น 8 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และจาก 6 เป็น 7 และเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 ณ BD เท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร RTD ไปทีละค่าจนกระทั่งถึงค่า ๆ หนึ่ง มูลค่าต้นทุนทางการเงินมีค่าเพิ่มขึ้น นั่นคือมูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 และจาก 9 เป็น 10 ดังแสดงในรูปที่ 5.8 ซึ่งถูกแสดงแยกเป็นช่วงของค่าตัวแปร RTD โดยเรียงลำดับจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ ช่วง 0 ถึง 4 ช่วง 5 ถึง 9 และ RTD เท่ากับ 10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

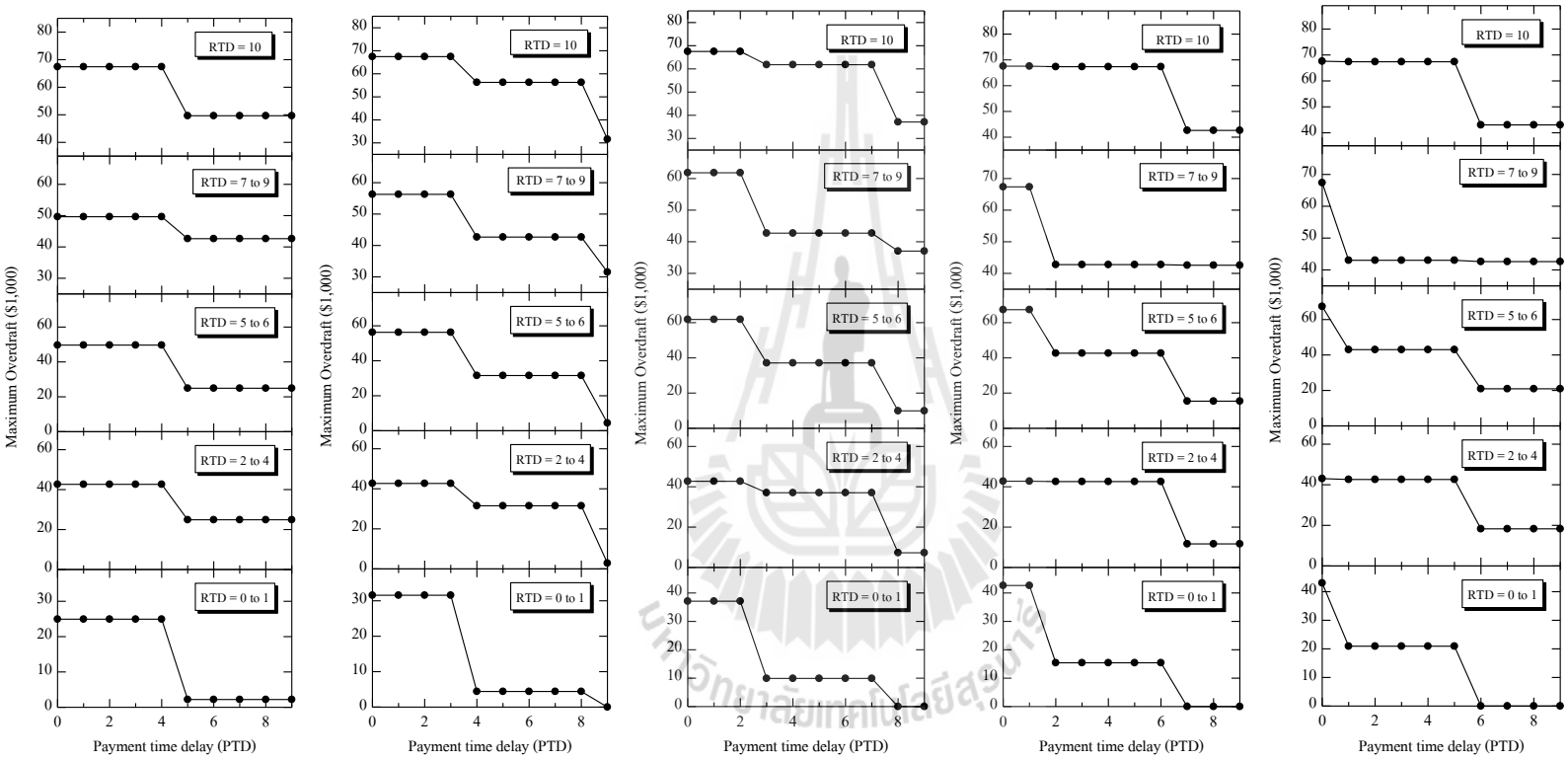
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1



BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

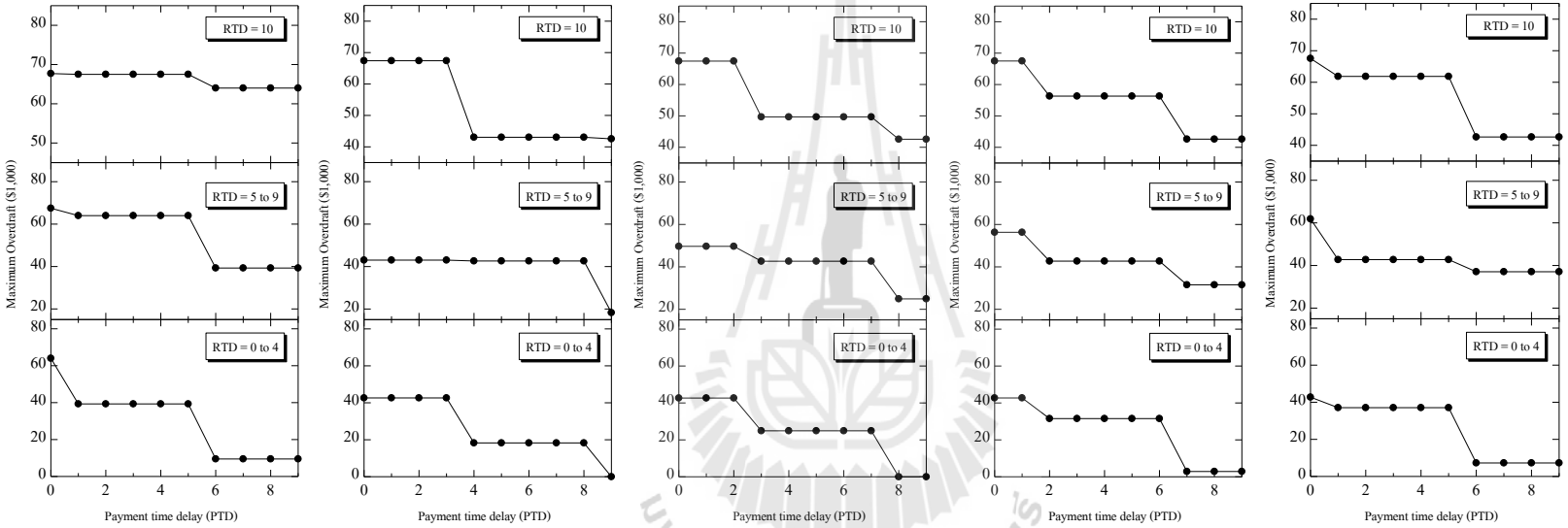
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



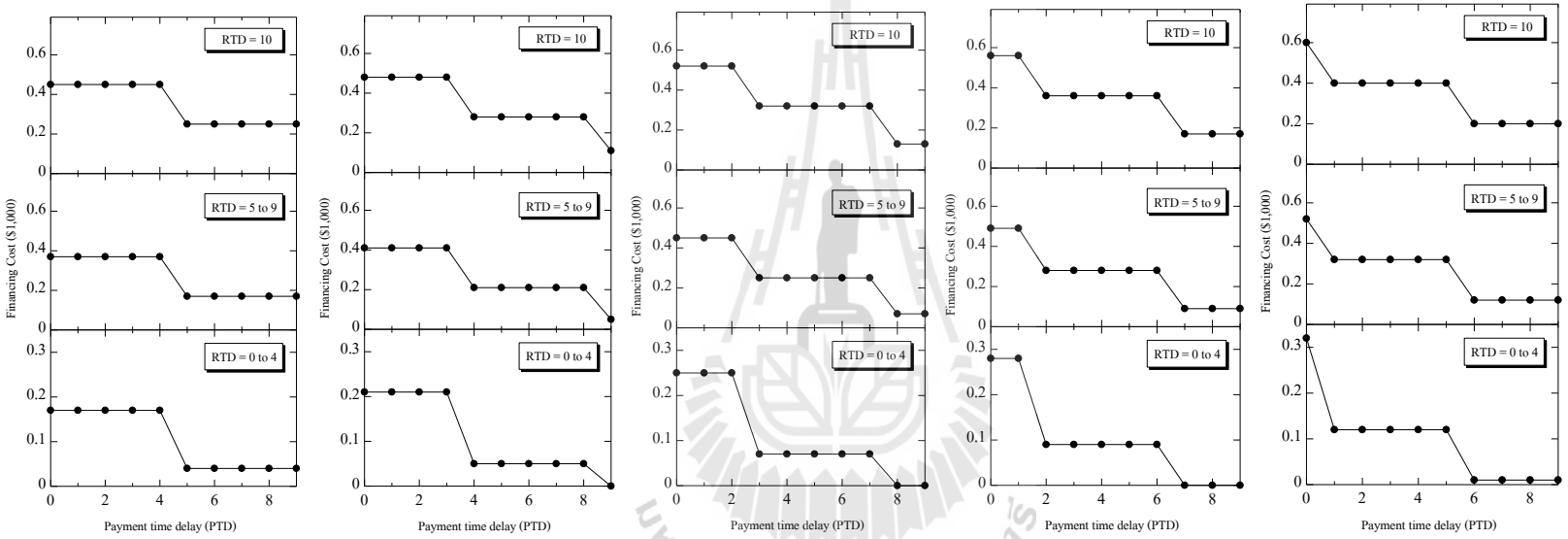
BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.3 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 3



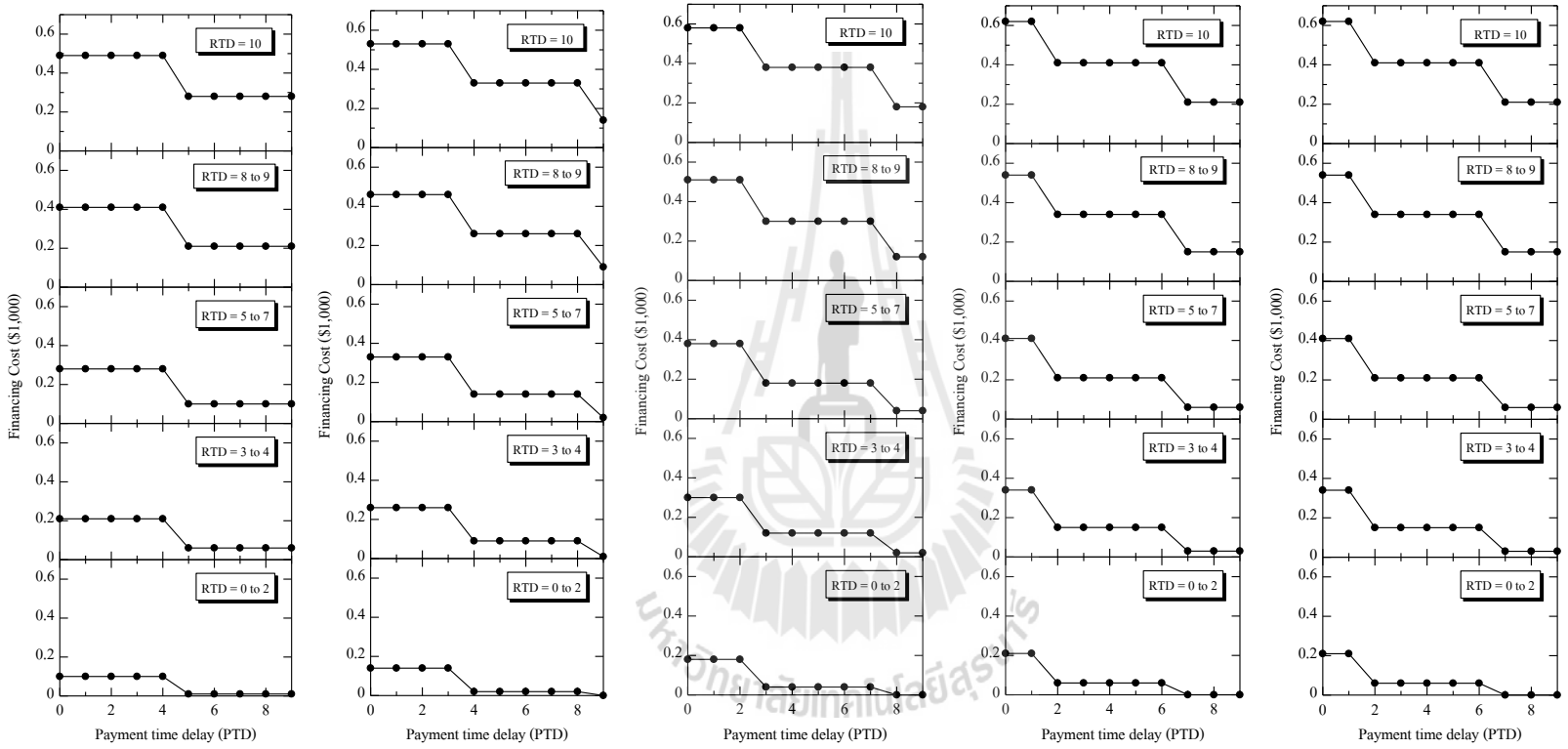
BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 4



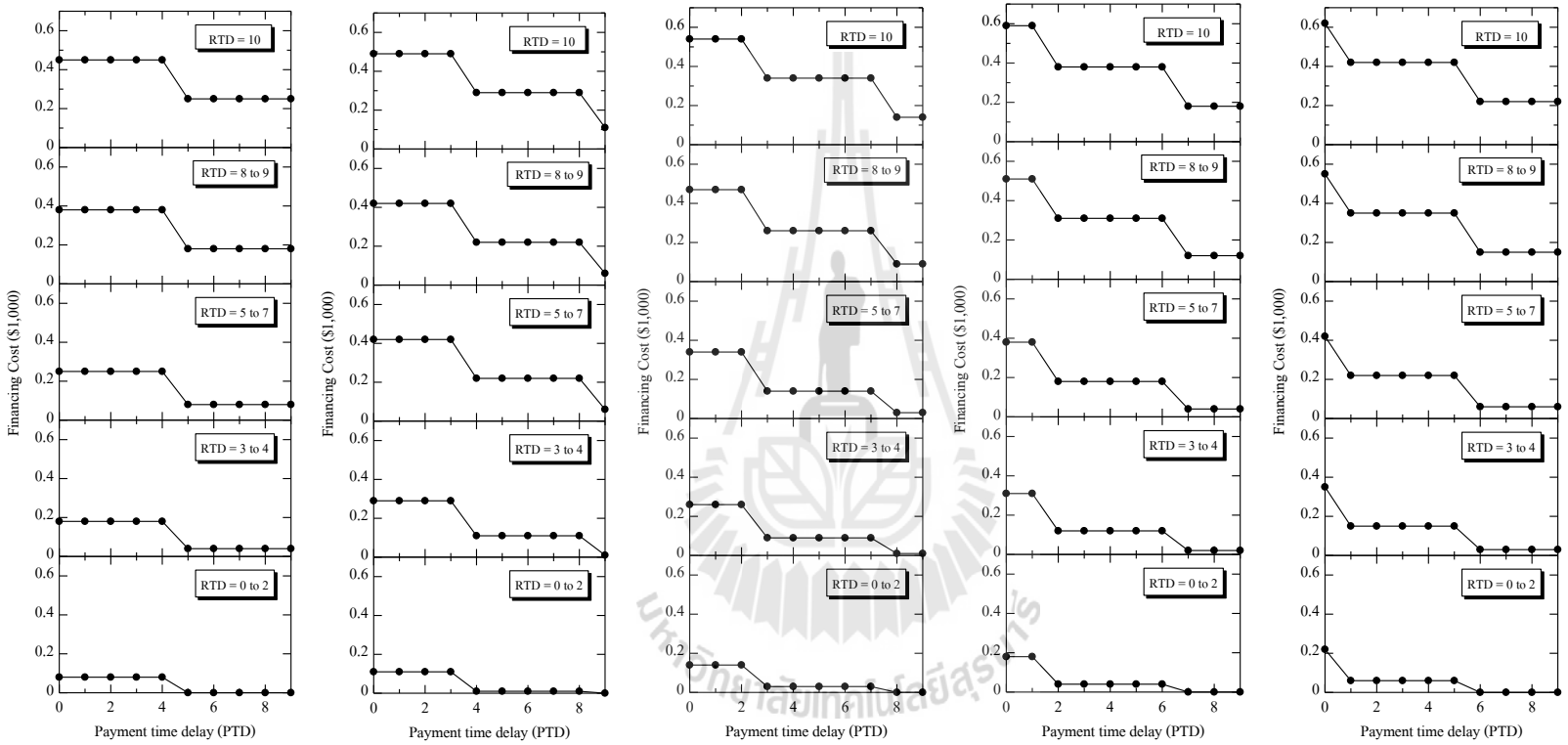
BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1



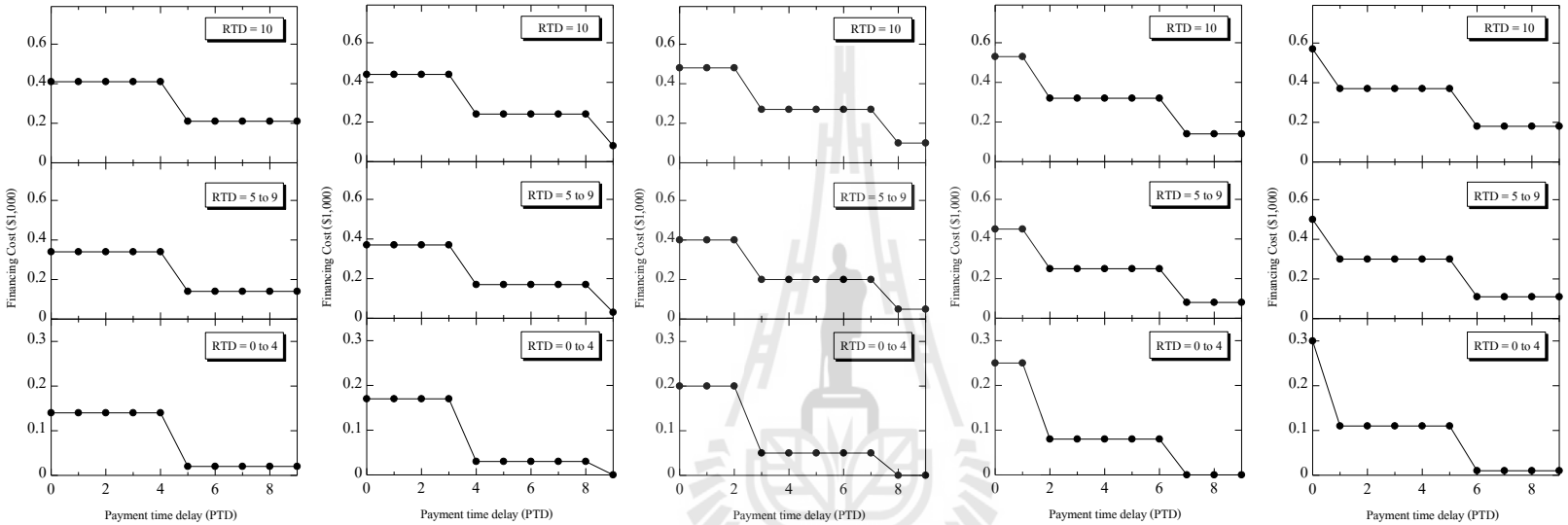
BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 2



BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.7 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 3



BD = 1 BD = 2 BD = 3 BD = 4 BD = 5

รูปที่ 5.8 กราฟแสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่ BD = 1 ถึง 5 ต่อมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 4

5.3 ผลการวิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ โดยการปรับค่าตัวแปรทีละค่าทั้ง 3 ตัวแปรตามช่วงการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดของแต่ละพารามิเตอร์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการในตัวอย่างโครงการจำนวน 4 โครงการ พบว่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปรส่งผลต่อมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินทั้ง 4 โครงการไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองลดลง และเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD และ BD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น

การลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD จากกราฟในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งเห็นได้ว่ามูลค่าจะมีค่าคงที่ก่อนที่จะลดลงซึ่งการลดลงจะเกิดขึ้น ณ ค่า PTD ที่แตกต่างกันในแต่ละค่า BD ตัวอย่างเช่น ที่ $BD = 1$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 ที่ $BD = 2$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4 และ 8 เป็น 9 ที่ $BD = 3$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และ 7 เป็น 8 ที่ $BD = 4$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และ 6 เป็น 7 และที่ $BD = 5$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และ 5 เป็น 6 เป็นต้น จะสังเกตได้ว่าการลดลงจะเกิดขึ้น ณ ค่า PTD ที่แตกต่างกันในแต่ละ BD ซึ่งเป็นการเกิดขึ้นหลังจากวันจ่ายเงิน PD $(BD + PTD)$ ที่เมื่อค่า BD รวมกับค่า PTD มีค่ามากกว่ารอบช่วงเวลาปกติ t และรอบช่วงเวลาปกติที่ 2 $(2t)$ โดยค่ารอบช่วงเวลาปกติ t ของตัวอย่างโครงการเท่ากับ 5 และค่ารอบช่วงเวลาปกติที่ 2 ของตัวอย่างโครงการเท่ากับ 10 ดังนั้นจากตัวอย่างโครงการมูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PD เท่ากับ 6 และ 11 ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ที่ $BD = 1$ มูลค่าจะลดลงเมื่อค่า PTD เท่ากับ 5 ซึ่งเมื่อรวมกับ BD แล้วจะมีค่าเท่ากับ 6 (1+5) ที่ $BD = 2$ มูลค่าที่ลดลงจะลดลงเมื่อค่า PTD เท่ากับ 4 และ 9 ซึ่งเมื่อรวมกับ BD แล้วจะมีค่าเท่ากับ 6 (2+4) และ 11 (2+9) ตามลำดับ ที่ $BD = 3$ มูลค่าที่ลดลงจะลดลงเมื่อค่า PTD เท่ากับ 3 และ 8 ซึ่งเมื่อรวมกับ BD แล้วจะมีค่าเท่ากับ 6 (3+3) และ 11 (3+8) ตามลำดับ ที่ $BD = 4$ มูลค่าที่ลดลงจะลดลงเมื่อค่า PTD เท่ากับ 2 และ 7 ซึ่งเมื่อรวมกับ BD แล้วจะมีค่าเท่ากับ 6 (4+2) และ 11 (4+7) ตามลำดับ และที่ $BD = 5$ มูลค่าที่ลดลงจะลดลงเมื่อค่า PTD เท่ากับ 1 และ 6 ซึ่งเมื่อรวมกับ BD แล้วจะมีค่าเท่ากับ 6 (5+1) และ 11 (5+6) ตามลำดับ เป็นต้น

การเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD จากกราฟในหัวข้อที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่ามูลค่าทั้งสอง จะมีค่าคงที่ก่อนที่จะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น โครงการที่ 1 มูลค่าทั้งสองจะมีค่าคงที่ตั้งแต่ RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 4 และจะเพิ่มขึ้นเมื่อ RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 หลังจากนั้นมูลค่าจะคงที่จนกระทั่ง RTD เท่ากับ 9 และมูลค่าจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อ RTD มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 10 เป็นต้น การเพิ่มขึ้นในลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นในทุกตัวอย่างโครงการ ซึ่งมีช่วงค่า RTD ที่ทำให้มูลค่าคงที่ที่แตกต่างกันโดยสามารถจัดช่วงของแต่ละโครงการดังนี้ โครงการที่ 1 มูลค่ามีค่าคงที่ในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ 5 ถึง 9 และมีค่าเท่ากับ 10 โครงการที่ 2 มูลค่ามีค่าคงที่ในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 2 มีค่าเท่ากับ 3 ถึง 4 มีค่าเทากับ 5 ถึง 7 มีค่าเท่ากับ 8 ถึง 9 และมีค่าเท่ากับ 10 โครงการที่ 3 มูลค่ามีค่าคงที่ในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 1 มีค่าเท่ากับ 2 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ 5 ถึง 6 มีค่าเท่ากับ 7 ถึง 9 และมีค่าเท่ากับ 10 และโครงการที่ 4 มูลค่ามีค่าคงที่ในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ 5 ถึง 9 และมีค่าเท่ากับ 10 นอกจากนี้มูลค่าคงที่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ในแต่ละช่วงยังมีมูลค่าที่แตกต่างกันตามช่วงของค่าพารามิเตอร์ PTD อีกด้วย

ส่วนการเพิ่มขึ้นของมูลค่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD จากกราฟในหัวข้อที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่ามูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นเมื่อค่า BD ปรับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง และเพิ่มขึ้นในทุกช่วงของการเปลี่ยนแปลงตามค่าค่าพารามิเตอร์ PTD และ RTD ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น โครงการที่ 1 มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าตามค่าการเปลี่ยนแปลง BD จาก 1 ถึง 5 ดังนี้ ที่ BD เท่ากับ 1 ช่วง PTD เท่ากับ 0 ถึง 4 และช่วง RTD เท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ \$42,980 ที่ BD เท่ากับ 2 ช่วง PTD เท่ากับ 0 ถึง 3 และช่วง RTD เท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ \$49,607 ที่ BD เท่ากับ 3 ช่วง PTD เท่ากับ 0 ถึง 2 และช่วง RTD เท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ\$56,233 ที่ BD เท่ากับ 4 ช่วง PTD เท่ากับ 0 ถึง 1 และช่วง RTD เท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ\$60,666 และที่ BD เท่ากับ 5 ค่า PTD เท่ากับ 0 และช่วง RTD เท่ากับ 0 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ \$63,998 ตามลำดับ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการลดลงและเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นยังมีค่าความแตกต่างกันของการลดลงและเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ดังสังเกตได้จากกราฟแสดงผลการทดสอบในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งในบางช่วงมีการลดลงและเพิ่มขึ้นสูงและบางช่วงมีการลดลงและเพิ่มขึ้นต่ำ ดังนั้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงค่าความแตกต่างของการลดลงและเพิ่มขึ้นของมูลค่าทั้งสองในแต่ละช่วงของการ

เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ในบทนี้จึงได้วิเคราะห์ร้อยละการลดลงและเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินของทั้ง 4 โครงการดังแสดงในตารางที่ 5.1 ถึง 5.24

ตารางที่ 5.1 ถึง 5.4 แสดงร้อยละการลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่า

ตารางที่ 5.1 ร้อยละการลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 1

BD	RTD = 0 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	57.43	-	36.18	-	0.30	-
2	49.78	100	26.38	49.78	0.30	26.38
3	43.93	100	16.59	43.93	0.30	16.59
4	40.74	98.16	10.07	40.74	0.30	10.07
5	38.62	75.88	5.18	38.62	0.30	5.18

ตารางที่ 5.2 ร้อยละการลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 2

BD	RTD = 0 ถึง 2		RTD = 3 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 7		RTD = 8 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	90.91	-	26.13	-	43.92	-	24.17	-	16.58	-
2	79.21	100	13.27	80.37	39.98	79.21	30.89	13.27	8.43	39.98
3	68.99	100	0.43	72.57	36.69	68.99	36.50	0.43	0.30	36.69
4	56.47	100	0.96	57.08	36.16	56.47	36.16	0.96	0.30	36.16
5	49.78	100	14.12	41.60	26.37	49.78	26.37	14.12	0.30	26.37

ตารางที่ 5.3 ร้อยละการลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 3

BD	RTD = 0 ถึง 1		RTD = 2 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 6		RTD = 7 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	91.17	-	41.60	-	49.77	-	14.12	-	26.36	-
2	86.04	100	26.14	90.91	43.91	86.04	24.17	26.14	16.58	43.91
3	73.28	100	13.27	80.37	39.98	73.28	30.89	13.27	8.43	39.98
4	63.83	100	0.44	72.57	36.69	63.83	36.50	0.44	0.30	36.69
5	51.35	100	0.97	57.08	36.15	51.35	36.15	0.97	0.30	36.15

ตารางที่ 5.4 ร้อยละการลดลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 4

BD	RTD = 0 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	72.58	-	0.47	-	36.67	-
2	57.08	100	0.97	57.08	36.14	1.19
3	41.61	100	14.11	41.61	26.35	14.32
4	26.16	90.92	24.15	26.16	16.57	24.35
5	13.30	80.38	30.87	13.30	8.43	31.06

พารามิเตอร์ PTD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 และ 4 ลดลงมากที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 2 ถึง 3 ในโครงการที่ 1 และระหว่าง 2 ถึง 5 ในโครงการที่ 4 และลดลงมากที่สุดเมื่อค่า PD มีค่ามากกว่ารอบช่วงเวลาปกติที่ 2 ($PD > 2t$) และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 4 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 100 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.1 และ 5.4 ส่วนในโครงการ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าลดลงมากที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 2 ถึง 5 และลดลงมากที่สุดในช่วง $PD > 2t$ และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 2 ในโครงการที่ 2 และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 1 ในโครงการ 3 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 100 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 2 และ 3 ลดลงน้อยที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 1 ถึง 5 ในโครงการที่ 1 ระหว่าง 3 ถึง 5 ในโครงการที่ 2 และระหว่าง 4 ถึง 5 ในโครงการที่ 3 และลดลงน้อยที่สุดในช่วง $PD > t$ และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 10 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 0.30 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 6 ของตารางที่ 5.1 และคอลัมน์ที่ 10 ของตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ ส่วนในโครงการที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าลดลงน้อยที่สุดที่ BD มีค่าเท่ากับ 1 และลดลงน้อยที่สุดในช่วง $PD > t$ และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 5 ถึง 9 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 0.47 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.5 ถึง 5.8 แสดงร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 และ 4 ลดลงมากที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 2 ถึง 3 ในโครงการที่ 1 และระหว่าง 2 ถึง 5 ในโครงการที่ 4 และลดลงมากที่สุดในช่วง $PD > 2t$ และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 4 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 100 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.5 และ 5.8 ส่วนในโครงการ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าลดลง

ตารางที่ 5.5 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 1

BD	RTD = 0 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	79.30	-	53.99	-	45.08	-
2	74.20	100	49.21	74.20	41.71	62.02
3	70.62	100	45.22	70.62	38.81	58.07
4	67.39	98.93	41.55	67.39	36.07	53.50
5	61.32	88.58	38.67	61.32	33.88	49.85

ตารางที่ 5.6 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 2

BD	RTD = 0 ถึง 2		RTD = 3 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 7		RTD = 8 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	92.36	-	71.95	-	65.07	-	49.00	-	41.54	-
2	83.67	100	65.43	87.74	58.48	83.67	44.06	65.43	37.94	58.48
3	78.74	100	60.92	85.25	53.51	78.74	40.04	60.92	34.92	53.51
4	73.83	100	56.84	81.33	48.81	73.83	37.36	56.84	32.87	48.81
5	71.19	100	53.65	78.05	45.89	71.19	35.63	53.65	31.52	45.89

ตารางที่ 5.7 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 3

BD	RTD = 0 ถึง 1		RTD = 2 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 6		RTD = 7 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	95.80	-	77.43	-	68.77	-	52.66	-	44.55	-
2	89.73	100	71.28	93.12	63.59	89.73	48.22	71.28	40.98	63.59
3	82.13	100	65.05	88.13	57.33	82.13	43.44	65.05	37.48	57.33
4	77.70	100	60.68	85.65	52.58	77.70	39.52	60.68	34.53	52.58
5	73.11	100	56.71	81.74	48.05	73.11	36.91	56.71	32.52	48.05

ลดลงมากที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 2 ถึง 5 และลดลงมากที่สุดในช่วง $PD > 2t$ และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 2 ในโครงการที่ 2 และค่า RTD มีค่าเท่ากับ 0 ถึง 1 ในโครงการ 3 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 100 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ลดลงน้อยที่สุดที่ BD มีค่าเท่ากับ 5 และลดลงน้อยที่สุดในช่วง $PD > t$ และค่า

ตารางที่ 5.8 ร้อยละการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD ของโครงการที่ 4

BD	RTD = 0 ถึง 4		RTD = 5 ถึง 9		RTD = 10	
	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t	PD > t	PD > 2t
1	85.16	-	58.78	-	48.80	-
2	79.60	100	54.55	79.60	45.88	68.42
3	74.31	100	49.64	74.31	42.39	62.99
4	68.47	94.57	44.70	68.47	38.41	57.11
5	63.38	89.98	40.56	63.38	35.32	52.22

RTD มีค่าเท่ากับ 10 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 33.88 31.52 32.52 และ 35.32 ตามลำดับ ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 6 ของตารางที่ 5.5 และ 5.8 และคอลัมน์ที่ 10 ของตารางที่ 5.6 และ 5.7

ตารางที่ 5.9 ถึง 5.12 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 เพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ BD มีค่าเท่ากับ 1 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 ในโครงการที่ 1 และ 4 ค่า RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 ในโครงการที่ 2 และค่า RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 ในโครงการที่ 3 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 134.91 998.84 1,030.19 และ 264.68 ในโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.9 5.10 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 และ 4 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดที่ BD มีค่าระหว่าง 1 ถึง 5 ในโครงการที่ 1 และที่ BD มีค่าเท่ากับ 1 ในโครงการที่ 4 และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD \leq t$ ในโครงการที่ 1 และในช่วง $PD > t$ ในโครงการที่ 4 และค่า RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 0.30 และ 0.17 ในโครงการที่ 1 และ 4 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 5.9 และคอลัมน์ที่ 5 ของตารางที่ 5.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.9 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1

BD	RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	56.69	134.91	0.30	56.69
2	35.83	99.11	0.30	35.83
3	19.89	78.33	0.30	19.89
4	11.20	68.74	0.30	11.20
5	5.46	62.91	0.30	5.46

ตารางที่ 5.10 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 2

BD	RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 7 เป็น 8		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	35.21	998.84	31.88	0.13	0.00	35.21	19.88	31.88
2	15.15	380.44	44.70	0.13	0.00	15.15	9.21	44.70
3	0.30	222.09	57.49	0.13	0.00	0.30	0.30	57.49
4	0.00	127.51	56.64	0.97	0.00	0.00	0.30	56.64
5	0.00	71.00	35.81	16.43	0.00	0.00	0.30	35.81

ส่วนในโครงการที่ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในบางช่วงไม่ส่งผลทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้น คือช่วงที่ BD มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 5 และไม่เพิ่มขึ้นในช่วง $PD \leq t$ และค่า RTD เปลี่ยนจาก 7 เป็น 8 ในโครงการที่ 2 และเปลี่ยนจาก 6 เป็น 7 ในโครงการที่ 3 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 6 ของตารางที่ 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.11 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 3

BD	RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 6 เป็น 7		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	70.98	1030.19	16.44	0.15	0.00	70.98	35.80	16.44
2	35.20	615.37	31.87	0.14	0.00	35.20	19.87	31.87
3	15.15	273.71	44.69	0.14	0.00	15.15	9.21	44.69
4	0.30	176.10	57.48	0.14	0.00	0.30	0.30	57.48
5	0.00	103.57	56.63	0.98	0.00	0.00	0.30	56.63

ตารางที่ 5.12 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 4

BD	RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	0.47	264.68	57.44	0.17
2	0.98	133.00	56.60	0.98
3	16.43	71.25	35.78	16.43
4	31.85	35.42	19.86	31.85
5	44.65	15.34	9.21	44.65

จากตารางที่ 5.10 และ 5.11 ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ในบางช่วงไม่ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดขึ้นที่ BD มีค่าระหว่าง 4 ถึง 5 ในโครงการที่ 2 และที่ BD เท่ากับ 5 ในโครงการที่ 3 และไม่เพิ่มขึ้นในช่วง $PD \leq t$ และ $PD > t$ เมื่อ เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 และ 7 เป็น 8 ในโครงการที่ 2 และเปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 และ 6 เป็น 7 ในโครงการที่ 3 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 2 และ 7 ของตารางที่ 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.13 ถึง 5.16 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 เพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ BD มีค่าเท่ากับ 1 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 ในโครงการที่ 1 และ 4 ค่า RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 ในโครงการที่ 2 และค่า RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 ใน

ตารางที่ 5.13 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 1

BD	RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	117.33	382.98	19.75	42.93
2	96.90	287.62	18.00	35.43
3	82.55	240.39	16.53	30.17
4	71.07	206.69	15.17	25.96
5	63.04	158.52	14.12	23.01

ตารางที่ 5.14 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 2

BD	RTD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 7 เป็น 8		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	111.76	678.04	35.19	68.33	45.03	111.76	17.95	35.19
2	86.92	295.65	28.84	54.77	38.76	86.92	16.13	28.84
3	72.85	217.83	24.43	48.02	34.03	72.85	14.65	24.43
4	60.39	164.46	21.81	44.47	31.06	60.39	13.66	21.81
5	53.72	147.32	20.23	40.36	29.21	53.72	13.02	20.23

ตารางที่ 5.15 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 3

BD	RTD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 6 เป็น 7		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	128.76	1130.19	39.97	93.65	50.91	128.76	19.52	39.97
2	104.79	472.56	34.12	70.01	44.01	104.79	17.66	34.12
3	82.94	257.77	28.11	56.40	38.00	82.94	15.90	28.11
4	70.21	200.13	23.91	49.43	33.45	70.21	14.46	23.91
5	58.57	155.23	21.39	45.69	30.57	58.57	13.49	21.39

ตารางที่ 5.16 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ของโครงการที่ 4

BD	RTD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5		RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
1	142.61	574.03	21.80	51.28
2	120.01	390.10	20.22	43.14
3	98.55	289.30	18.39	35.42
4	80.82	217.21	16.36	29.59
5	68.23	173.08	14.84	24.96

โครงการที่ 3 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 382.98 678.04 1,130.19 และ 574.03 ในโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.9 5.10 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดที่ BD มีค่าเท่ากับ 5 และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD \leq t$ และค่า RTD เปลี่ยนจาก 9 เป็น 10 โดยมีร้อยละการลดลงเท่ากับ 14.12 13.02 13.49 และ 14.84

ตามลำดับ ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 5.13 และ 5.16 และคอลัมน์ที่ 8 ของตารางที่ 5.14 และ 5.15

ตารางที่ 5.17 ถึง 5.20 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 3 และ 4 เพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง RTD มีค่าระหว่าง 0 ถึง 4 ในโครงการที่ 1 และ 4 และระหว่าง 0 ถึง 1 ในโครงการที่ 3 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 26.56 125 และ 36.17 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 5 ของตารางที่ 5.17 5.19 และ 5.20 ตามลำดับ ส่วนในโครงการที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง RTD มีค่าระหว่าง 0 ถึง 2 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 168.84 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.18

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 1 และ 4 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 10 ในโครงการที่ 1 และที่ RTD มีค่าระหว่าง 5 ถึง 9 ในโครงการที่ 4 และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD > t$ และค่า BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น2 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.04 และ 0.03 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.17 และ 5.20 ตามลำดับ ส่วนในโครงการที่ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ตารางที่ 5.17 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 4	15.42	6.62	13.36	26.56	7.88	14.02	5.49	9.27
5 - 9	0.05	6.63	0.05	13.36	0.06	7.88	0.05	5.49
10	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05

ตารางที่ 5.18 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 2

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 2	17.55	168.84	14.93	71.43	0.90	41.67	15.38	33.11
3 - 4	0.11	17.54	0.11	14.93	0.60	0.07	15.38	0.05
5 - 7	9.84	17.55	8.96	14.93	0.05	0.90	0.04	15.38
8 – 9	9.84	0.11	8.96	0.11	0.05	0.60	0.04	15.38
10	0.07	9.84	0.07	8.96	0.05	0.05	0.04	0.04

ตารางที่ 5.19 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 3

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 1	26.57	100.00	17.54	125.00	14.93	55.56	0.90	35.71
2 - 4	0.09	26.59	0.11	17.54	0.11	14.92	0.60	0.07
5 - 6	13.35	26.57	9.84	17.54	8.96	14.93	0.05	0.90
7 – 9	13.35	0.09	9.84	0.11	8.96	0.11	0.05	0.60
10	0.06	13.35	0.07	9.84	0.07	8.96	0.05	0.05

ในช่วงที่ RTD มีค่าระหว่าง 5 ถึง 10 และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD \leq t$ และค่า BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.04 และ 0.05 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 8 ของตารางที่ 5.18 และ 5.19 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.20 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 4

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 4	0.06	6.61	0.09	36.17	0.11	26.60	0.11	17.53
5 - 9	0.57	0.03	15.39	0.09	13.37	0.11	9.83	0.11
10	0.04	0.37	0.05	15.39	0.07	13.37	0.07	9.83

จากตารางที่ 5.18 และ 5.19 ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลทำให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดของโครงการที่ 2 และ 3 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดซึ่งเกิดขึ้นในช่วง RTD มีค่าเท่ากับ 10 และไม่เพิ่มขึ้นในช่วง $PD > t$ และเมื่อ BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.04 และ 0.05 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 9 ของตารางที่ 5.18 และ 5.19 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.21 ถึง 5.24 แสดงร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากตารางจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 และ 4 เพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง RTD มีค่าระหว่าง 0 ถึง 4 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 ในโครงการที่ 1 และเปลี่ยนจาก 2 เป็น 3 ในโครงการที่ 4 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 33.81 และ 53.42 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 9 ของตารางที่ 5.21 และคอลัมน์ที่ 5 ของตารางที่ 5.24 ตามลำดับ ส่วนในโครงการที่ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง RTD มีค่าระหว่าง 0 ถึง 2 ในโครงการที่ 2 และระหว่าง 0 ถึง 1 ในโครงการที่ 3 และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วง $PD > t$ และเมื่อค่า BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 195.65 และ 230.34 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.22 และ 5.23 ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลทำให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการที่ 1 และ 4 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง RTD มีค่าระหว่าง 0 ถึง และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD > t$ และค่า BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.02 และ 0.01 ดังแสดงใน

ตารางที่ 5.21 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 1

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 4	21.14	0.02	17.45	33.75	16.22	28.99	12.80	33.81
5 - 9	9.76	0.04	8.89	17.45	8.91	16.22	7.50	12.80
10	8.15	0.04	7.53	12.89	7.65	12.46	6.51	10.16

ตารางที่ 5.22 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 2

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 2	38.24	195.65	27.66	66.18	20.73	48.67	12.48	23.80
3 - 4	22.03	50.35	18.05	33.49	12.03	23.70	7.81	15.77
5 - 7	16.29	38.24	14.01	27.66	9.67	20.73	6.41	12.48
8 – 9	11.27	22.03	10.13	18.05	7.24	12.03	4.90	7.81
10	9.55	16.29	8.72	14.01	6.31	9.67	4.31	6.41

คอลัมน์ที่ 3 ของตารางที่ 5.21 และ 5.24 ตามลำดับ ส่วนในโครงการที่ 2 และ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ส่งผลทำให้มูลค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วงที่ RTD มีค่าเท่ากับ 10 และเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในช่วง $PD \leq t$ และค่า BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5 โดยมีร้อยละการเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.31 และ 6.24 ดังแสดงในคอลัมน์ที่ 8 ของตารางที่ 5.22 และ 5.23 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.23 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 3

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 1	34.98	230.34	35.85	136.34	26.39	57.69	19.98	44.71
2 - 4	20.84	53.75	21.36	47.67	17.60	32.28	11.77	23.06
5 - 6	15.79	34.98	15.92	35.85	13.74	26.39	9.50	19.98
7 – 9	10.49	20.84	11.09	21.36	9.98	17.60	7.14	11.77
10	8.78	15.79	9.43	15.92	8.61	13.74	6.24	9.50

ตารางที่ 5.24 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่าต้นทุนทางการเงิน เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ BD ของโครงการที่ 4

RTD	BD เปลี่ยนจาก 1 เป็น 2		BD เปลี่ยนจาก 2 เป็น 3		BD เปลี่ยนจาก 3 เป็น 4		BD เปลี่ยนจาก 4 เป็น 5	
	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t	PD ≤ t	PD > t
0 - 4	18.88	0.01	21.86	53.42	23.39	51.43	18.52	37.67
5 - 9	7.81	0.03	9.97	21.86	12.37	23.39	10.27	18.52
10	6.41	0.03	8.30	15.28	10.45	18.08	8.83	14.29

ข้อมูลร้อยละการลดลงและเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ PTD, RTD และ BD จากตารางที่ผ่านมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้นของแต่ละตัวแปรส่งผลทำให้มูลค่าทั้งสองลดลงและเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน โดยค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงมากที่สุดถึงร้อยละ 100 ในทุกโครงการ ค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 1,030.17 ในโครงการที่ 3 และส่งผลให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 1,130.19 ในโครงการที่ 3 เช่นกัน ส่วนค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเพิ่มมากขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ

168.84 ในโครงการที่ 2 และส่งผลให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 230.34 ในโครงการที่ 3

จากผลลัพธ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าทั้งสองในโครงการที่ 3 จะมีค่ามากกว่าโครงการอื่น โดยเฉพาะการลดลงของมูลค่าต้นทุนทางการเงินซึ่งลดลงมากถึงร้อยละ 1,130.19 เนื่องจากการเลื่อนค่าพารามิเตอร์ RTD จาก 1 หน่วยเป็น 2 หน่วย เมื่อกำหนดการวางบิลเท่ากับ 1 หน่วย $(BD = 1)$ และกำหนดจ่ายเงินหลังรอบช่วงเวลาปกติ $(PD > t)$ หากวิเคราะห์ถึงการจัดตารางดำเนินโครงการของโครงการที่ 3 และเงื่อนไขของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปรแล้วจะเห็นว่ามูลค่าต้นทุนทางการเงินที่เปลี่ยนแปลงสูงเกิดขึ้นจากวันเรียกเก็บเงินงวดงาน (ID) ที่ 2 ที่ตรงกับวันก่อนถึงรอบช่วงปกติที่ 3 $(t_3 = 15)$ จำนวน 1 หน่วย $(ID_2 = 14)$ ซึ่งหากระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานเท่ากับ 1 หน่วย $(RTD = 1)$ นั่นหมายถึงวันจ่ายเงินงวดงาน $(RD = 15)$ จะตรงกับวันสิ้นสุดรอบช่วงปกติที่ 3 จึงทำให้โครงการมีกระแสเงินสดสะสมสุทธิ (NCF_t) ณ สิ้นสุดรอบช่วงปกติที่ 3 ที่ลดลง ซึ่งส่งผลให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินเกิดขึ้นน้อยกว่าหากระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานเท่ากับ 2 หน่วย $(RTD = 2)$ ซึ่งหมายถึงวันจ่ายเงินงวดงาน $(RD = 16)$ มีค่ามากกว่าวันสิ้นสุดรอบช่วงปกติที่ 3 และทำให้โครงการมีกระแสเงินสดสะสมสุทธิ ณ สิ้นสุดรอบช่วงปกติที่ 3 และต้นทุนทางการเงินที่มากตามลำดับ ดังนั้นโครงการที่ 3 จึงมีร้อยละการเพิ่มขึ้นของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินสูงสุดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ RTD เมื่อเทียบกับโครงการอื่น

เมื่อสังเกตร้อยละการเพิ่มของตัวอย่างโครงการอื่นจะเห็นว่าพารามิเตอร์ RTD ก็ยังส่งผลให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นสูงกว่าพารามิเตอร์ PTD และ BD ทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ RTD ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับวันจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการที่ทำให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและต้นทุนทางการเงินของโครงการเพิ่มขึ้นน้อยหรือมาก อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์ PTD และ BD ก็ส่งผลให้มูลค่าลดลงและเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ PTD เพิ่มขึ้นส่งผลให้มูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินลดลงถึงร้อยละ 100 ในทุกโครงการ และเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ BD เพิ่มขึ้นส่งผลให้มูลค่าต้นทุนทางการเงินเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 230.34 ซึ่งเกิดขึ้นในโครงการที่ 3 ทั้งนี้ร้อยละการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของมูลค่าทั้งสองที่แตกต่างกันในแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการของแต่ละโครงการและค่าพารามิเตอร์ที่เหลืออีกทั้งสองตัวด้วย

5.4 สรุป

บทนี้เป็นการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จำนวน 3 ตัวแปร ประกอบด้วยกำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) เพื่อศึกษาถึงผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (maximum overdrafts) และต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ของโครงการจากแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่พัฒนาขึ้น โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตัวอย่างโครงการจำนวน 4 โครงการจากบทที่ผ่านมา ซึ่งผลลัพธ์ของทั้ง 4 โครงการมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองลดลง และเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD และ BD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น โดยค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลให้มูลค่าลดลงมากที่สุดถึงร้อยละ 100 ค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 1,130.19 และค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 230.34 อย่างไรก็ตามร้อยละการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของมูลค่าทั้งสองของโครงการจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวแปรขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่เหลืออีกสองตัวด้วย รวมถึงการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการของแต่ละโครงการอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอแนวทางใหม่สำหรับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณกระแสการจ่ายเงิน ซึ่งประกอบด้วยการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุและการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาที่นำมาประมาณกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับของโครงการตามลำดับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้การประมาณกระแสเงินสดของโครงการก่อสร้างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากที่สุด และเพื่อประโยชน์ในการวางแผนทางการเงินที่ทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถทราบถึงกำหนดการจ่ายเงินที่เหมาะสมและจำนวนเงินให้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเป็นผลมาจากการผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับที่พิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เกิดขึ้นหรือที่เรียกว่ากระแสการจ่ายเงิน โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจ่ายเงินที่ถูกระบุว่าส่งผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดจ่ายจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยการตรวจสอบผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดและหารูปแบบการรวมปัจจัยที่เหมาะสมของเงื่อนไขการจ่ายเงินเพื่อใช้เป็นแนวทางการในการพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนทางการเงิน ต่อจากนั้นนำปัจจัยพื้นฐานดังกล่าวมาพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณการกระแสการจ่ายเงิน และประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการ รวมถึงเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้

ยังได้วิเคราะห์ความไวของค่าพารามิเตอร์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อเป้าหมายด้านต้นทุนทางการเงินของโครงการ

การดำเนินงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ อาศัยฐานรากจากการสำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการต่อยอดองค์ความรู้ ซึ่งบทที่ 2 ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยการอธิบายถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการให้สอดคล้องกับการวางแผนด้านการเงิน และการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อตรวจสอบแนวทางการพัฒนาแบบจำลองและอัลกอริธึมที่ใช้และระบุถึงข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบันและนำเสนอแนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย Payment time delay, Payment components และ Payment frequency ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้เป็นตัวอย่างเบื้องต้นของงานวิจัยที่ได้พยายามแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเงื่อนไขการจ่ายเงินและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้ตารางดำเนินกิจกรรมที่ใช้วิธีการคำนวณจากงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าการประมาณกระแสเงินสดให้สอดคล้องกับการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างจริงเพื่อจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยการเสนอแนวคิดการประมาณกระแสเงินสดที่พิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เรียกว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงินซึ่งแบ่งเป็นการพิจารณาออกเป็นการประมาณกระแสเงินการจ่ายเงินสดจ่าย การประมาณกระแสการจ่ายเงินสดรับ นอกจากนี้แนวคิดนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างการวางแผนการใช้จ่ายเงินให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและทำให้ความเสี่ยงของการเกิดปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการลดลงได้

บทที่ 3 ได้ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม เพื่อนำปัจจัยที่ผลกระทบไปสร้างแบบจำลองการจัดตารงดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน โดยนำเงื่อนไขการจ่ายเงินที่ถูกระบุว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องต่อการประมาณกระแสเงินค่าใช้จ่ายโครงการ (Chen และคณะ 2005) ซึ่งประกอบด้วย payment time delay, payment component และ payment frequency มาเป็นเงื่อนไขการคำนวณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบผลของปัจจัยดังกล่าวที่มีผลต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละ

ช่วงเวลาของโครงการในโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรม ข้อมูลปัจจัยการจ่ายเงินทั้งสามปัจจัยได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการก่อสร้างจริงเพื่อต้องการทราบถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดการจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุเป็นอย่างไร และทำการจำลองรูปแบบปัจจัยการจ่ายเงินโดยอาศัยข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างจริงเพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามหลักในการทำวิจัยเชิงกรณีศึกษา (case study research) ได้แก่ วิธีการสัมภาษณ์เบื้องลึก (in-depth interview) และวิธีการวิเคราะห์เอกสาร (document analysis) และเลือกรูปแบบการศึกษากรณีศึกษาหลายองค์การแบบเจาะลึก (multiple-case embedded designs) เพื่อต้องการเปรียบเทียบทำความเข้าใจรูปแบบร่วมหรือความแตกต่าง และเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ซึ่งสามารถสร้างความมั่นใจจากข้อมูลที่นำมาใช้ยืนยันกันจากหลายกรณีศึกษาโดยกำหนดให้บริษัทผู้รับเหมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ (unit of analysis) และวิเคราะห์เจาะลึกในโครงการของบริษัทผู้รับเหมากรณีศึกษา โดยการจำลองรูปแบบของการรวมปัจจัยที่เป็นไปได้และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทดลองแฟคทอเรียล (factorial experiment) และเพื่อทดสอบผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมดังกล่าว

โดยทำการจำลองรูปแบบการรวมเงื่อนไขการจ่ายเงินจำนวน 8 รูปแบบ เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลัก payment time delay (T) payment components (C) และ payment frequency (F) รวมถึงผลกระทบเนื่องจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการในทุกระดับของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งการทดลองแบ่งแต่ละปัจจัยหลักออกเป็นสองระดับปัจจัยคือ การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย T (T, NT) การพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย C (C, NC) และการพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย F (F, NF) ผลจากการวิเคราะห์การทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล (factorial experiment) พบว่า ผลกระทบจากปัจจัยหลัก T มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยหลักอื่นพบว่า ผลกระทบจากปัจจัยหลัก C และปัจจัยหลัก F รวมถึงปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F และปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F ไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ผลลัพธ์จากกราฟแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยร่วมชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกระแสเงินสดสะสมของโครงการ โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการจะมีค่าต่ำเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ NF ปัจจัยร่วมระหว่าง C และ NF และปัจจัยร่วมระหว่าง T, C และ NF ในการคำนวณปริมาณ

กระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา และจะมีค่าสูงเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง NT และ NC ปัจจัยร่วมระหว่าง NT และ NF ปัจจัยร่วมระหว่าง NC และ F และปัจจัยร่วมระหว่าง NT, NC และ NF ในการคำนวณปริมารกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา

การตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากเงื่อนไขการจ่ายเงินในการประมาณกระแสเงินสดจ่ายต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการในงานวิจัยนี้ให้ผลสรุปจากการทดสอบสมมติฐานที่แตกต่างจากงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) คือ ปัจจัยหลัก C และปัจจัยหลัก F และปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C ไม่มีผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95% โดยมีเพียงปัจจัยหลัก T เท่านั้นที่มีผลกระทบต่อกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดสะสมแต่ละช่วงเวลาของโครงการ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) ที่ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดจ่ายเพียงอย่างเดียวโดยไม่คำนึงถึงกระแสเงินสดรับจากเจ้าของโครงการ นอกจากนี้การกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินของแต่ละปัจจัยอาจทำให้เกิดความแตกต่างกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2005) อย่างไรก็ตามเงื่อนไขการจ่ายเงินของแต่ละปัจจัยในงานวิจัยนี้ถูกกำหนดโดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานในโครงการจริง ดังนั้นผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยในงานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินของโครงการก่อสร้างและปัจจัยเงื่อนไขที่มีผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดสะสมของโครงการ ซึ่งส่งผลต่อเป้าหมายด้านต้นทุนทางการเงิน เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาด้านการจัดตารางดำเนินการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงินต่อไป โดยจะพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าที่เป็นปัจจัยหลัก ที่ส่งผลกระทบต่อมากที่สุดก่อน นั่นคือ payment time delay (T) ในการสร้างแบบจำลองการจัดตารางดำเนินการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

บทที่ 4 ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงิน (modified finance-based scheduling, MFBS) โดยเริ่มจากการอธิบายการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุ ซึ่งประกอบด้วยกำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) โดยการรวมตัวแปรดังกล่าวในการคำนวณค่าใช้จ่ายของกิจกรรมในแต่ละรอบช่วงเวลาการวางบิลเพื่อนำไปสู่การประมาณกระแสเงินสดจ่ายตามกำหนดการจ่ายเงิน

และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลัก ซึ่งประกอบด้วย กำหนดการเรียกเก็บเงินงวดงาน (ID) ระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน และกำหนดวันรับเงินงวดงาน (RTD) โดยการรวมตัวแปรดังกล่าวในการประมาณกระแสเงินสดรับตามกำหนดการรับเงินงวดงาน ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินดังกล่าวได้ถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองที่ใช้วิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (MFBS) เพื่อการคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการให้สอดคล้องกับการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงิน

นอกจากนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง MFBS กับตัวอย่างโครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบจำลอง (verification) ซึ่งแบบจำลอง MFBS สามารถคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนดดังแสดงในสมการที่ (1) ถึง (10) และในบทนี้ได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ MFBS กับผลลัพธ์ของแบบจำลองของ Elazouni เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สามารถเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการ โดยประยุกต์ใช้กับตัวอย่างโครงการการก่อสร้างจำนวน 4 โครงการจากงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ที่สอดคล้องกับความสามารถใช้ได้จริงโดยทั่วไป (generalization) และสามารถนำไปใช้ได้ในทางปฏิบัติกับการวางแผนทางการเงินโครงการของผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีกำหนดการจ่ายเงินไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุก่อสร้าง และใช้ได้กับโครงการก่อสร้างที่กำหนดการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาหลักเป็นรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามการกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์พบว่าการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยการจ่ายเงินตามแนวคิดของแบบจำลอง MFBS ที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ด้านความต้องการเงินสดและต้นทุนทางการเงินโครงการที่น้อยกว่าแบบจำลองของ Elazouni โดยปราศจากการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรม ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะเวลาสิ้นสุดโครงการที่ล้าช้าออกไป ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขการจ่ายเงินที่กำหนดและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบัน และยังเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจด้านการวางแผนการเงินของโครงการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

บทที่ 5 ได้ทำการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จำนวน 3 ตัวแปร ประกอบด้วย กำหนดการวางบิล (BD) ระยะเวลาการจ่ายเงิน (PTD) และระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงาน (RTD) เพื่อศึกษาถึงผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อกระแสเงินสดสะสมสูงสุด (maximum overdrafts) และ

ต้นทุนทางการเงิน (financing cost) ของโครงการจากแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่พัฒนาขึ้น โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตัวอย่างโครงการ ซึ่งผลลัพธ์มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่าพารามิเตอร์ PTD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองลดลง และเมื่อค่าพารามิเตอร์ RTD และ BD เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์ PTD หมายถึงการเลื่อนกำหนดวันจ่ายเงินของผู้รับเหมาหลักไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าออกไป ทำให้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติลดลงไปด้วย ส่งผลให้มูลค่าทั้งสองลดลงตามไปด้วย ส่วนกรณีการเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์ RTD ซึ่งหมายถึงการเลื่อนกำหนดการรับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการออกไป ทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมสุทธิในแต่ละรอบช่วงเวลาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้นตามมา และในทำนองเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์ BD ซึ่งหมายถึงการเลื่อนกำหนดการวางบิลสำหรับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้า ทำให้ปริมาณกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละรอบช่วงเวลาปกติเพิ่มขึ้นจากการสะสมตามจำนวนวันที่เลื่อนกำหนดการวางบิล ส่งผลให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยค่าพารามิเตอร์ PTD ส่งผลให้มูลค่าลดลงมากที่สุดถึงร้อยละ 100 ค่าพารามิเตอร์ RTD ส่งผลให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 1,130.19 และค่าพารามิเตอร์ BD ส่งผลให้มูลค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึงร้อยละ 230.34 อย่างไรก็ตามร้อยละการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของมูลค่าทั้งสองของโครงการจากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวแปรขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่เหลืออีกสองตัวและการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการของแต่ละโครงการอีกด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์ความไวทำให้ทราบถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงของมูลค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและมูลค่าต้นทุนทางการเงินของโครงการเนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวได้ ซึ่งสรุปได้ว่าการยืดระยะเวลาการจ่ายเงินของผู้รับเหมาไปยังผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าออกไป (ค่าพารามิเตอร์ PTD เพิ่มขึ้น) ยิ่งมีแนวโน้มทำให้มูลค่าทั้งสองลดลง ซึ่งส่งผลดีสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีเป้าหมายด้านการลดต้นทุน ส่วนการยืดระยะเวลาการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการไปยังผู้รับเหมาออกไป (ค่าพารามิเตอร์ RTD เพิ่ม) และการยืดกำหนดการวางบิลของผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าออกไป (ค่าพารามิเตอร์ BD เพิ่มขึ้น) ยิ่งมีแนวโน้มทำให้มูลค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้โครงการมีต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความไวในบทนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เหมาะสมในโครงการก่อสร้างทั่วไปที่มีเป้าหมายด้านการลดต้นทุนต่อไป

การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยวิธีประมาณการกระแสการจ่ายเงินที่ได้นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เป็นแนวทางใหม่สำหรับการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนทาง

การเงินของโครงการ โดยวิธีการที่นำเสนอสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งแก้ไขข้อจำกัดของวิธีการเดิมที่สามารถลดต้นทุนทางการเงินของโครงการโดยปราศจากการเลื่อน วันเริ่มของกิจกรรมในสายงานวิกฤตของโครงการก่อสร้างที่ส่งผลให้ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการล้าช้าออกไป นอกจากนี้วิธีการที่นำเสนอมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติที่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างจริง ดังนั้นงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงมีประโยชน์สำหรับช่วยให้ผู้รับเหมาหรือผู้จัดการโครงการก่อสร้างในการวางแผนการจ่ายเงินภายในโครงการและวางแผนทางการเงินโดยเฉพาะการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดของโครงการให้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางการเงินโครงการก่อสร้างต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ที่นี้ ทำให้เกิดแนวคิดและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1. การจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีผลต่อการวางแผนทางการเงินของโครงการแล้วประมวลองค์ความรู้ที่ได้นำมาใช้เป็นแนวทางพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งหากประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างที่มีความซับซ้อนมากขึ้น อาจทำให้การหาผลลัพธ์ยุ่งยากและได้คำตอบที่ไม่ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อจึงอาจนำเทคนิคการหาค่าเหมาะที่สุด (optimization technique) มาใช้พิจารณาในการแก้ปัญหาเพื่อกำหนดหาวันจ่ายเงินของผู้รับเหมาที่เหมาะสมในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่มีต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุดภายใต้เงื่อนไขกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการที่กำหนด

2. ควรพัฒนาต่อยอดแบบจำลองการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ให้สามารถประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างที่มีการดำเนินกิจกรรมแบบซ้ำ (scheduling of repetitive activities for construction)

3. แบบจำลองการจัดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับแก้ปัญหาในระดับโครงการเดียว

เท่านั้น ดังนั้นจึงควรพัฒนาต่อยอดเพื่อให้แบบจำลองสามารถแก้ปัญหาในระดับองค์กร โดยการคำนึงถึงการจัดตารางดำเนินกิจกรรมพร้อมกันหลายโครงการ (multi-project for construction)

รายการอ้างอิง

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). **การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง.** กรุงเทพ: ท้อป.

Abernathy, E. S. (1990). Managing a contractor's billings. **Journal of Accountancy**.

Abido, M. A., and Elazouni, A. M. (2010). Precedence-preserving GAs operators for scheduling problems with activities start times encoding. **Journal of Computing in Civil Engineering**. 24(4): 345-356.

Abido, M. A., and Elazouni, A. M. (2011). Multiobjective evolutionary finance-based scheduling: entire projects portfolio. **Journal of Computing in Civil Engineering**. 25(1): 85-97.

Afshar, A., and Fathi, H. (2009). Fuzzy multi-objective optimization of finance-based scheduling for construction projects with uncertainties in cost. **Engineering Optimization**. 41(11): 1063-1080.

Alghazi, A., Selim, S. Z., and Elazouni, A. (2012). Performance of Shuffled Frog-Leaping Algorithm in Finance-Based Scheduling. **Journal of Computing in Civil Engineering**. 26(3): 396-408.

Ali, M. M., and Elazouni, A. (2009). Finance-based CPM/LOB scheduling of projects with repetitive non-serial activities. **Construction Management and Economics**. 27(9): 839-856.

Ashley, D. B., and Teicholz, P. M. (1977). Pre-estimate cash flow analysis. **Journal of the Construction Division**. 103(ASCE 13213 Proceeding).

Au, T., and Hendrickson, C. (1986). Profit measures for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**. 112(2): 273-286.

Bey, R. B., Doersch, R. H., and Patterson, J. H. (1981). The net present value criterion: its impact on project scheduling. **Project Management Quarterly**. 12(2): 35-45.

Chen, H. L. (2002). **Development of a systematic integration approach for multi-level cost flow prediction and management**. Unpublished Ph.d Thesis, University of Florida.

Chen, H.-L., O'Brien, W. J., and Herbsman, Z. J. (2005). Assessing the accuracy of cash flow models: the significance of payment conditions. **Journal of Construction Engineering and Management**. 131(6): 669-676.

Clough, R. H., Sears, G. A., and Sears, S. K. (2000). **Construction project management**: John Wiley & Sons Inc.

Cukierman, A., and Shiffer, Z. F. (1976). Contracting for optimal delivery time in long-term projects. **The Bell Journal of Economics**: 132-149.

Dayanand, N. (1995). **Scheduling Payments in Projects: An Optimization Framework**. Unpublished Ph.d Thesis, Carnegie Mellon University.

Dayanand, N. and Padman, R. (1993b). **The payment scheduling problem in project networks**. Working Paper 93-31, The Heinz School of Public Policy and Management, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.

Dayanand, N. and Padman, R. (1993c). **Payments in projects: A contractor's model**. Working Paper 93-71, The Heinz School of Public Policy and Management, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.

Elazouni, A. (2009). Heuristic method for multi-project finance-based scheduling. **Construction Management and Economics**. 27(2): 199-211.

Elazouni, A. M., and Gab-Allah, A. A. (2004). Finance-based scheduling of construction projects using integer programming. **Journal of Construction Engineering and Management**. 130(1): 15-24.

Elazouni, A. M., and Metwally, F. G. (2005). Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management**. 131(4): 400-412.

Elazouni, A. M., and Metwally, F. G. (2007). Expanding finance-based scheduling to devise overall-optimized project schedules. **Journal of Construction Engineering and Management**. 133(1): 86-90.

Fathi, H., and Afshar, A. (2010). GA-based multi-objective optimization of finance-based construction project scheduling. **KSCE Journal of Civil Engineering**. 14(5): 627-638.

Fondahl, J. W., and Bacarreza, R. R. (1972). **Construction contract markup related to forecasted cash flow**: Dept. of Civil Engineering, Stanford University.

Gilbreath, R. D. (1992). **Managing construction contracts: Operational controls for commercial risks** (Vol. 3): John Wiley & Sons Inc.

Halpin, D. W. (1985). **Financial and cost concepts for construction management**: John Wiley.

Halpin, D., and Woodhead, R. (1998). **Construction management**, Wiley, New York.

Hartley, J. F. (1994). Case studies in organizational research. InC. Cassell, & G. Symon (Eds.) **Qualitative methods in organizational research: A practical guide**, London, Sage. 208-229.

Leu, S. S., Chen, A. T., and Yang, C. H. (2001). A GA-based fuzzy optimal model for construction time–cost trade-off. **International Journal of Project Management**. 19(1): 47-58.

Liu, S. S., and Wang, C. J. (2009). Two-stage profit optimization model for linear scheduling problems considering cash flow. **Construction Management and Economics**. 27(11): 1023-1037.

Liu, S.-S., and Wang, C.-J. (2010). Profit optimization for multiproject scheduling problems considering cash flow. **Journal of Construction Engineering and Management**. 136(12): 1268-1278.

Navon, R. (1996). Company-level cash-flow management. **Journal of Construction Engineering and Management**. 122: 22.

Park, H. K. (2001). **Cash flow forecasting model using moving weights of cost categories for general contractor on jobsite**. Unpublished Dissertation, University of Wisconsin--Madison.

Peer, S., and Rosental, H. (1982). **Development of Cash Flow Model for Industrialed Housing**. Technion,Haifa,Israel: National Building Research Station.

Russell, A. H. (1970). Cash flows in networks. **Management Science**. 16(5): 357-373.

Russell, J. S. (1991). Contractor failure: analysis. **Journal of Performance of Constructed Facilities**. 5(3): 163-180.

Singh, S. (1989). Sensitivity analysis of the effect of variables on cash flow for construction projects. In **Proceedings of the Annual Seminar/Symposium of the Project Management Institute**.

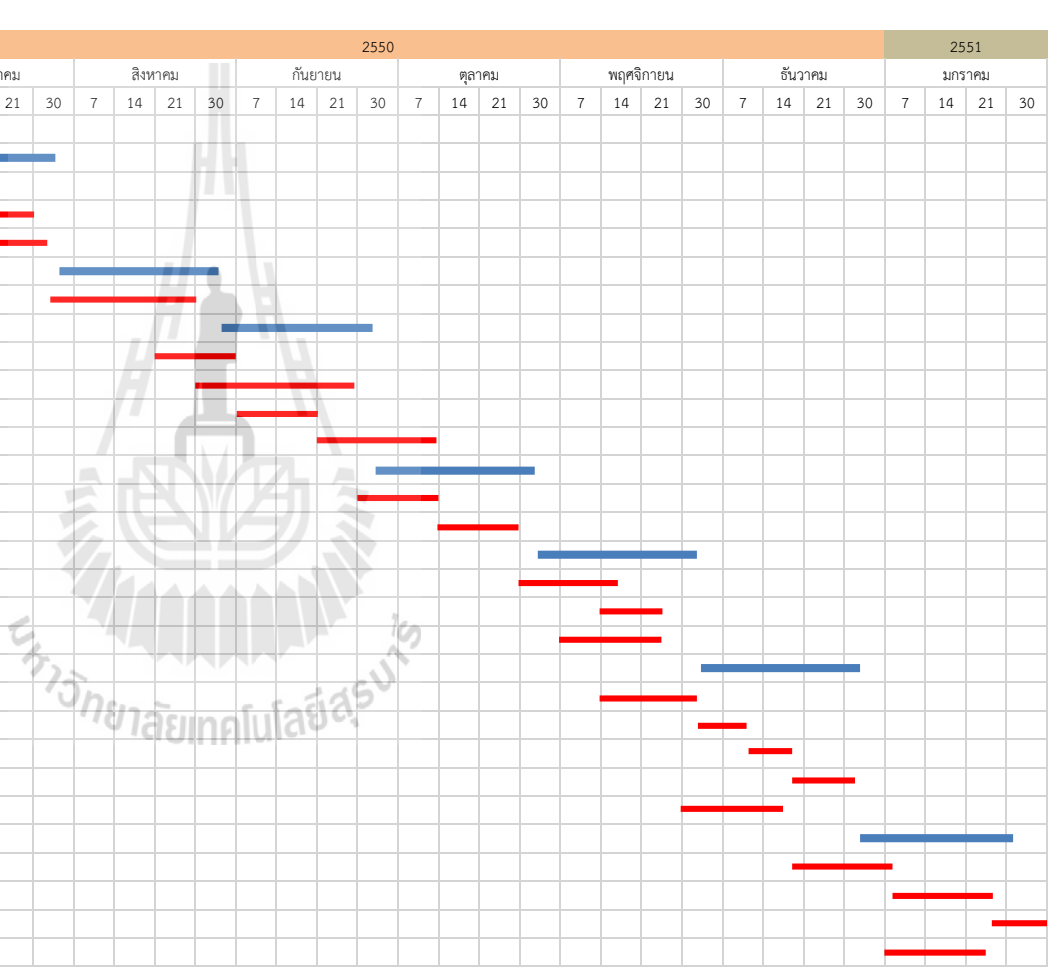
Yin, R. K. (1989). **Case study research: Design and methods**, Beverley Hills, CA: Sage.

ภาคผนวก ก

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1

		เริ่ม 27 มิถุนายน 2550 - 27 กุมภาพันธ์ 2552	จำนวนเงิน (x1000)	ระยะ
				เวลา
				วัน
1	งวดงานที่ 1		2,247.00	
	1.1	รื้อถอนอาคาร		15
	1.2	ถมดิน-ปรับระดับตามแบบ		15
	1.3	เตรียมสถานที่ปักผัง เจาะสำรวจดินเจาะเสาเข็มทดสอบ		10
2	งวดงานที่ 2		2,996.00	
	2.1	ตอกเสาเข็มทั้งหมด		25
3	งวดงานที่ 3		3,745.00	
	3.1	สกัดหัวเสาเข็ม		15
	3.2	หล่อฐานราก		30
	3.3	ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย รื้อถังบำบัดน้ำเสียของเดิม		15
	3.4	หล่อพื้นชั้นใต้ดิน และพื้นถังเก็บน้ำใต้ดิน		25
4	งวดงานที่ 4		2,996.00	
	4.1	หล่อผนังชั้นใต้ดิน-ผนังเก็บน้ำชั้นใต้ดิน		15
	4.2	หล่อคานและพื้นหล่อในที่ชั้นที่ 1		15
5	งวดงานที่ 5		2,996.00	
	5.1	หล่อคานพื้นหล่อในที่ ชั้นลอย		20
	5.2	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้น 1-ชั้นลอย		10
	5.3	วางแผ่นพื้นสำเร็จและเทคอนกรีต Topping พื้นชั้นที่ 1		20
6	งวดงานที่ 6		3,745.00	
	6.1	หล่อเสาชั้นลอย		20
	6.2	หล่อคานพื้น		10
	6.3	หล่อพื้นชั้นที่ 2		10
	6.4	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้นลอย-ชั้นที่ 2		10
	6.5	วางแผ่นพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้นลอย		20
7	งวดงานที่ 7		3,745.00	
	7.1	หล่อเสาชั้น 2		20
	7.2	หล่อคาน พื้นหล่อในที่ชั้น 3		20
	7.3	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้น 2-3		10
	7.4	วางแผ่นพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้น 2		20



แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1 (ต่อ)

		เริ่ม 27 มิถุนายน 2550 - 27 กุมภาพันธ์ 2552	จำนวนเงิน (x1000)	ระยะ	2551																											
				เวลา	กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม			
				วัน	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30
8	งวดงานที่ 8		4,494.00																													
	8.1	หล่อเสาชั้น 3		20																												
	8.2	หล่อคาน พื้นหล่อในที่ชั้น 4		20																												
	8.3	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้น 3-4		10																												
	8.4	วางแผ่นพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้น 3		20																												
9	งวดงานที่ 9		4,494.00																													
	9.1	หล่อเสาชั้น 4		20																												
	9.2	หล่อคาน พื้นหล่อในที่ชั้น 5		20																												
	9.3	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้น 4-5		10																												
	9.4	วางแผ่นพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้น 4		20																												
10	งวดงานที่ 10		2,247.00																													
	10.1	ติดตั้งโครงหลังคาเหล็กห้องประชุม		30																												
11	งวดงานที่ 11		2,247.00																													
	11.1	หล่อเสาชั้น 5		20																												
	11.2	หล่อคาน พื้นหล่อในที่ชั้น 6		20																												
	11.3	หล่อบันไดหลัก บันไดหนีไฟระหว่างชั้น 5-6		10																												
	11.4	วางแผ่นพื้นสำเร็จ และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้น 5		20																												
12	งวดงานที่ 12 (งวดที่ 6)		2,247.00																													
	12.1	วางแผ่นพื้นสำเร็จรูป และเทคอนกรีต Topping พื้นชั้น 6		20																												
	12.2	หล่อเสาชั้นที่ 6		20																												
13	งวดงานที่ 13		2,247.00																													
	13.1	หล่อคาน		15																												
	13.2	หล่อพื้นรับโครงหลังคา และรางน้ำ ค.ส.ล.		10																												
14	งวดงานที่ 14		2,247.00																													
	14.1	ติดตั้งโครงหลังคา ชั้นที่ 6		20																												
15	งวดงานที่ 15		2,247.00																													
	15.1	หล่อเสาชั้นห้องเครื่องและชั้นห้องเก็บถังน้ำ		10																												
	15.2	หล่อคานและพื้นชั้นห้องเก็บถังน้ำ		10																												
	15.3	หล่อคานหลังคาชั้นห้องเก็บถังน้ำ		10																												
	15.4	ติดตั้งโครงหลังคาห้องเก็บถังน้ำ		10																												

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1 (ต่อ)

		เริ่ม 27 มิถุนายน 2550 - 27 กุมภาพันธ์ 2552	จำนวนเงิน (x1000)	ระยะ	2551																											
				เวลา	กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม			
				วัน	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30
16	งวดงานที่ 16		1,872.50																													
	16.1	งานก่ออิฐ ชั้นที่ 1 ชั้นลอย และชั้นที่ 2		60																												
	16.2	งานติดตั้งวงกบไม้ ชั้นที่ 1 ชั้นลอย และชั้นที่ 2		40																												
	16.3	งานฉาบปูน ชั้นที่ 1 ชั้นลอย และชั้นที่ 2		60																												
17	งวดงานที่ 17		1,872.50																													
	17.1	งานก่ออิฐ ชั้นที่ 3, 4, 5, 6		90																												
	17.2	งานติดตั้งวงกบไม้ ชั้นที่ 3, 4, 5, 6		60																												
	17.3	งานฉาบปูน ชั้นที่ 3, 4, 5, 6		90																												
18	งวดงานที่ 18		2,247.00																													
	18.1	ติดตั้งและมุงกระเบื้องหลังคาคอนกรีตห้องประชุม		20																												
19	งวดงานที่ 19		2,247.00																													
	19.1	ติดตั้งแป ชั้นที่ 6		10																												
	19.2	มุงหลังคากระเบื้องคอนกรีตชั้นที่ 6		10																												
	19.3	ติดตั้งทางเชื่อมอาคารเดิมและหลังคากันสาด (ไม่รวมกระจก)		30																												
20	งวดงานที่ 20		1,872.50																													
	20.1	ติดตั้งฝ้าเพดานภายใน ชั้นที่ 1, 2, 3		60																												
21	งวดงานที่ 21		1,872.50																													
	21.1	ติดตั้งฝ้าเพดานภายใน-ภายนอก ทั้งหมด		45																												
	21.2	ติดตั้งประตูไม้		15																												
22	งวดงานที่ 22		2,247.00																													
	22.1	เดินท่อร้อยสายไฟฟ้า บล็อกร้อยสายไฟฟ้า ชั้น 1, 2, 3, 4		90																												
	22.2	ติดตั้งตู้เมนไฟฟ้า ชั้น 1, 2, 3, 4		30																												
23	งวดงานที่ 23		2,247.00																													
	23.1	เดินท่อร้อยสายไฟฟ้า บล็อกร้อยสายไฟฟ้า ชั้น 5, 6		30																												
	23.2	ติดตั้งตู้พร้อมอุปกรณ์และเมนไฟฟ้าระหว่างชั้น		15																												
24	งวดงานที่ 24		2,247.00																													
	24.1	พื้นคอนกรีตพิมพ์ลาย ชั้นที่ 1		15																												
	24.2	พื้นขัดมันในที่ ชั้นที่ 1		15																												
	24.3	ปูแผ่นไม้สำเร็จรูป ชั้นที่ 1		15																												

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1 (ต่อ)

		เริ่ม 27 มิถุนายน 2550 - 27 กุมภาพันธ์ 2552	จำนวนเงิน (x1000)	ระยะ	2551																									
				เวลา	มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน			
				วัน	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30
25	งวดงานที่ 25		2,247.00																											
	25.1	ปูพื้นหินแกรนิต ทั้งหมด		30																										
	25.2	ปูกระเบื้องพื้นห้องน้ำและห้องทั่วไป ทั้งหมด		30																										
26	งวดงานที่ 26		2,247.00																											
	26.1	งานเดินท่อระบบท่อน้ำ		60																										
	26.2	ทาสีรองพื้นภายใน ทาสีจริงภายใน 1 เที่ยว		45																										
	26.3	ติดตั้งกรอบวงกบประตู-หน้าต่างอลูมิเนียม ชั้น 1, 2, 3		20																										
27	งวดงานที่ 27		2,247.00																											
	27.1	งานระบบท่อน้ำร้อนพร้อมระบบน้ำร้อน		30																										
	27.2	ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า		10																										
	27.3	ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมดวงโคมและปลั๊ก		40																										

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 1 (ต่อ)

		เริ่ม 27 มิถุนายน 2550 - 27 กุมภาพันธ์ 2552	จำนวนเงิน (x1000)	ระยะ	2551												2552							
				เวลา	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
				วัน	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30
25	งวดงานที่ 25		2,247.00																					
	25.1	ปูพื้นหินแกรนิต ทั้งหมด		30																				
	25.2	ปูกระเบื้องพื้นห้องน้ำและห้องทั่วไป ทั้งหมด		30																				
26	งวดงานที่ 26		2,247.00																					
	26.1	งานเดินท่อระบบท่อน้ำ		60																				
	26.2	ทาสีรองพื้นภายใน ทาสีจริงภายใน 1 เที่ยว		45																				
	26.3	ติดตั้งกรอบวงกบประตู-หน้าต่างอลูมิเนียม ชั้น 1, 2, 3		20																				
27	งวดงานที่ 27		2,247.00																					
	27.1	งานระบบท่อน้ำร้อนพร้อมระบบน้ำร้อน		30																				
	27.2	ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า		10																				
	27.3	ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมดวงโคมและปลั๊ก		40																				
	27.4	ติดตั้งวงกบประตู-หน้าต่าง พร้อมบานอลูมิเนียมทั้งหมด		20																				
	27.5	ติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์		45																				
28	งวดงานที่ 28		2,247.00																					
	28.1	ทดสอบระบบประปา		15																				
	28.2	เก็บเศษวัสดุ และทำความสะอาดภายในอาคาร		15																				
29	งวดงานที่ 29		2,247.00																					
	29.1	ทดสอบระบบไฟฟ้า		15																				
	29.2	เก็บงานต่าง ๆ ที่ปรากฏตามรูปแบบและรายการ		30																				
			74,900.00																					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

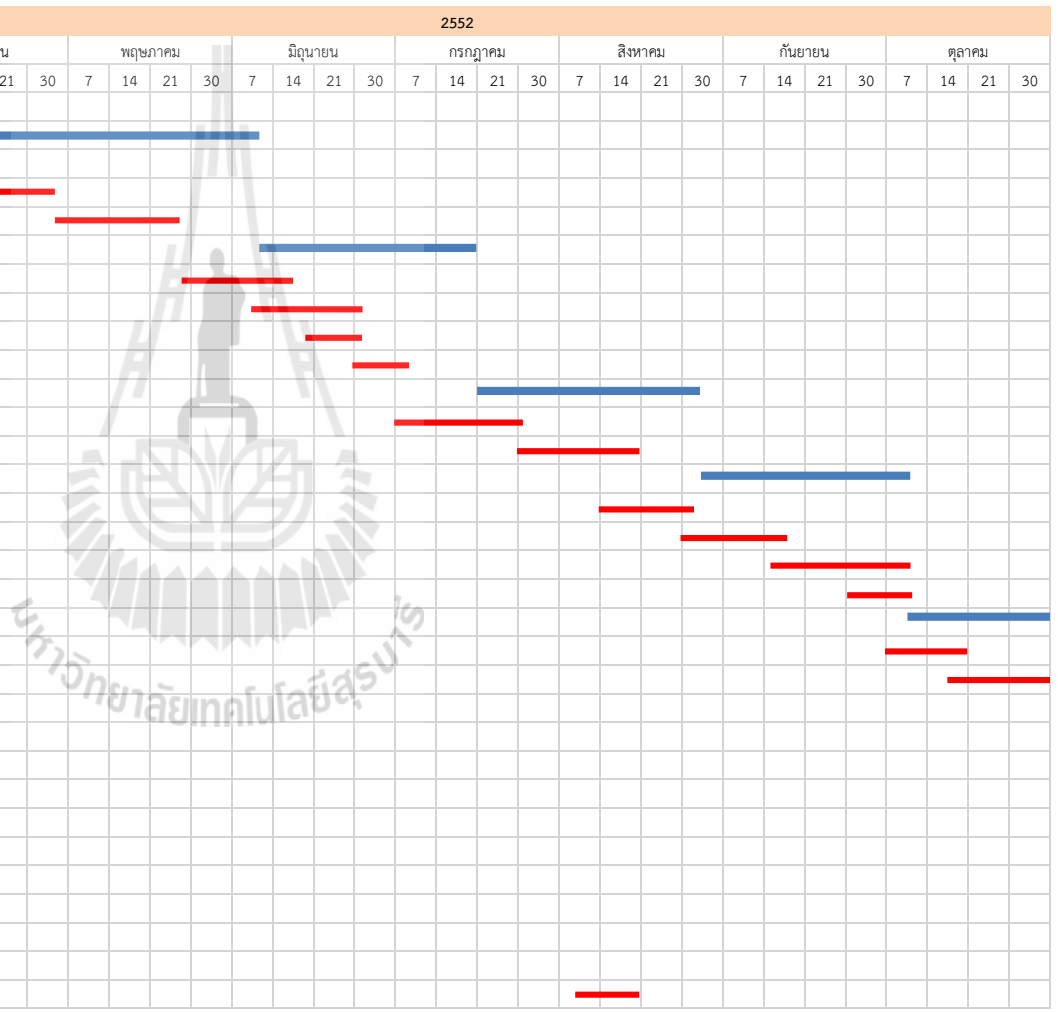
ภาคผนวก ข

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 2

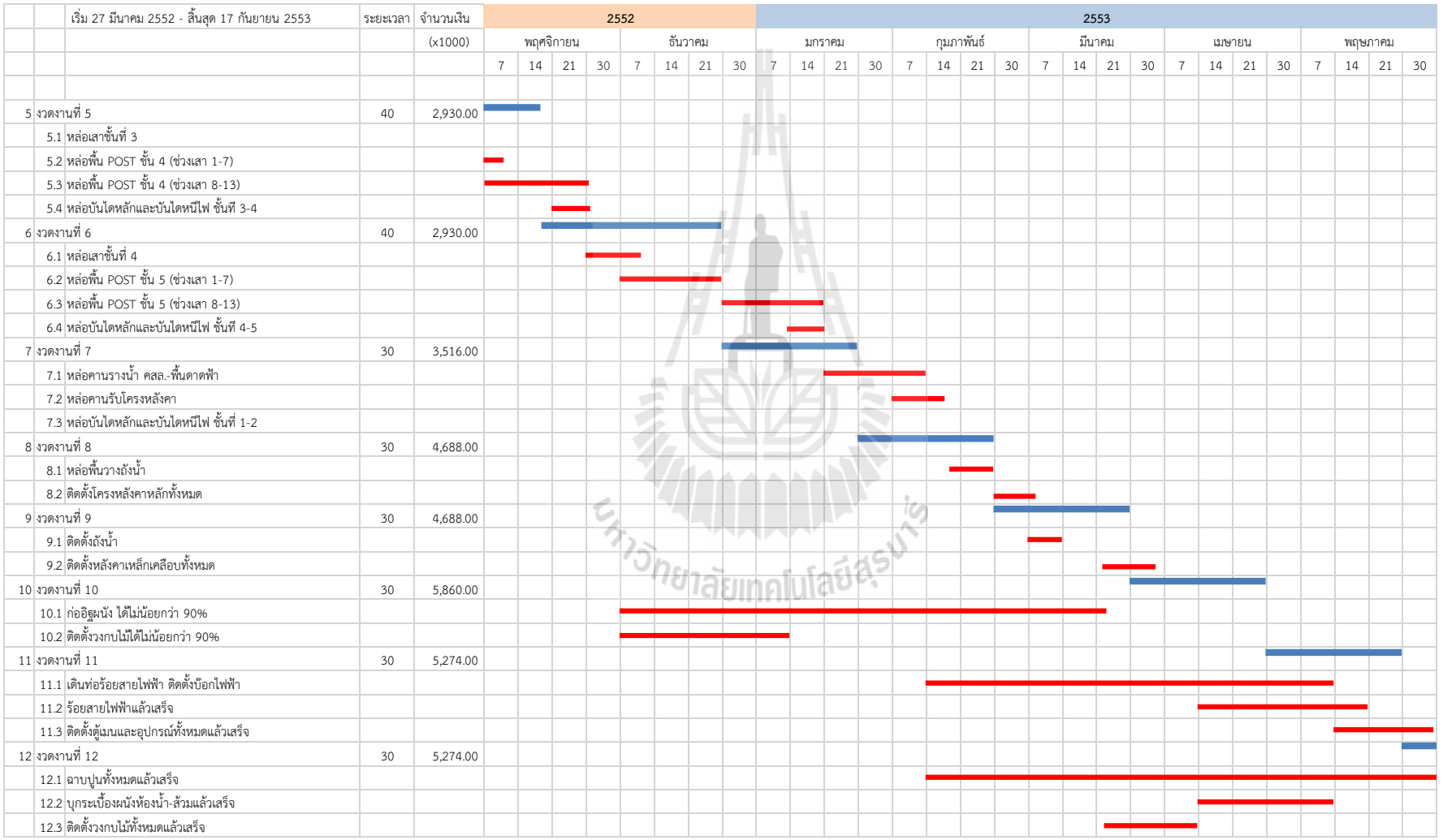
		เริ่ม 27 มีนาคม 2552 - สิ้นสุด 17 กันยายน 2553	ระยะเวลา	จำนวนเงิน
				(x1000)
1	งวดงานที่ 1		70	2,344.00
	1.1	ถมดินปรับระดับ ปรับระดับตามแบบ		
	1.2	วางผัง เจาะสำรวจดิน		
	1.3	ตอกเสาเข็ม คอร. ทั้งหมด		
2	งวดงานที่ 2		40	1,758.00
	2.1	หล่อฐานราก เสาตอม่อ ถังเก็บน้ำใต้ดิน		
	2.2	หล่อคานคอดิน พื้นหล่อในที่ Slab on beam		
	2.3	หล่อบันได ST-1, ST-3, ST-6, ST-7, ST-8 พร้อมทางลาด		
	2.4	หล่อเสาชั้นที่ 1		
3	งวดงานที่ 3		40	1,172.00
	3.1	หล่อพื้น POST ชั้น 2 (ช่วงเสา 1-7)		
	3.2	หล่อพื้น POST ชั้น 2 (ช่วงเสา 8-13)		
4	งวดงานที่ 4		40	2,930.00
	4.1	หล่อเสาชั้นที่ 2		
	4.2	หล่อพื้น POST ชั้น 3 (ช่วงเสา 1-7)		
	4.3	หล่อพื้น POST ชั้น 3 (ช่วงเสา 8-13)		
	4.4	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที 2-3		
5	งวดงานที่ 5		40	2,930.00
	5.1	หล่อเสาชั้นที่ 3		
	5.2	หล่อพื้น POST ชั้น 4 (ช่วงเสา 1-7)		
	5.3	หล่อพื้น POST ชั้น 4 (ช่วงเสา 8-13)		
	5.4	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที 3-4		
6	งวดงานที่ 6		40	2,930.00
	6.1	หล่อเสาชั้นที่ 4		
	6.2	หล่อพื้น POST ชั้น 5 (ช่วงเสา 1-7)		
	6.3	หล่อพื้น POST ชั้น 5 (ช่วงเสา 8-13)		
	6.4	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที 4-5		
7	งวดงานที่ 7		30	3,516.00
	7.1	หล่อคานรางน้ำ คสล.-พื้นดาดฟ้า		
	7.2	หล่อคานรับโครงหลังคา		
	7.3	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที่ 1-2		



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 2 (ต่อ)

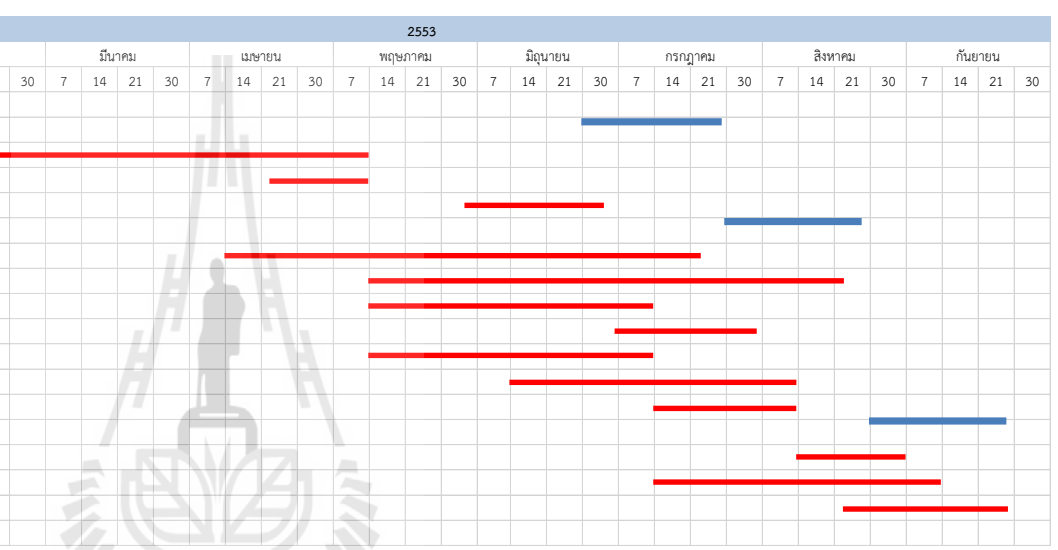
		เริ่ม 27 มีนาคม 2552 - สิ้นสุด 17 กันยายน 2553	ระยะเวลา	จำนวนเงิน
				(x1000)
5	งวดงานที่ 5		40	2,930.00
	5.1	หล่อเสาชั้นที่ 3		
	5.2	หล่อพื้น POST ชั้น 4 (ช่วงเสา 1-7)		
	5.3	หล่อพื้น POST ชั้น 4 (ช่วงเสา 8-13)		
	5.4	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที่ 3-4		
6	งวดงานที่ 6		40	2,930.00
	6.1	หล่อเสาชั้นที่ 4		
	6.2	หล่อพื้น POST ชั้น 5 (ช่วงเสา 1-7)		
	6.3	หล่อพื้น POST ชั้น 5 (ช่วงเสา 8-13)		
	6.4	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที่ 4-5		
7	งวดงานที่ 7		30	3,516.00
	7.1	หล่อคานรางน้ำ คสล.-พื้นดาดฟ้า		
	7.2	หล่อคานรับโครงหลังคา		
	7.3	หล่อบันไดหลักและบันไดหนีไฟ ชั้นที่ 1-2		
8	งวดงานที่ 8		30	4,688.00
	8.1	หล่อพื้นวางถังน้ำ		
	8.2	ติดตั้งโครงหลังคาหลักทั้งหมด		
9	งวดงานที่ 9		30	4,688.00
	9.1	ติดตั้งถังน้ำ		
	9.2	ติดตั้งหลังคาเหล็กเคลือบทั้งหมด		
10	งวดงานที่ 10		30	5,860.00
	10.1	ก่ออิฐผนัง ได้ไม่น้อยกว่า 90%		
	10.2	ติดตั้งวงกบไม้ได้ไม่น้อยกว่า 90%		
11	งวดงานที่ 11		30	5,274.00
	11.1	เดินท่อร้อยสายไฟฟ้า ติดตั้งบ๊อกไฟฟ้า		
	11.2	ร้อยสายไฟฟ้าแล้วเสร็จ		
	11.3	ติดตั้งตู้เมนและอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วเสร็จ		
12	งวดงานที่ 12		30	5,274.00
	12.1	ฉาบปูนทั้งหมดแล้วเสร็จ		
	12.2	บุกระเบื้องผนังห้องน้ำ-ส้วมแล้วเสร็จ		
	12.3	ติดตั้งวงกบไม้ทั้งหมดแล้วเสร็จ		



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แผนงานโครงการก่อสร้างโครงการที่ 2 (ต่อ)

		เริ่ม 27 มีนาคม 2552 - สิ้นสุด 17 กันยายน 2553	ระยะเวลา	จำนวนเงิน
				(x1000)
13	งวดงานที่ 13		30	5,860.00
	13.1	ติดตั้งระบบท่อสุขาภิบาล		
	13.2	ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสีย		
	13.3	ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า		
14	งวดงานที่ 14		30	3,516.00
	14.1	ติดตั้งฝ้าเพดานภายนอกและภายใน		
	14.2	ทาสีภายใน-ภายนอกแล้วเสร็จไม่น้อยกว่า 90%		
	14.3	ปูกระเบื้องทพื้นทั้งหมด		
	14.4	ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าทั้งหมด		
	14.5	ติดตั้งประตู-หน้าต่างอลูมิเนียม		
	14.6	ติดตั้งแผงกันแดดอลูมิเนียม		
	14.7	ติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์		
15	งวดงานที่ 15		30	5,860.00
	15.1	ทดสอบระบบไฟฟ้า-ระบบน้ำ-ระบบลิฟท์		
	15.2	งานบริเวณและเก็บงานอื่น ๆ ที่เหลือตามรูปแบบและรายการ		
	15.3	เก็บวัสดุและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ทำความสะอาดพื้นที่		
			540	58,600.00



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์

แบบฟอร์มเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์

คำถามสำหรับผู้รับเหมา..... สัมภาษณ์ วันที่.....

จำนวนร้านค้าวัสดุ.....ร้าน จำนวนผู้รับเหมาช่วง.....ราย

Firm	Sub.	Sup.	Time of Application (each month) (date)	Time of Payment		Payment Components		Retainage (%)
				Labor (days)	Material (days)	Labor (%)	Material (%)	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในขณะศึกษา

วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง วชรภูมิ เบญจโอฬาร และวัชระ เพียรสุภาพ. (2556). **แนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18, 8-10 พฤษภาคม 2556, เชียงใหม่.

วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง และวชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2556). ผลกระทบของเงื่อนไขการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดของโครงการก่อสร้าง. **วิศวสารลาดกระบัง** 30 (1): 73-78.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อผลงานวิชาการระดับนานาชาติ

WISITSAK TABYANG AND VACHARAPOOM BENJAORAN. (2013). **THE IMPACT OF CONSIDERATION OF PAYMENT CONDITIONS IN CASH FLOW FORECASTING ON FINANCING COSTS IN CONSTRUCTION.** Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-13), 11-13 September 2013, Hokkaido, Japan.

Wisitsak Tabyang and Vacharpoom Benjaoran. (2015). Modified Finance-Based Scheduling Model with Variable Contractor-to-Subcontractor Payment Arrangement. **KSCE Journal of Civil Engineering.** 1-10, DOI 10.1007/s12205-015-0581-z.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18
วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส เชียงใหม่

แนวคิดการพิจาณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

Concept of Considering Payment Conditions in Finance-based Scheduling for Construction Projects

วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง[1], วชรภูมิ เบญจโอฬาร[2] และ วัชระ เพียรสุภาพ[3]
[1, 2]**สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000**
[3]**ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330**
E-mail: [1] d5140060@g.sut.ac.th, [2] vacharapoom@sut.ac.th, [3] pvachara@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับแผนการใช้จ่ายเงินของผู้รับเหมาเพื่อให้มั่นใจว่าในระหว่างดำเนินโครงการมีค่าใช้จ่ายไม่เกินวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน โดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการประมาณกระแสเงินสดเพื่อใช้คำนวนผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายที่ได้จากผลรวมต้นทุนในแต่ละช่วงเวลา และกระแสเงินสดรับที่ได้จากผลรวมต้นทุนในแต่ละช่วงเวลาบวกกับค่ากำไรที่ต้องการ อย่างไรก็ตามวิธีการคำนวณดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงลักษณะการจ่ายเงินที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติของผู้รับเหมา ซึ่งอาจทำให้การประมาณกระแสเงินสดโครงการมีความคลาดเคลื่อนและส่งผลให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินในโครงการเกิดความผิดพลาดได้ บทความนี้ได้ทำการศึกษาและนำเสนอแนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย Payment Time Lags, Payment Components และ Payment Frequency ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน จากการศึกษาพบว่าการประมาณกระแสเงินสดในโครงการก่อสร้างจะต้องสอดคล้องกับการปฏิบัติจริง หรือที่เรียกว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงิน นอกจากนี้แนวคิดนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและทำให้ความเสี่ยงของการเกิดปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการลดลงได้

คำสำคัญ: การจัดตารางดำเนินกิจกรรม, กระแสเงินสดโครงการ, การจ่ายเงินโครงการ, การวางแผนโครงการ

Abstract

Finance-based scheduling is used as a planning tool for construction projects in accordance with the contractors' financial management to ensure that the project cost do not exceed the credit limit granted by financial institutions. The scheduling aims to minimize project financing costs, and consequently maximize the project profit subject to financial conditions. The principle of this method is to shift activities back and forth so that total costs that occurred in each period will not exceed the credit line subject to activity dependency. Generally, this approach usually use cash flow forecasting to calculate the difference between cash outflow derived from total costs that occurred in each period and cash inflow derived from the total costs plus desired profits. However, the calculation does not take into account the actual payment in contractors' practices. The project cash flows are inaccurate and result in planned spending money in the wrong place. This paper studies and proposes the consideration of the payment conditions which includes payment time lags, payment components and payment frequency used in finance-based scheduling. The study found that cash flows forecasting are required to comply with practice in real projects named as the payment flows forecasting. Moreover, this concept can also be applied to the finance-based scheduling in order to make the contractor's financial management accurately.

Keywords: scheduling, project cash flows, project payments, project planning

1. บทนำ

เมื่อผู้รับเหมาต้องดำเนินโครงการก่อสร้าง ขั้นตอนสำคัญที่จะต้องจัดทำไปพร้อมกับการวางแผนและจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการ (Planning and Scheduling) คือการจัดหาเงินทุน (Financing Procurement) ซึ่งผู้รับเหมาทั่วไปมักใช้เงินทุนจากแหล่งทุนภายนอกจากสถาบันการเงิน [1] เงินเบิกเกินบัญชีธนาคาร (Bank Overdrafts) เป็นสินเชื่อประเภทหนึ่งที่ผู้รับเหมาทั่วไปมักใช้เป็นเงินทุนสำหรับดำเนินโครงการก่อสร้าง [2] โดยผู้รับเหมาต้องจัดทำแผนการเงินซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีการประมาณกระแสเงินสดที่กำหนดจากงบประมาณ (Budgeted Approach) และเสนอให้สถาบันการเงินพิจารณาเพื่ออนุมัติวงเงินเครดิต (Credit Limit) ซึ่งผู้รับเหมาสามารถเบิกจ่ายเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการโดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด

สถาบันการเงินส่วนใหญ่จะอนุมัติให้วงเงินเครดิตน้อยกว่าแผนการเงินที่ผู้รับเหมาจัดทำ เนื่องจากวงเงินเครดิตจะถูกสำรองวงเงินไว้เพื่อให้เพียงพอกับการเบิกจ่ายของผู้รับเหมาตลอดทั้งโครงการรวมทั้งเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการบริหารการเงินของผู้รับเหมาที่อาจก่อให้เกิดหนี้สูญ ดังนั้นผู้รับเหมาจำเป็นต้องวางแผนงานโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับแผนการใช้จ่ายเงินเพื่อให้มั่นใจว่าในระหว่างดำเนินโครงการมีค่าใช้จ่ายไม่เกินวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน ซึ่งแนวคิดนี้ถูกนำเสนอโดย Elazouni และ Gab-Allah [3] เรียกว่าการ

จัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (Finance-based Scheduling)

หลักการสำคัญของวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินคือการเลื่อนกิจกรรมเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลรวมต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนดภายใต้เงื่อนไขความสัมพันธ์ของกิจกรรมในโครงการ โดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการประมาณกระแสเงินสดเพื่อใช้คำนวนผลต่างของกระแสเงินสดจ่ายที่ได้จากผลรวมต้นทุนในแต่ละช่วงเวลาและกระแสเงินสดรับที่ได้จากผลรวมต้นทุนในแต่ละช่วงเวลาบวกกับค่ากำไรที่ต้องการ ทั้งนี้การเลื่อนกิจกรรมดังกล่าวอาจเป็นการเลื่อนของกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤตซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มของระยะเวลาโครงการ อย่างไรก็ตามแผนงานโครงการที่ได้รับจากการเลื่อนกิจกรรมดังกล่าว ผู้รับเหมาก็ยังสามารถมั่นได้ว่าไม่มีปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการซึ่งถือเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ต้องเลิกกิจการ [4]

วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินคือความพยายามวางแผนเพื่อให้เกิดต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุดและมีผลกำไรมากที่สุดภายใต้เงื่อนไขทางการเงิน จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ความสนใจในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Model) ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้โครงการมีระยะเวลาน้อยที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด เช่น งานวิจัยของ [1], [3] และ [5] เป็นต้น และมีงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้โครงการที่มีผลกำไรมากที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด เช่น งานวิจัย [6], [7], [8], [9], [10] และ [11] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่บูรณาการการสร้างแบบจำลองโดยมีวัตถุประสงค์หลายเป้าหมาย (Multi-objective) เพื่อให้ได้โครงการที่มีกระแสเงินสดสะสมสูงสุด ระยะเวลาของโครงการและต้นทุนทางการเงินน้อยที่สุดในเวลาเดียวกัน เช่น งานวิจัยของ [12], [13] และ [14] เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยเหล่านี้ใช้สมมติฐานเพื่อทำให้ง่าย (Simplification) ในการประมาณกระแสเงินสดโครงการโดยไม่ได้คำนึงถึงเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เกิดขึ้นระหว่างผู้รับเหมากับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ และระหว่างผู้รับเหมากับเจ้าของโครงการ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดจ่าย (Cost Flows Forecasting) [15] และในงานวิจัยที่ผ่านมายังมองการแก้ปัญหาโครงการก่อสร้างที่ใช้สัญญาแบบต่อหน่วย (Unit-price Contract) ซึ่งเป็นการจ่ายเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการโดยการคำนวณปริมาณเนื้องานจริงที่ทำเสร็จตามช่วงเวลาที่กำหนด นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมายังไม่สามารถใช้ได้กับโครงการก่อสร้างที่ใช้สัญญาแบบเหมารวม (Lump-sum Contract) ซึ่งโครงการส่วนใหญ่มักใช้สัญญาประเภทนี้ [16] โดยกำหนดการจ่ายเงินงวดงานจากการคำนวณปริมาณเนื้องานของกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้รับเหมาต้องทำให้แล้วเสร็จ

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอแนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย Payment Time Lags, Payment Components และ Payment Frequency ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากยิ่งขึ้น โดยบทความอธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ วิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน โพรไฟล์กระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง และรูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงิน นอกจากนี้บทความยังอธิบายถึงปัญหาการประยุกต์ใช้การจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินกับโครงการก่อสร้างซึ่งมีข้อกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เกี่ยวข้อง และสุดท้ายเป็นการอธิบายแนวคิดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งเรียกว่าวิธีการประมาณกระแสการจ่ายเงิน (Payment Flows Forecasting) ซึ่งทั้งหมดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

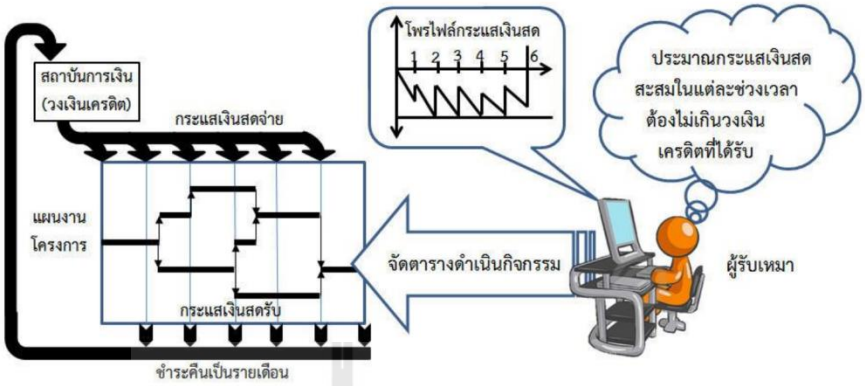
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (Finance-based Scheduling)

เนื่องจากสินเชื่อที่สถาบันการเงินอนุมัติให้กับผู้รับเหมาเพื่อใช้ดำเนินการในโครงการก่อสร้างนั้นถูกกำหนดเป็นรูปแบบวงเงินเครดิตที่จำกัดและสามารถเบิกจ่ายได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด ผู้รับเหมาจึงจำเป็นต้องจัดทำตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างให้สอดคล้องกับการแผนการใช้จ่ายเงินภายในโครงการเพื่อให้มั่นใจได้ว่าในระหว่างดำเนินโครงการมีค่าใช้จ่ายไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด แนวคิดนี้เรียกว่าการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (Finance-based Scheduling)

ในปี 2004 Elazouni และ Gab-Allah [3] ได้เสนอแนวคิดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้าง โดยคำนึงถึงวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างต้องจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการร่วมกับการประมาณกระแสเงินสดโครงการโดยที่ปริมาณกระแสเงินสดสะสมคงเหลือในแต่ละช่วงเวลาต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงิน ปริมาณเงินสดคงเหลือได้มาจากผลต่างระหว่างกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับในแต่ละช่วงเวลาของโครงการ โดยปกติแล้วกระแสเงินสดจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่คงที่ อันเป็นผลมาจากกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมและกระแสเงินสดรับที่ได้รับจากเจ้าของโครงการตามสัญญา การประมาณกระแสเงินสดนี้จะประมาณเงินสดคงเหลือสะสมทุกช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ โดยในแต่ละช่วงเวลาหากปริมาณเงินสดคงเหลือมีค่าเป็นลบจะต้องคิดรวมอัตราดอกเบี้ยเนื่องจากการใช้วงเงินที่ถูกคิดจากสถาบันการเงินด้วย ซึ่งวิธีการคำนวนกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างนี้ได้ถูกกำหนดเป็นรูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปและถูกนำเสนอโดย Au และ Hendrickson [17]

จากรูปที่ 1 แนวคิดของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเริ่มต้นจากการประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการที่เกิดจากผลรวมต้นทุนของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาเพื่อประมาณเป็นค่าใช้จ่ายภายในโครงการ โดยผู้รับเหมาจะเบิกจ่ายได้จากสถาบันการเงินตลอดทั้งโครงการและจะสามารถเบิกจ่ายได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งโดยส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นรายเดือน ผู้รับเหมาจะได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการซึ่งคำนวณจากปริมาณงานที่ทำแล้วเสร็จในช่วงเวลาที่กำหนด โดยผู้รับเหมาจะต้องชำระเงินคืนแก่สถาบันการเงินเพื่อรักษาระดับวงเงินเครดิตให้สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาถัดไปรวมถึงเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากดอกเบี้ยที่มักจะคำนวณตามเวลาตั้งแต่วันเริ่มต้นการถอนเงินจนถึงการชำระเงินคืนสถาบันการเงิน แนวคิดนี้นอกจากจะใช้ใน



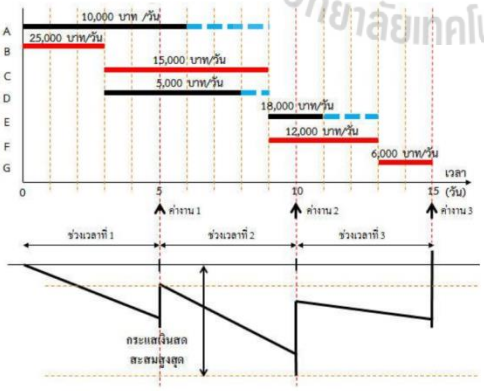
รูปที่ 1 แนวคิดการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (ปรับปรุงจาก [3])

ขั้นตอนการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการหลังจากการได้รับวงเงินเครดิตจากสถาบันการเงินแล้ว ยังใช้ได้กับขั้นตอนการจัดหาเงินทุนในการคำนวณหาเงินเบิกบัญชีสูงสุด (Maximum Overdraft) เพื่อกำหนดวงเงินเครดิตให้เพียงพอกับการดำเนินโครงการ

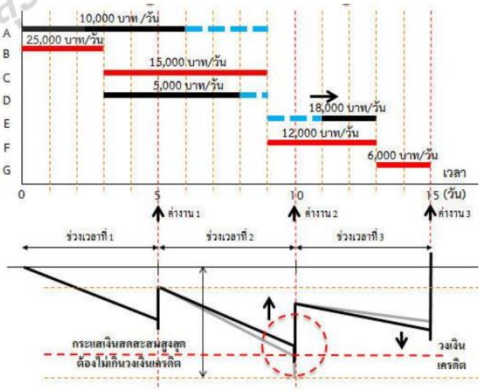
วิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเริ่มจากการจัดทำแผนงานโครงการในรูปแบบแผนภูมิแท่ง (Bar Chart) โดยการจัดลำดับของกิจกรรมตามขั้นตอนการก่อสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และคำนวณหาวันเริ่มและวันสิ้นสุดของกิจกรรม รวมถึงระยะเวลาของโครงการด้วยวิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method) จากตัวอย่างโครงการก่อสร้างที่แสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย 7 กิจกรรม โดยมีกิจกรรม B, C, F และ G เป็นกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤต และกิจกรรมที่เหลือมีระยะเวลาลอยตัวรวม (Total Float) ซึ่งแทนสัญลักษณ์ด้วยเส้นประหลังบาร์ของกิจกรรม ประกอบด้วยกิจกรรม A, D และ E หลังจากนั้นทำการประมาณกระแสเงินสด โดยการคำนวณกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งคำนวณจากการหาผลรวมของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย

จากรูปที่ 2 กระแสเงินสดจ่ายได้มาจากผลรวมของต้นทุนทุกกิจกรรม ณ สิ้นสุดแต่ละช่วงเวลา โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นแบบสม่ำเสมอ และกระแสเงินสดรับได้มาจากกระแสเงินสดจ่ายในช่วงเวลานั้นบวกกับค่ากำไร (Markup) และหักลบกับค่าประกันผลงาน (Retainage) โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของเงินค่างานที่ได้รับจากเจ้าของโครงการในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ เมื่อประมาณกระแสเงินสดตลอดทั้งโครงการแล้วทำให้ทราบถึงกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสูงสุดที่ผู้รับเหมาต้องใช้ในการดำเนินกิจกรรมโดยการเบิกจ่ายจากสถาบันการเงิน อย่างไรก็ตามกระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวงเงินเครดิตที่ได้รับจากสถาบันการเงินจะต้องไม่เกินกว่าที่กำหนด

ในกรณีที่กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการเกินระดับวงเงินเครดิตที่ได้รับ ผู้รับเหมาจะต้องปรับแผนงานโดยวิธีการเลื่อนกิจกรรมซึ่งเป็นการเลื่อนกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง โดยเริ่มต้นจากกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤต (Non-critical Path) เนื่องจากกิจกรรมดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการซึ่งเป็นการเลื่อนภายใน



รูปที่ 2 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างในรูปแบบบาร์ชาร์ทและการเขียนกราฟโพรไฟล์กระแสเงินสด



รูปที่ 3 ตัวอย่างแผนงานโครงการก่อสร้างที่มีการเลื่อนกิจกรรมภายใน Total Float และการเปลี่ยนแปลงของโพรไฟล์กระแสเงินสด

ระยะเวลา Total Float ของกิจกรรม รูปที่ 3 เป็นผลของการเลื่อนกิจกรรม E ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลื่อนกิจกรรม E ไปแล้วทำให้กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการลดลง อย่างไรก็ตามการเลื่อนกิจกรรมดังกล่าวจะไม่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลารวมของโครงการ และหากเลื่อนทุกกิจกรรมที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤตแล้วยังไม่สามารถทำให้กระแสเงินสดสะสมที่เกินลดลงต่ำกว่าระดับวงเงินเครดิตที่กำหนดได้ การเลื่อนกิจกรรมในสายงานวิกฤตจะถูกนำมาใช้เพื่อปรับระดับกระแสเงินสดสะสมของโครงการให้ลดลงตามที่ต้องการซึ่งการเลื่อนกิจกรรมเหล่านี้จะส่งผลให้ระยะเวลาของโครงการเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผู้รับเหมาก็จะได้ตารางดำเนินกิจกรรมโครงการที่ไม่เกินวงเงินเครดิตซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

2.2 โพรไฟล์กระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง

กระแสเงินสดโครงการคือปริมาณเงินสดที่คงเหลืออยู่ซึ่งได้จากผลต่างระหว่างกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับในแต่ละช่วงเวลาของโครงการ โดยปกติแล้วกระแสเงินสดจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาไม่คงที่ อันเป็นผลมาจากกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมและมาจากกระแสเงินสดรับที่ได้รับจากเจ้าของโครงการตามสัญญา การประมาณกระแสเงินสดนี้จะประมาณเงินสดคงเหลือสะสมทุกช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ โดยในแต่ละช่วงเวลาหากมีประมาณเงินสดคงเหลือมีค่าเป็นลบจะต้องคิดรวมอัตราดอกเบี้ยเนื่องจากการใช้วงเงินที่ถูกคิดจากสถาบันการเงินด้วย ซึ่งวิธีการคำนวนกระแสเงินสดโครงการก่อสร้างนี้ได้ถูกกำหนดเป็นรูปแบบโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปและถูกนำเสนอโดย Elazouni และ Gab-Allah [3] ดังแสดงในรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 โพรไฟล์กระแสเงินสดนี้เป็นการประมาณกระแสเงินสดโครงการในมุมของผู้รับเหมาก่อสร้างสำหรับโครงการที่มีระยะเวลาโครงการเท่ากับ L และมีช่วงเวลาใด ๆ เท่ากับ t โดยโครงการจะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา t เท่ากับ E_t และมีกระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลา $t(t \geq 1)$ใด ๆ เท่ากับ F_t ดังนั้น

$$F_t = N_{t-1} + E_t \tag{1}$$

กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t ใด ๆ หลังจากการรับเงินงวดงานเท่ากับ N_t และ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$ กระแสเงินสดสะสมเท่ากับ F_{t-1} และโครงการได้รับเงินงวดงานเท่ากับ P_{t-1} ทำให้กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$ เท่ากับ N_{t-1} ดังนั้น

$$N_{t-1} = F_{t-1} + P_{t-1} \tag{2}$$

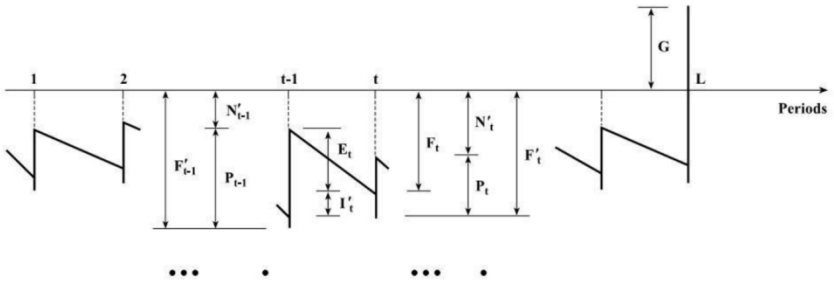
โพรไฟล์กระแสเงินสดโครงการที่แสดงในรูปที่ 4 เป็นการคำนวณโดยอาศัยสมมติฐานว่าผู้รับเหมาจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการใช้วงเงินที่ถูกคิดเงินจากสถาบันการเงินในรูปแบบของดอกเบี้ย ณ สิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลา t ใด ๆ เท่ากับ I_t ดังนั้น

$$I_t = rN_{t-1} + r\frac{E_t}{2} \tag{3}$$

โดยที่ r = อัตราดอกเบี้ยต่อช่วงเวลา

2.3 รูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงิน

ในปี 2002 งานวิจัยของ [15] ได้ทำการศึกษารูปแบบเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยระยะเวลาระหว่างการวางบิลและการจ่ายเงิน (Payment Time Lags) ส่วนประกอบของการจ่ายเงิน (Payment Components) และความถี่ของการวางบิลในช่วงเดือน (Payment Frequency) และพัฒนาเป็นรูปแบบพื้นฐานทั่วไป 4 รูปแบบ โดยใช้ชื่อว่า Conditions of General Contracting Payment Processing (CGCPP) ดังแสดงในตารางที่ 1 รูปแบบที่ 1 เป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรสองอันชี้ไปยังเส้นขวาง และหลังจากการวางบิลผู้รับเหมาจะแบ่งการจ่ายเงินเป็นสองส่วนคือส่วนของค่าแรงงาน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กสีดำ และส่วนของค่าวัสดุแทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็ก โดยจะจ่ายหลังจากวางบิลแล้ว 1-30 วัน และ 30-90 วัน ตามลำดับ แทนด้วยสัญลักษณ์ลูกศรสั้นชี้ไปยังวงกลมเล็กสีดำ (ค่าแรงงาน) และลูกศรยาวชี้ไปยังวงกลมเล็ก (ค่าวัสดุ) รูปแบบที่ 2 เป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบเฉพาะค่าแรงงานและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุวางบิลได้สองครั้งต่อเดือน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรสองอันชี้ไปยังบาร์ โดยผู้รับเหมาจะจ่ายเงินซึ่งเป็นค่าแรงงานให้กับผู้รับเหมาช่วงหลังจากการวางบิล 1-30 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กสีดำและลูกศรสั้น และจะจ่ายเงินซึ่ง



รูปที่ 4 โพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปของโครงการก่อสร้าง [3]

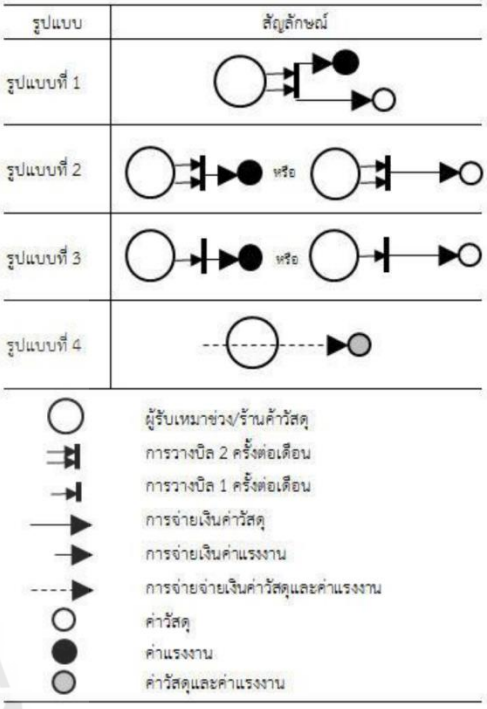
เป็นค่าวัสดุให้กับร้านค้าหลังจากการวางบิล 30-90 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กและลูกศรยาว รูปแบบที่ 3 เป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบเฉพาะค่าแรงและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 แต่ต่างกันที่ยอมให้ผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุวางบิลได้เพียงเดือนละหนึ่งครั้งเท่านั้น แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหญ่และลูกศรหนึ่งอันชี้ไปยังเส้นขวาง โดยผู้รับเหมาจะจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงหลังจากการวางบิล 1-30 วัน แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กสีดำและลูกศรสั้น และจะจ่ายเงินซึ่งเป็นค่าวัสดุให้กับร้านค้าหลังจากการวางบิล 30-90 วัน แทนด้วยด้วยสัญลักษณ์วงกลมเล็กและลูกศรยาว รูปแบบสุดท้ายคือรูปแบบที่ 4 ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับทั้งผู้รับเหมาช่วงที่รับผิดชอบทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุหรือค่าแรงงานอย่างเดียวและเกี่ยวข้องกับร้านค้าวัสดุ โดยไม่มีการวางบิลเพื่อขอเบิกและไม่มีระยะเวลาการจ่ายเงินหลังการวางบิล แต่ผู้รับเหมาจะจ่ายเงินให้เมื่อได้รับเงินงวดงานจากเจ้าของโครงการ รูปแบบการจ่ายเงินแบบนี้เป็นที่รู้จักในชื่อ “Pay when Paid” ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมใหม่และลูกศรเส้นประหนึ่งอันชี้ไปยังวงลมเล็กสีเทา อย่างไรก็ตามการจ่ายเงินในรูปแบบสุดท้ายไม่ควรเกิดขึ้นในทางปฏิบัติเนื่องจากจะทำให้ไม่ได้รับการเชื่อถือจากผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุ ซึ่งหากเกิดขึ้นบ่อยครั้งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาไม่มีแรงงานและวัสดุทำให้โครงการหยุดชะงักได้

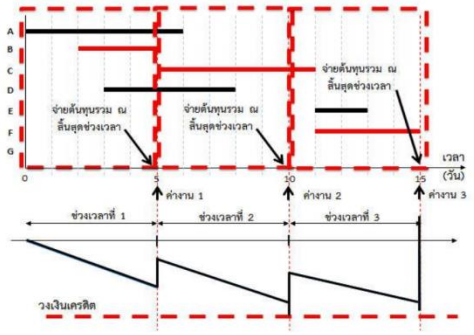
3. ปัญหาการประยุกต์ใช้การจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

ในโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะสัญญาแบบเหมารวม (Lump-sum Contracts) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการก่อสร้างของภาครัฐ ผู้รับเหมาจะถูกกำหนดงานที่จะต้องดำเนินการให้เสร็จในสัญญาก่อสร้าง โดยทั่วไปเจ้าของโครงการมักจะกำหนดเป็นงวดงาน (Progress Payment) [16] ซึ่งคำนวณจากงาน(กิจกรรม)ที่ถูกกำหนดให้ผู้รับเหมาดำเนินการให้แล้วเสร็จในแต่ละงวดงานและจะจ่ายเงินงวดงานให้เมื่องาน(กิจกรรม)ที่กำหนดไว้เหล่านั้นแล้วเสร็จ เช่น งวดงานที่ N จะจ่ายเงินให้ 5% ของมูลค่าโครงการ หลังจากดำเนินกิจกรรม A และ B แล้วเสร็จ 100% และดำเนินกิจกรรม C แล้วเสร็จ 50% เป็นต้น อย่างไรก็ตามสมมติฐานของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบันใช้การคำนวณเพื่อทำให้ง่าย (Simplification) โดยการคำนวณกระแสเงินสดรับ (Cash Inflows) จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงสำหรับกิจกรรมที่ทำแล้วเสร็จในช่วงเวลานั้นและกำหนดจ่ายเงินให้เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาซึ่งถูกกำหนดแบบสม่ำเสมอตลอดทั้งโครงการ หรือเรียกว่าการกำหนดจ่ายเงินของสัญญาโครงการก่อสร้างแบบต่อหน่วย (Unit-price Contracts) ในระหว่างดำเนินโครงการก่อสร้าง ผู้รับเหมาจำเป็นต้องติดต่อกับผู้รับเหมาช่วง (Subcontractors) และร้านค้าวัสดุ (Suppliers) เพื่อสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมในด้านแรงงานและวัสดุก่อสร้างที่ต้องใช้ในโครงการ โดยการจ้างเหมาเป็นค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมถึงการสั่งซื้อวัสดุก่อสร้างซึ่งผู้รับเหมาอาจจะจ้างผู้รับเหมาช่วงเฉพาะค่าแรงงานหรือจ้างเหมาทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุรวมถึงการสั่งซื้อวัสดุจากผู้รับเหมาโดยตรง ในทางปฏิบัติผู้รับเหมาจะกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินระหว่างผู้รับเหมากับผู้รับเหมาช่วงและระหว่างผู้รับเหมากับร้านค้าวัสดุ โดยการกำหนดการวางบิล (Time of Application) และการกำหนดการจ่ายเงิน (Time of Payment) เช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงสามารถวางบิล 5 วัน หรือกำหนดให้ร้านค้าวัสดุสามารถวางบิลได้ทุกวันที่ 15 ของเดือน และกำหนดจ่ายเงินให้หลังจากวางบิล 30 วัน เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวได้ถูกสำรวจและกำหนดเป็นรูปแบบทั่วไปตามงานวิจัยของ [15] นอกจากเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุแล้วยังมีการกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมาด้วย กล่าวคือเจ้าของโครงการจะกำหนดเงื่อนไขการจ่ายเงินงวดงานให้หลังจากผู้รับเหมาวางบิล เช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาสามารถวางบิลได้หลังจากดำเนินกิจกรรมที่กำหนดในสัญญาแล้วเสร็จและจะจ่ายเงินงวดงานให้หลังจากวางบิล 10 วัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบันมีสมมติฐานการคำนวณเพื่อทำให้ง่ายเช่นเดียวกับการประมาณกระแสเงินสดรับ โดยกำหนดจ่ายเงินทันทีเมื่อสิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลาทั้งกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับ ซึ่งเป็นการกำหนดให้เกิดขึ้นพร้อมกัน ณ สิ้นสุดช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

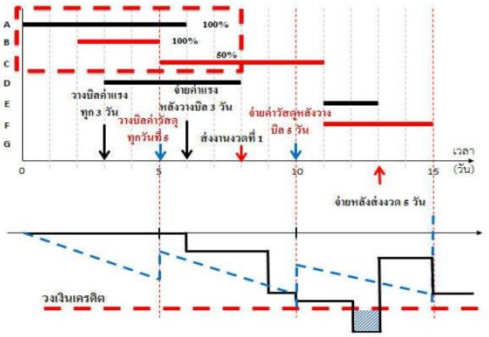
การคำนวณดอกเบี้ยของการใช้วงเงินในสินเชื่อประเภทเงินเบิกเกินบัญชีธนาคาร (Bank Overdraft) สถาบันการเงินจะคิดดอกเบี้ยจากจำนวนเงินที่ผู้รับเหมาเบิกถอนในแต่ละครั้งตามจำนวนวันจนกระทั่งผู้รับเหมาจะชำระเงินคืนกับสถาบันการเงิน ซึ่งผู้รับเหมาอาจชำระคืนเต็มจำนวนหรือชำระคืนบางส่วน ในทางปฏิบัติผู้รับเหมามักเบิกถอนเมื่อมีการจ่ายเงินและมักชำระคืนบางส่วนเพื่อรักษาระดับวงเงินเครดิตให้สามารถใช้ได้ในช่วงเวลาถัดไปรวมถึงเพื่อต้องการลดต้นทุนที่เกิดจากการคิดดอกเบี้ยจากการใช้วงเงินดังกล่าว ในกรณีที่ผู้รับเหมาชำระเงินคืนสถาบันการเงินบางส่วน การคิดดอกเบี้ยจะคำนวณจากจำนวนเงินการเบิกถอนล่าสุดรวมกับจำนวนเงินค้างชำระสะสม ทั้งนี้ผู้รับเหมาสามารถ

ตารางที่ 1 รูปแบบทั่วไปของเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (ปรับปรุงจาก [15])





รูปที่ 5 การคำนวณและการเขียนโพรไฟล์กระแสเงินสดจากสมมติฐานของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 6 การคำนวณและการเขียนโพรไฟล์กระแสเงินสดจากการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างเปรียบเทียบกับรูปแบบโพรไฟล์ทั่วไป

เบิกถอนรวมกันได้ไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด การคิดดอกเบี้ยจากการใช้วงเงินจะคำนวณจากจำนวนเงินที่เบิกถอนในแต่ละครั้งคูณกับอัตราดอกเบี้ยต่อวันตามจำนวนวันจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสเงินสด เช่น ผู้รับเหมามีการจ่ายเงินให้กับร้านค้าวัสดุทำให้มีกระแสเงินสดจ่ายเพิ่มขึ้นหรือเจ้าของโครงการจ่ายเงินงวดงานทำให้กระแสเงินสดสะสมลดลง เป็นต้น อย่างไรก็ตามสมมติฐานการคำนวณดอกเบี้ยของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบันใช้วิธีการคำนวณดอกเบี้ยเพียงครั้งหนึ่งของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและคำนวณเมื่อสิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลาแบบสม่ำเสมอซึ่งส่วนใหญ่จะคำนวณเป็นรายเดือนเหมือนกับสมมติฐานการจ่ายเงินงวดงาน

ความแตกต่างของสมมติฐานของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบันกับแนวทางการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างทำให้เกิดปัญหาความไม่ถูกต้องของการประมาณกระแสเงินสดและเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติจริงอาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการได้ รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงสมมติฐานการคำนวณและการเขียนโพรไฟล์กระแสเงินสดของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากโครงการตัวอย่างมีการแบ่งเป็นพื้นที่การคำนวณออกเป็น 3 ช่วงเวลาซึ่งถูกแสดงล้อมรอบด้วยเส้นประ พื้นที่ดังกล่าวถูกกำหนดเพื่อทำให้ง่ายในการคำนวณโดยกระแสเงินสดจ่ายจะคำนวณจากการรวมต้นทุนของทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาและกำหนดจ่าย ณ สิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลา ส่วนกระแสเงินสดรับจะคำนวณจากผลรวมต้นทุนของทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ๆ เช่นกันบวกกับค่ากำไรที่ต้องการและกำหนดรับ ณ สิ้นสุดในแต่ละช่วงเวลาเช่นเดียวกับกระแสเงินสดจ่ายซึ่งอยู่ในรูปแบบของค่างานดังแสดงในรูปที่ 5 หลังจากการคำนวณและการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเรียบร้อยแล้ว ผู้รับเหมาจะได้แผนงานการดำเนินกิจกรรมโครงการที่เกินวงเงินเครดิตซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าในระหว่างการดำเนินโครงการจะไม่เกิดสภาวะการขาดแคลนเงินสด

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงการคำนวณและการเขียนโพรไฟล์กระแสเงินสดจากการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างซึ่งถูกแสดงจากโครงการตัวอย่างเดิมในรูปที่ 5 แต่มีการคำนวณกระแสเงินสดที่แตกต่างกันโดยกระแสเงินสดจ่ายจะคำนวณจากผลรวมของต้นทุนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงการวางบิลและกำหนดจ่ายหลังจากการวางบิลตามเวลาที่กำหนด เช่น กำหนดให้ผู้รับเหมาช่วงวางบิลค่าแรงทุก 3 วันและกำหนดจ่ายเงินให้หลังจากวางบิล 3 วัน การคำนวณกระแสเงินสดจ่ายจะคำนวณจากผลรวมต้นทุนของทุกกิจกรรมที่เหลื่อมกันในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 3 และจะจ่ายเงินให้ในวันที่ 6 ในทำนองเดียวกันกับการคำนวณค่าวัสดุที่กำหนดให้ร้านค้าวัสดุวางบิลทุก 5 วันและกำหนดจ่ายให้หลังจากวางบิล 5 วัน ดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นต้น ส่วนกระแสเงินสดรับจะถูกกำหนดจากเจ้าของโครงการซึ่งจะกำหนดเป็นงวดงาน เช่น กำหนดจะจ่ายเงินให้ร้อยละ 30 ของมูลค่าโครงการ เมื่อผู้รับเหมาทำกิจกรรม A และ B แล้วเสร็จทั้งหมด และทำกิจกรรม C แล้วเสร็จ 50% และเจ้าของโครงการกำหนดจ่ายเงินงวดงานให้หลังจากผู้รับเหมาวางบิล 5 วัน เป็นต้น จะเห็นได้ว่ากำหนดจ่ายเงินงวดงานขึ้นอยู่กับวันสิ้นสุดของกิจกรรมสุดท้ายที่กำหนดให้แล้วเสร็จในแต่ละงวดงาน ซึ่งหากผู้รับเหมาดำเนินกิจกรรมดังกล่าวล่าช้าก็จะไม่สามารถเบิกเงินในงวดงานนั้น ๆ ได้เลย อย่างไรก็ตามเมื่อนำโพรไฟล์กระแสเงินสดที่ได้จากการคำนวณโดยพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินจากการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างมาเปรียบเทียบกับโพรไฟล์กระแสเงินสดทั่วไปซึ่งถูกแสดงด้วยเส้นประสีน้ำเงินและเส้นทึบสีดำตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างกันและยังทำให้กระแสเงินสดสะสมสูงสุดของโครงการเกินวงเงินเครดิตที่กำหนดแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวผู้รับเหมาจะประสบกับปัญหาการขาดแคลนเงินสด ดังนั้นสมมติฐานการคำนวณของวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินที่มีอยู่ในปัจจุบันมีความไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติในโครงการก่อสร้าง ซึ่งทำให้ผู้รับเหมาเกิดปัญหาการขาดเงินสดหมุนเวียนในระหว่างดำเนินโครงการได้

4. แนวคิดที่นำเสนอ

จากการศึกษาวิธีการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินพบว่าสมมติฐานการคำนวณของวิธีดังกล่าวที่ไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างและส่งผลต่อความถูกต้องของการวางแผนการใช้จ่ายเงินซึ่งนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินการได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการนำเสนอแนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน ซึ่งแนวคิดนี้เป็นการเสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงในขั้นตอนการประมาณกระแสเงินสด โดยเรียกว่า “การ

ประมาณกระแสการจ่ายเงิน (Payment Flows Forecasting)"

กระแสการจ่ายเงิน (Payment Flows) คือการประมาณการจ่ายเงินสำหรับการดำเนินกิจกรรมในโครงการก่อสร้างให้กับผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้รับเหมาช่วง (Subcontractors) และร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (Suppliers) และเจ้าของโครงการ (Owner) โดยการจ่ายเงินนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทุกช่วงเวลาตลอดระยะเวลาของโครงการทั้งในช่วงระหว่างดำเนินกิจกรรมและสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรม ซึ่งการจ่ายเงินอาจถูกกำหนดจ่ายแบบไม่สม่ำเสมอได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้รับเหมาหลักกับผู้รับเหมาช่วงหรือร้านค้าวัสดุก่อสร้างและขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในสัญญาระหว่างผู้รับเหมาหลักกับเจ้าของโครงการ ดังนั้นกระแสการจ่ายเงินจึงมีความแตกต่างจากกระแสเงินสดในเรื่องของการนำเงื่อนไขการจ่ายเงินได้แก่ Payment Time Lags, Payment Components และ Payment Frequency มาพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถสะท้อนถึงแนวทางปฏิบัติในสภาพแวดล้อมจริงของผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

4.1 กระแสการจ่ายเงินสดจ่าย

กระแสการจ่ายเงินสดจ่าย (Payment Outflows) คือมูลค่าเงินที่คำนวณจากการรวมต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาการวางบิล (Time of Application) และกำหนดจ่ายหลังจากการวางบิลตามเวลาที่กำหนด (Time of Payment) ซึ่งกำหนดการจ่ายขึ้นอยู่กับข้อตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจเป็นบุคคลหรือร้านค้าก็ได้ ได้แก่ ผู้รับเหมาช่วง (Subcontractors) และร้านค้าวัสดุก่อสร้าง (Suppliers) โดยทั่วไปโครงการก่อสร้างหนึ่งโครงการอาจจะมีผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าวัสดุมากกว่าหนึ่งราย และอาจมีข้อตกลงในเรื่องเงื่อนไขการจ่ายเงินที่แตกต่างกันด้วย ตัวอย่างเช่น ในกิจกรรมการทำฐานราก ผู้รับเหมาจะจ้างเหมาเฉพาะค่าแรงงานกับผู้รับเหมาช่วง A โดยจะซื้อวัสดุกับร้านค้า B และ C และในกิจกรรมการปรับพื้นที่ ผู้รับเหมาจะจ้างเหมาทั้งค่าแรงงานและวัสดุกับผู้รับเหมาช่วง D โดยผู้รับเหมามีข้อตกลงการวางบิลสำหรับผู้รับเหมาช่วงทุกรายในทุกวันที่ 5 และวันที่ 20 ของเดือนและมีกำหนดจ่ายเงินให้หลังจากวางบิล 5 วัน ส่วนการวางบิลสำหรับร้านค้าวัสดุ B และ C ในทุกวันที่ 15 ของเดือนและมีกำหนดจ่ายเงินให้สำหรับร้านค้าวัสดุ B หลังจากวางบิล 30 วันและสำหรับร้านค้าวัสดุ C หลังจากวางบิล 45 เป็นต้น ข้อตกลงดังกล่าวคือเงื่อนไขการจ่ายเงินที่จะต้องนำมาพิจารณาในการประมาณกระแสเงินสดจ่าย ได้แก่ Payment Time Lags คือกำหนดการจ่ายเงินหลังการวางบิลระหว่างผู้รับเหมากับผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น กำหนดการจ่ายเงินหลังการวางบิล 5 วัน สำหรับผู้รับเหมาช่วง และ 30 วัน และ 45 วันสำหรับร้านค้าวัสดุ B และ C ตามลำดับ เป็นต้น Payment Components คือส่วนประกอบของการจ่ายเงินในแต่ละกิจกรรม เช่น กิจกรรมการทำฐานรากประกอบด้วยการจ่ายค่าแรงงานให้กับผู้รับเหมาช่วง A และการจ่ายค่าวัสดุให้กับร้านค้าวัสดุ B และ C และกิจกรรมการปรับพื้นที่ประกอบด้วยการจ่ายค่าจ้างเหมาทั้งแรงงานและวัสดุให้กับผู้รับเหมาช่วง D เป็นต้น ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีผลกับปริมาณการจ่ายเงินโดยคิดเป็นสัดส่วนกันระหว่างค่าแรงงานและค่าวัสดุและมีผลต่อกำหนดการจ่ายเงินในแต่ละส่วนประกอบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง และส่วนสุดท้าย Payment Frequency คือความถี่ของกำหนดการวางบิลที่ผู้รับเหมามีข้อตกลงกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้รับเหมามีข้อตกลงการวางบิลสำหรับผู้รับเหมาช่วงทุกรายในความถี่ 2 ครั้งต่อเดือนคือทุกวันที่ 5 และวันที่ 20 และมีข้อตกลงการวางบิลสำหรับร้านค้าวัสดุ B และ C ในความถี่ 1 ครั้งต่อเดือนคือทุกวันที่ 15 เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การประมาณกระแสเงินสดจ่ายของโครงการก่อสร้างมีความถูกต้องใกล้เคียงกับการปฏิบัติของผู้รับเหมามากยิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวโดยการประมาณกระแสการจ่ายเงินสดจ่ายในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

4.2 กระแสการจ่ายเงินสดรับ

กระแสเงินการจ่ายเงินสดรับ (Payment Inflows) คือมูลค่าเงินที่ได้รับจากเจ้าของโครงการหลังจากดำเนินกิจกรรมที่กำหนดไว้ในสัญญาแล้วเสร็จ ซึ่งกำหนดเป็นงวดงาน (Progress Payment) เช่น เจ้าของโครงการได้มีข้อตกลงในสัญญาก่อสร้างโดยกำหนดจะจ่ายเงินให้ร้อยละ 30 ของมูลค่าโครงการ เมื่อผู้รับเหมาทำกิจกรรม A และ B แล้วเสร็จทั้งหมด และทำกิจกรรม C แล้วเสร็จ 50% เป็นต้น เจ้าของโครงการจะกำหนดและแบ่งเงินงวดงานซึ่งคำนวณโดยการกำหนดกิจกรรมที่ต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จเพื่อประมาณจำนวนเงินงวดงานในแต่ละงวดซึ่งประมาณจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมที่กำหนดตามช่วงเวลาของการจ่ายเงินงวดงาน ในการแบ่งจ่ายเงินเป็นงวดงานนี้ทำให้เจ้าของโครงการมั่นใจได้ว่าโครงการก่อสร้างเสร็จตามกำหนดเวลาเนื่องจากผู้รับเหมาก่อสร้างจะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จตามกำหนดก่อนการขอเบิกเงินงวดงานในแต่ละงวด ข้อกำหนดดังกล่าวคือเงื่อนไขการจ่ายเงินจากเจ้าของโครงการที่จะต้องนำมาพิจารณาในการประมาณกระแสเงินสดรับ ได้แก่ Payment Time Lags คือกำหนดการจ่ายเงินหลังการวางบิลระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมา เช่น เจ้าของโครงการกำหนดจ่ายเงินงวดงานให้หลังจากผู้รับเหมาวางบิล 10 วัน เป็นต้น จากการกำหนดมูลค่าเงินงวดงานและการแบ่งจำนวนการจ่ายเงินของเจ้าของโครงการ ผู้รับเหมาจำเป็นต้องจัดตารางดำเนินกิจกรรมให้สอดคล้องกับการจ่ายเงินงวดงานที่เจ้าของโครงการกำหนด นอกจากนี้เพื่อให้การประมาณกระแสเงินสดรับของโครงการก่อสร้างมีความถูกต้องใกล้เคียงกับการจ่ายเงินของเจ้าของโครงการมากยิ่งขึ้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินดังกล่าวโดยการประมาณกระแสการจ่ายเงินสดรับในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอแนวคิดการพิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินซึ่งประกอบด้วย Payment Time Lags, Payment Components และ Payment Frequency ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมโครงการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อให้การวางแผนการใช้จ่ายเงินมีความใกล้เคียงในทางปฏิบัติมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้เป็นตัวอย่างเบื้องต้นของงานวิจัยที่ได้พยายามแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของเงื่อนไขการจ่ายเงินและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้ตารางดำเนินกิจกรรมที่ใช้วิธีการคำนวณจากงานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าการประมาณกระแสเงินสดให้สอดคล้องกับการปฏิบัติในโครงการก่อสร้างจริงเพื่อจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินโดยการเสนอแนวคิดการประมาณกระแสเงินสดที่พิจารณาเงื่อนไขการจ่ายเงินที่เรียกว่าการประมาณกระแสการจ่ายเงินซึ่งแบ่งเป็นการพิจารณาออกเป็นการประมาณกระแสเงินการจ่ายเงินสดจ่าย การประมาณ

กระแสการจ่ายเงินสดรับ นอกจากนี้แนวคิดนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินเพื่อทำให้ผู้รับเหมาก่อสร้างการวางแผนการใช้จ่ายเงินให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและทำให้ความเสี่ยงของการเกิดปัญหาการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการลดลงได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการทุนพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในการสนับสนุนทุนการศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Elazouni, A. M., and Metwally, F. G., “Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms”. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(4), pp. 400-412.

[2] Ahuja, H. N., Construction performance control by networks, New York: Wiley., 1976.

[3] Elazouni, A. M., and Gab-Allah, A. A., “Finance-based scheduling of construction projects using integer programming”. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(1), pp. 15-24.

[4] Navon, R., “Company-level cash-flow management”. Journal of Construction Engineering and Management, 1996, pp. 122: 22.

[5] Elazouni, A., “Heuristic method for multi-project finance-based scheduling”. Construction Management and Economics, 2009, 27(2), pp. 199-211.

[6] Elazouni, A. M., and Metwally, F. G., “Expanding finance-based scheduling to devise overall-optimized project schedules”. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 133(1), pp. 86-90.

[7] Liu, S.-S., and Wang, C.-J., “Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization considering cash flow”. Automation in Construction, 2008, 17(8), pp. 966-974.

[8] Liu, S. S., and Wang, C. J., “Two-stage profit optimization model for linear scheduling problems considering cash flow”. Construction Management and Economics, 2009, 27(11), pp. 1023-1037.

[9] Liu, S.-S., and Wang, C.-J., “Profit optimization for multiproject scheduling problems considering cash flow”. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, 136(12), pp. 1268-1278.

[10] Ali, M. M., and Elazouni, A.. “Finance-based CPM/LOB scheduling of projects with repetitive non-serial activities”. Construction Management and Economics, 2009, 27(9), pp. 839-856.

[11] Alghazi, A., Selim, S. Z., and Elazouni, A., “Performance of Shuffled Frog-Leaping Algorithm in Finance-Based Scheduling”. Journal of Computing in Civil Engineering, 2012, 26(3), pp. 396-408.

[12] Afshar, A., and Fathi, H., “Fuzzy multi-objective optimization of finance-based scheduling for construction projects with uncertainties in cost”. Engineering Optimization, 2009, 41(11), pp. 1063-1080.

[13] Fathi, H., and Afshar, A., “GA-based multi-objective optimization of finance-based construction project scheduling”. KSCE Journal of Civil Engineering, 2010, 14(5), pp. 627-638.

[14] Abido, M. A., and Elazouni, A. M., “Multiobjective evolutionary finance-based scheduling: entire projects portfolio”. Journal of Computing in Civil Engineering, 2011, 25(1), pp. 85-97.

[15] Chen, H. L., “Development of a systematic integration approach for multi-level cost flow prediction and management”. Unpublished Ph.d Thesis, University of Florida, 2002.

[16] Dayanand, N., “Scheduling Payments in Projects: An Optimization Framework”. Unpublished Ph.d Thesis, Carnegie Mellon University, 1995.

[17] Au, T., and Hendrickson, C., “Profit measures for construction projects”. Journal of Construction Engineering and Management, 1986, 112(2), pp. 273-286.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลกระทบของเงื่อนไขการจ่ายเงินต่อกระแสเงินสดของโครงการก่อสร้าง

The Effect of Payment Conditions on Cash Flows of Construction Projects

วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง วชรภูมิ เบญจโอฬาร
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ผู้รับเหมาก่อสร้างมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องประมาณกระแสเงินสดให้ถูกต้องและสอดคล้องกับการใช้จ่ายจริง เพื่อไม่ให้เกิดสภาวะการขาดแคลนเงินสดในระหว่างดำเนินโครงการ งานวิจัยที่ผ่านมาระบุว่าเงื่อนไขการจ่ายเงินของผู้รับเหมาในโครงการก่อสร้างมีผลกระทบต่อการประมาณต้นทุนโครงการ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการประเมินผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นจากการใช้วงเงินเครดิต บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลกระทบและหารูปแบบการรวมปัจจัยที่เหมาะสมของเงื่อนไขการจ่ายเงิน ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย Payment time lags (T, NT) รูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย Payment components (C, NC) และรูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย Payment frequency (F, NF) ต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง โดยทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการจ่ายเงินจากโครงการก่อสร้างภาครัฐจำนวน 2 โครงการ และนำข้อมูลมาจำลองรูปแบบการจ่ายเงินโดยพิจารณาปัจจัยทั้งสามปัจจัยในรูปแบบการรวมปัจจัยที่แตกต่างกันเพื่อระบุถึงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งโครงการ โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Factorial Experiment เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และใช้วิธีการวิเคราะห์แผนทางการเงินเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ให้ผลดีที่สุด รวมถึงการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รูปแบบการรวมของปัจจัยที่ทำให้เกิดต้นทุนทางการเงินต่ำที่สุด ผลจากการทดสอบพบว่าผลกระทบ 2 ลักษณะ คือ ผลกระทบหลักจากปัจจัย F และผลกระทบร่วมเกิดจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย T และ C มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และพบว่าการรวมปัจจัยที่เหมาะสมคือรูปแบบ T,C,NF ดังนั้นรูปแบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาด้านการจัดตารางการดำเนินกิจกรรมก่อสร้างที่พิจารณาด้านการเงินได้ต่อไป

คำสำคัญ : ปัจจัยการจ่ายเงิน, กระแสเงินสดโครงการ, กระแสเงินสดสะสม, การจัดตารางดำเนินกิจกรรม

Abstract

This paper aims to investigate the effect on the construction cash flows and to determine a suitable combined pattern for providing cash flows. They comprise payment time lags considered and not considered (T, NT), payment components considered and not considered (C, NC), and payment frequency considered and not considered (F, NF). Supporting this objective, survey data was gathered from two general construction projects in public sector and the cash flow patterns were simulated with eight combined factors. The factorial experiment analysis of the data demonstrates that the factor F has a main effect on the cash flows and the factor T and C has an interactive effect on them significantly at the $\alpha = 0.10$ level. Moreover, the comparison of financial data shows that the T, C, NF is a suitable combined pattern. These results can be further useful for improving the solution on finance-based scheduling of construction projects.

Keyword : Payment conditions, Construction projects, Cash flows, Finance, Scheduling

1. บทนำ

เครื่องมือสำหรับวางแผนการใช้จ่ายเงินในโครงการก่อสร้างมักใช้การจัดทำเงินเบิกเกินบัญชีธนาคาร (Bank overdraft) โดยได้จากการประมาณกระแสเงินสดโครงการ (Cash flow forecasting) ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อคาดการณ์ปริมาณการใช้เงินในแต่ละช่วงเวลาเพื่อไม่ให้เกิดสภาวะการขาดแคลนเงินสดและเพื่อคาดการณ์ผลกำไรของโครงการที่มีเป้าหมายให้ได้ผลกำไรมากที่สุดในขณะที่มีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากภาระดอกเบี้ย โดยการคำนวณเงินคงเหลือของมูลค่าความต่างระหว่างกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายในแต่ละช่วงเวลา เพื่อหากระแสเงินสดสะสมสูงสุดที่ต้องการใช้ในโครงการและนำไปกำหนดวงเงินเครดิต (Specified credit limit) เพื่อจัดทำเงินเบิกเกินบัญชีธนาคารสำหรับการจัดหาเงินทุนให้กับโครงการ วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือวิธีการประมาณจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดตารางดำเนินกิจกรรม (The Cost-Schedule Integration, CSI) [1] เพื่อเขียนกราฟของกระแสเงินสดจ่าย และกระแสเงินสดรับเงินงวดงาน (Progress payment) ซึ่งมีงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น [2], [3], [4] และ [5] ได้นำเสนอการปรับปรุงการจัดตารางดำเนินการก่อสร้างโดยใช้เงื่อนไขทางการเงินหรือเรียกว่า การจัดตารางดำเนินกิจกรรมที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงิน (Finance based scheduling) อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ใช้วิธีการประมาณกระแสเงินสดแบบง่ายซึ่งไม่ถูกต้องกับความเป็นจริงในทางปฏิบัติ โดยงานวิจัยของ [1] ได้ทำการศึกษารูปแบบการจ่ายเงินโดยทั่วไปของผู้รับเหมาก่อสร้างและต่อมาในปี 2005 [6] ได้ระบุถึงปัจจัยการจ่ายเงินที่มีผลต่อความถูกต้องของการประมาณต้นทุนโครงการ ได้แก่ Payment time lags (T) Payment components (C) และ Payment frequency (F)

ถึงแม้ว่าปัจจัยการจ่ายเงินดังกล่าวถูกระบุว่ามีผลกระทบต่อการประมาณต้นทุนโครงการ แต่ก็ยังไม่มีการประเมินผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสเงินสดรับและดอกเบี้ยซึ่งถือเป็นต้นทุนที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผนการใช้จ่ายเงินด้วย อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาในโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมและไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประเมินผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยการจ่ายเงินทั้ง 3 ปัจจัยต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการก่อสร้าง โดยการวิธีวิเคราะห์ 2 วิธีคือวิธีการทดลองแฟคทอเรียล (Factorial experiment) และวิธีการวิเคราะห์แผนทางการเงิน (Financial management analysis)

2. วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินที่มีต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการและเพื่อหารูปแบบปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย ปัจจัย T, C และ F [6] โดยมีขอบเขตการศึกษาโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบการจ่ายเงินงวดงานตามกำหนดงานแล้วเสร็จของกิจกรรมและไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า และทำการเก็บข้อมูลจากโครงการด้วยวิธีการสัมภาษณ์และรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 โครงการ คือโครงการที่ 1 มีมูลค่าก่อสร้าง 74.9 ล้านบาท และโครงการที่ 2 มีมูลค่าก่อสร้าง 58.6 ล้านบาท และทั้งสองโครงการเป็นโครงการของภาครัฐที่ว่าจ้างผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีการกำหนดรูปแบบการจ่ายเงินให้กับผู้รับเหมาช่วงและร้านค้าใกล้เคียงกัน

เมื่อได้ข้อมูลด้านการกำหนดรูปแบบปัจจัยจากโครงการก่อสร้างกรณีศึกษาแล้วได้ทำการจำลองรูปแบบการประมาณกระแสเงินสดโครงการในรูปแบบการรวมกันของปัจจัยที่เป็นไปได้ประกอบด้วยรูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย T (Payment Time lags considered and not considered; T, NT) รูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย C (Payment components considered and not considered; C, NC) และรูปแบบที่พิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย F (Payment frequency considered and not considered; F, NF) โดยกำหนดส่วนประกอบของปัจจัยให้ทุกกิจกรรมแบบสม่ำเสมอคือ ปัจจัย T ที่ 5 วันสำหรับค่าแรงงานและที่ 30 วัน สำหรับค่าวัสดุก่อสร้าง ปัจจัย C แบ่งเป็นสองส่วนคือการจ่ายค่าแรงงานและการจ่ายค่าวัสดุ และปัจจัย F ที่สองครั้งต่อเดือนคือกำหนดวางบิลครั้งที่ 1 วันที่ 1 และครั้งที่ 2 วันที่ 15 ของเดือน ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1 และตารางที่ 1

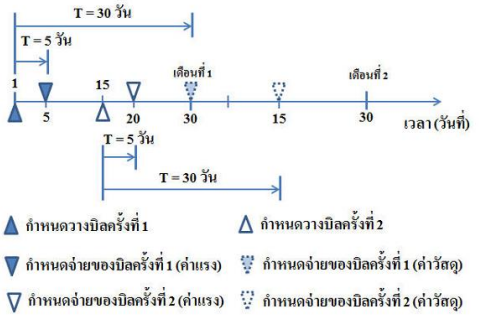
การวิเคราะห์ใช้วิธีการทดลองแฟคทอเรียล (Factorial experiment) แบบสามทางในการวิเคราะห์เพื่อสรุปผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินในเชิงสถิติ และใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลทางการเงินที่ได้จากการจำลองรูปแบบการรวมปัจจัยเพื่อสรุปผลว่ารูปแบบใดให้ผลทางการเงินที่ดีที่สุด โดยรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3. วิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทดลองแฟคทอเรียล (Factorial experiment)

การทดลองแฟคทอเรียลมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย [7] โดยทั่วไปผู้ทดลองจะให้ความสำคัญกับการศึกษาผลกระทบหลัก และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัยเท่านั้น เนื่องจากผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไปจะมีค่าน้อยมากจึงไม่นิยมนำมาพิจารณา [8] การออกแบบการทดลองเป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหรือค่าปัจจัยนำเข้าในการทดลองหนึ่งหรือที่เรียกว่าระดับปัจจัย โดยจะต้องกำหนดจำนวนวิธีปฏิบัติ (Treatment) ในการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของระดับของทุกปัจจัยในการทดลอง และต้องกำหนดจำนวนครั้งในการทดลองที่มีค่าเท่ากับผลคูณของจำนวนวิธีปฏิบัติกับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ (Replicates)

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลกระทบที่เกิดจาก 3 ปัจจัยที่มีค่าแตกต่างกันใน 2 ระดับ โดยมีสมมติฐานหลัก (H_0) คือ ผลกระทบเนื่องจากปัจจัยหลักได้แก่ T, C และ F รวมถึงผลกระทบเนื่องจากปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อ



รูปที่ 1 การกำหนดปัจจัยการจ่ายเงิน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันในทุกระดับของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญ โดยกำหนดให้กระแสเงินสดสะสมในแต่ละเดือนของโครงการเป็นหน่วยทดลอง และกำหนดวิธีปฏิบัติรวม 8 วิธีตามรูปแบบการรวมปัจจัยในตารางที่ 1 โดยทดลองซ้ำในทุกเดือนตลอดทั้งโครงการ และทำการสุ่มผลการทดลองจำนวน 16 ค่าจากทุกหน่วยทดลองเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ รวมการทดลองจำนวน 128 ครั้ง และเพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนในการทดลองจึงได้ออกแบบการทดลองจำนวน 2 แผนการทดลอง และทำการทดสอบความสมดุลของข้อมูลของแต่ละแผนการทดลอง โดยการทดสอบ Type I และ Type III ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองชุดข้อมูลมีความสมดุลของข้อมูล [7]

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองใช้ค่าสถิติ F เป็นตัวสถิติในการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (α=0.1) โดยพิจารณาจากค่า $F_{\alpha, df1, df2} = F_{0.1, 1, 120}$

ตารางที่ 1 การกำหนดเงื่อนไขของปัจจัยในการจำลองรูปแบบ

รูปแบบการรวมปัจจัย	Payment Time Lags, T	Payment Components, C	Payment Frequency, F
T, C, F	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 1 และ 15 ของเดือน
T, C, NF	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 1 ของเดือน
T, NC, F	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 1 และ 15 ของเดือน
T, NC, NF	ค่าแรง 5 วัน, ค่าวัสดุ 30 วัน	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 1 ของเดือน
NT, C, F	จ่ายให้วันวางบิล	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 1 และ 15 ของเดือน
NT, C, NF	จ่ายให้วันวางบิล	ค่าแรง, ค่าวัสดุ	วันที่ 1 ของเดือน
NT, NC, F	จ่ายให้วันวางบิล	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 1 และ 15 ของเดือน
NT, NC, NF	จ่ายให้วันวางบิล	รวมค่าแรงและค่าวัสดุ	วันที่ 1 ของเดือน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลของแผนการทดลองที่ 1 และ 2

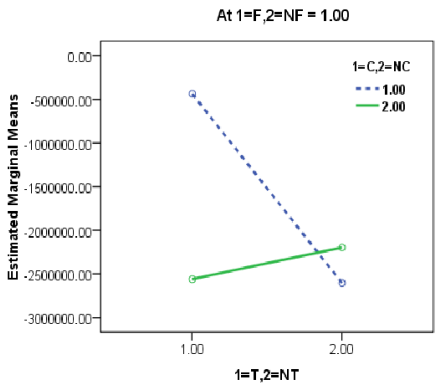
Source	DF	Sum of Squares		Mean squares		F value		Sig.	
แผนการทดลองที่		1	2	1	2	1	2	1	2
Model	7	1.242E+14	1.649E+14	1.774E+13	2.356E+13	2.004	2.786	0.060	0.010
Error	120	1.062E+15	1.015E+15	8.852E+12	8.458E+12				
Corrected total	127	1.186E+15	1.180E+15						
T	1	1.832E+13	3.106E+13	1.832E+13	3.106E+13	2.069	3.672	0.153	0.058
C	1	1.647E+13	3.026E+13	1.647E+13	3.026E+13	1.860	3.578	0.175	0.061
F	1	2.614E+13	3.634E+13	2.614E+13	3.634E+13	2.953	4.297	0.888	0.040
T*C	1	6.146E+13	6.235E+13	6.146E+13	6.235E+13	6.944	7.371	0.010	0.008
T*F	1	6.735E+11	2.014E+12	6.735E+11	2.041E+12	0.076	0.241	0.783	0.624
C*F	1	6.382E+11	1.649E+14	6.382E+11	2.356E+13	0.072	0.173	0.789	0.679
T*C*F	1	4.730E+11	1.015E+15	4.730E+11	8.458E+12	0.053	0.168	0.818	0.683

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.75 จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองที่ 1 และ 2 ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยปัจจัยหลักแทนด้วย T, C และ F ตามลำดับ ส่วนปัจจัยร่วมระหว่าง T และC แทนด้วยตัวแปร T*C ปัจจัยร่วมระหว่าง T และ F แทนด้วยตัวแปร T*F ปัจจัยร่วมระหว่าง C และ F แทนด้วยตัวแปร C*F และปัจจัยร่วมทั้งผลกระทบร่วมกัน เนื่องจากมีค่าเท่ากับ 6.944 และเท่ากับ 7.371 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 2.75 จึงสรุปได้ว่าผลกระทบสามปัจจัยแทนด้วยตัวแปร T*C*F เมื่อพิจารณาค่าสถิติ F จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยร่วมระหว่าง T และ C มีร่วมระหว่างปัจจัย T และ C มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 และเมื่อพิจารณาปัจจัยหลักที่เหลือ คือ F จากตารางที่ 2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.953 และ 4.297 ซึ่งมากกว่า 2.75 ทำให้สรุปได้ว่าปัจจัย F มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแสเงินสดสะสมของแต่ละช่วงเวลาของโครงการอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10

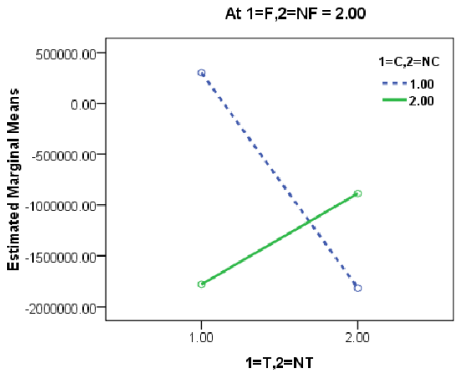
รูปที่ 2 และ 3 แสดงกราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ที่ระดับปัจจัย F และ NF ของแผนการทดลองที่ 1 ตามลำดับ โดยแกนตั้งเป็นจำนวนเงินแทนปริมาณกระแสเงินสดสะสม แกนนอนเป็นค่าของปัจจัย T เส้นประ และเส้นทึบแทนค่าของปัจจัย C ซึ่งทำให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงกระแสเงินสดสะสมที่เกิดจากการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัย จากกราฟดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบปัจจัย T, C, NF ที่มีแนวโน้มทำให้ปริมาณกระแสเงินสดสะสมเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด

3.2 วิเคราะห์แผนทางการเงิน

เป็นการวิเคราะห์แผนการใช้จ่ายเงินในโครงการโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบผลการประมาณกระแสเงินสดจากการ



รูปที่ 2 กราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ที่ระดับปัจจัย F ของแผนการทดลองที่ 1



รูปที่ 3 กราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย T และ C ที่ระดับปัจจัย NT ของแผนการทดลองที่ 1

จำลองรูปแบบการรวมปัจจัยทั้ง 8 รูปแบบ เพื่อสรุปหารูปแบบปัจจัยที่เหมาะสมซึ่งเป็นแผนการใช้จ่ายเงินที่ใช้ต้นทุนทางการเงินต่ำที่สุดและให้ผลกำไรสูงที่สุด โดยใช้เกณฑ์ในการประเมิน ได้แก่ เงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Maximum overdraft) ผลกำไรสุทธิของโครงการ (Net profit) และกระแสเงินสดสะสมสุทธิสูงสุด (Maximum cumulative net cash flow) โดยการคำนวณกระแสเงินสดโครงการในแต่ละช่วงเวลาจากสมการที่ถูกนำเสนอโดย [9] ซึ่งมีสมการทั่วไปในช่วงเวลา t ใด ๆ ดังนี้

$$F_t = N_{t-1} + E_t \quad (1)$$

$$N_{t-1} = F_{t-1} + P_{t-1} \quad (2)$$

โดยที่

F_t คือ กระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลา $t (t \geq 1)$

E_t คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลา t

N_{t-1} คือ กระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$

F_{t-1} คือ กระแสเงินสดสะสม ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$

P_{t-1} คือ เงินงวดงาน ณ สิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้า $(t-1)$

ตารางที่ 3 และ 4 แสดงข้อมูลทางการเงินจากการจำลองรูปแบบปัจจัยของโครงการที่ 1 และ 2 ตามลำดับค่า Maximum overdraft ได้มาจากค่าสูงสุดที่เป็นลบของการคำนวณกระแสเงินสดสะสมทุกช่วงเวลาในสมการที่ 1 ส่วนค่า Net profit ได้มาจากการคำนวณกระแสเงินสดคงเหลือสุทธิ ณ สิ้นสุดช่วงเวลาสุดท้ายของโครงการในสมการที่ 2 และค่า Maximum cumulative net cash flow ได้มาจากค่าสูงสุดที่เป็นบวกของการคำนวณกระแสเงินสดคงเหลือสุทธิทุกช่วงเวลาในสมการที่ 2

เมื่อพิจารณาค่า Maximum overdraft ทั้งสองตาราง พบว่ารูปแบบ T,C,NF ให้ผลต่ำที่สุด และเมื่อสังเกตุที่เหลือในรูปแบบ T,C,NF ยังให้ค่า Net profit และ Maximum cumulative net cash flow สูงที่สุดเช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น ดังนั้นสรุปได้ว่ารูปแบบที่มีการรวมปัจจัยแบบ T,C,NF เป็นรูปแบบที่ให้ต้นทุนทางการเงินต่ำที่สุดและให้ผลกำไรสุทธิของโครงการสูงที่สุด ในทางกลับกันเมื่อพิจารณารูปแบบ NT,C,F พบว่าให้ค่า Maximum overdraft สูงที่สุดอีกทั้งยังให้ค่า Net profit และ Maximum cumulative net cash flow ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น และยังพบว่ารูปแบบ NT,NC,F ให้ผลเท่ากันกับรูปแบบ NT,C,F ดังนั้นสรุปได้ว่ารูปแบบการรวมปัจจัยแบบ NT,NC,F และ NT,C,F เป็นรูปแบบที่ให้ต้นทุนทางการเงินสูงขึ้นและทำให้ผลกำไรสุทธิของโครงการลดลงตามไปด้วย

4. สรุปและวิจารณ์

บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบผลกระทบของปัจจัยการจ่ายเงินที่มีผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงนำไปใช้กำหนดรูปแบบปัจจัยในการวางแผนการใช้จ่ายเงินสำหรับโครงการก่อสร้าง จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี

ตารางที่ 3 ข้อมูลทางการเงินจากการจำลองรูปแบบปัจจัยของโครงการก่อสร้างที่ 1 หน่วย : พันบาท

โครงการที่ 1	T,C,F	T,C,NF	NT,C,F	NT,C,NF	T,NC,F	T,NC,NF	NT,NC,F	NT,NC,NF
Maximum Cumulative Net Cash Flow	5,329	7,298	3,280	3,990	3,397	3,942	3,280	4,145
Net Profit	3,685	3,712	3,280	3,456	3,397	3,541	3,280	3,612
Maximum Overdraft	(4,156)	(4,137)	(7,755)	(7,482)	(7,699)	(7,426)	(7,755)	(6,930)

ตารางที่ 4 ข้อมูลทางการเงินจากการจำลองรูปแบบปัจจัยของโครงการก่อสร้างที่ 2 หน่วย : พันบาท

โครงการที่ 2	T,C,F	T,C,NF	NT,C,F	NT,C,NF	T,NC,F	T,NC,NF	NT,NC,F	NT,NC,NF
Maximum Cumulative Net Cash Flow	6,288	8,072	2,355	4,387	4,359	4,461	2,355	4,564
Net Profit	2,723	2,795	2,355	2,480	2,448	2,563	2,355	2,680
Maximum Overdraft	(8,397)	(8,335)	(12,121)	(12,017)	(12,045)	(11,943)	(12,121)	(10,834)

ทดลองแฟคทอเรียลสรุปได้ว่าการพิจารณาและไม่พิจารณาปัจจัย Payment frequency, F ให้ผลกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากหากกำหนดให้ขอเบิกจ่ายเพียงหนึ่งครั้งต่อเดือนจะทำให้มีปริมาณการขอเบิกจ่ายสะสมจำนวนมากและเมื่อถึงกำหนดจ่ายก็จะมีปริมาณที่มากเช่นเดียวกันส่งผลให้กระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับการขอเบิกจ่ายสองครั้งต่อเดือน และยังสามารถสรุปได้ว่าการพิจารณา Payment time lags, T ร่วมกับ Payment components, C ให้ผลกระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาของโครงการที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของ Payment time lags และ Payment components เช่น รูปแบบที่มีการขอเบิกจ่ายค่าแรงงานและค่าวัสดุจะมีวันกำหนดจ่ายที่ต่างกันคือหลังจากวางบิลที่ 5 วันและ 30 วันตามลำดับ ส่งผลให้กระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกันค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับการขอเบิกจ่ายที่ไม่มี Payment components เป็นต้น ในทางกลับกันรูปแบบที่กำหนดให้มีเพียง Payment components อย่างเดียวจะไม่ส่งผลให้กระแสเงินสดสะสมในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันหากไม่มีการกำหนด Payment time lags นอกจากนี้ยังสามารถสรุปรูปแบบปัจจัยที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ผลจากกราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสามปัจจัยด้วยวิธีการทดลองแฟคทอเรียล ดังนั้นเพื่อให้ได้รูปแบบการรวมปัจจัยที่ทำให้ Maximum overdraft ต่ำที่สุด จึงควรกำหนดค่าปัจจัยดังนี้คือจำเป็นต้องมีการกำหนด Payment time lags และ Payment components และไม่จำเป็นต้องมีการกำหนด Payment frequency ในการประมาณกระแสเงินสดเพื่อใช้ในการวางแผนการใช้จ่ายเงิน ซึ่งสรุปตรงกับการวิเคราะห์แผนทางการเงินที่รูปแบบ T,C,NF ให้ผลดีที่สุด และให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ [6] ดังนั้นการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงรูปแบบของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการประมาณกระแสเงินสดโครงการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาด้านการจัดตารางการดำเนินการก่อสร้างที่พิจารณาปัจจัยด้านการเงินได้ต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

[1] H. L. Chen, Development of a Systematic Integration Approach for Multi-level Cost Flow Prediction and Management, PhD dissertation, University of Florida, Gainesville, Fla., 2002.

[2] A. M. Elzouni and A. Gab-Allah, “Finance-based Scheduling of Construction Projects using Interger Programming,” Jounal of Construction Engineering and Management, Vol.11, No.3., pp.184-189, 2004.

[3] A. M. Elazouni and F. G. Metwally, “Expandin Finance-based Scheduling to Devise Overall-optimized Project Schedules,” Journal of Construction Engineering and Management, Vol.133, No.1., pp.86-90, 2007.

[4] A. M. Elazouni, “Heuristic Method for Multi-project Finance-based Scheduling,” Construction Management and Economics, Vol.27, No.2., pp.199-211, 2009.

[5] M. A. Abidoand and A. M. Elazouni, “Multiobjective Evolutionary Finance-based Scheduling: Entire Projects Portfolio,” Journal of Computing in Civil Engineering, Vol.25, No.1., pp.85-97, 2011.

[6] H. L. Chen, W. J. O’Brien and Z. J. Herbsman, “Assessing the Accuracy of Cash Flow Models: the Significance of Payment Conditions,” Journal of Mangement in Engineering and Mangement, Vol.131, No.6., pp.669-676, 2005.

[7] D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, 5th Ed., Wiley, New York, 2001.

[8] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, “การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง,” กรุงเทพฯ, ท้อป, 2551.

[9] T. Au and C. Hendrickson, “Profit Measures for Construction Projects,” Journal of Construction Engineering and Management, Vol.112, No.2., pp.273-286, 1986.

HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	THE IMPACT OF CONSIDERATION OF PAYMENT CONDITIONS IN CASH FLOW FORECASTING ON FINANCING COSTS IN CONSTRUCTION
Author(s)	WISITSAK TABYANG;VACHARAPOOM BENJAORAN
Citation	
Issue Date	2013-09-12
DOI	
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/54351
Right	
Type	proceedings
Additional Information	
File Information	easec13-E-3-5.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

THE IMPACT OF CONSIDERATION OF PAYMENT CONDITIONS IN CASH FLOW FORECASTING ON FINANCING COSTS IN CONSTRUCTION

WISITSAK TABYANG[1*], VACHARAPOOM BENJAORAN[2]

[1,2]*School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakon Ratchasima, 30000 Thailand*

ABSTRACT

Financing costs have been considered to have effects on profit of business, especially when carrying out a construction project. The contractors always desire to minimize the financing costs which are determined basing on factors including the interest rate and penalties accrued on unused portions of credit limit. The establishment of bank overdraft calculated by forecasting project cash flow has been used as the method of financing construction projects. Generally, the cost-schedule integration (CSI) technique has been employed to estimate projects cash flow, but it has still indicated that it does not reflect reality. The payment conditions comprising payment time lags, frequency, and components suggested that they should be modeled in cash flow forecasting. However, there has been no simulation of cash flow forecasting through considering these conditions to examine the impact on project financing costs. This paper is a result of three experiments comprising the experiments calculated according to CSI approaches, simulated by varying payment conditions, and by uniform payment conditions. Data to the simulation was obtained from surveying two projects. Comparison of financing costs incurred among three experiments was performed. The results showed that the consideration of the payment conditions in cash flow forecasting of both projects made a significant difference in financing costs. It made a considerable difference between CSI models and uneven payment conditions. The difference lies in 95% and 71% of total interest charges in projects A and B, respectively. This study pointed out the importance of the terms of payment which may have an impact on forecasting profits and providing overdrafts to financing cash requirements of projects.

Keywords: Payment conditions, financing cost, cash flow, construction project, cost-schedule integration (CSI).

1. INTRODUCTION

A crucial procedure for construction contractors is the financing procurement to run a profitable business. Most general contractors often procure funds from external sources such as financial

* Corresponding author and presenter: Email: d5140060@g.sut.ac.th

institutions (e.g.banks) for funding the project (Elazouni and Metwally, 2005). The establishment of bank overdrafts has been one of the widespread methods of financing construction projects (Ahuja, 1976). The cumulative cash flow is calculated by balancing between cash inflows and outflows in order to determine bank overdrafts. In case of negative balance, financing cost for borrowing from banks, so called internal interest, would be charged to the project in accordance with corporate policy or decisions. In addition, fluctuation of cash requirement at any period causes a penalty fee which is charged by bankers for unused portions on allocated credit. Thus, contractors need to concern about the project financing costs incurred on cash flow forecasting.

The cost-schedule integration (CSI) technique has extensively been used for estimating the project cash flow. CSI approaches assume that cash flows realized on a project are a function of the project schedule (Sears, 1981). In 2002, Chen's research indicated that the approaches did not reflect reality in a project environment, he also suggested that payment conditions comprising payment time lags, frequency, and components need to be included in CSI models to provide sufficient cash flow models (Chen et al., 2005). However, there has been no simulation of cash flow forecasting including the extend CSI approaches to examine the impact on project financing costs. Moreover, it is unclear to what extent simulation of uniform distribution of the payment conditions over the project time will make a difference from simulation uneven one as well as an impact on financing costs.

This paper aims to point out the differences between the cash flow forecasting calculated by the distribution of the terms of payments based on in practice and the cash flow forecasting calculated by the existing CSI. The study does not cover all factors of the terms of payments, but does study certain types of payment conditions including payment time lags, frequency, and components indicated that should be modeled to accurately reflect reality by Chen's research (2002). In addition, this study not only indicates the differences in the results of two experiments, but also any further experiment which is calculated by the uniform distribution of the payment conditions is performed.

2. CONSIDERING PAYMENT CONDITIONS IN CASH FLOW MODELS

Cash flow in this paper is defined as cash flows generated by operating activities since they reflect the financial health of a business and its value (Barth et al., 2001). Operating cash flows comprise the inflows and outflows of cash. Cash inflows are the flows of money in the form of progress payment realized on contractual agreements with project's owners relating to accomplished works and project completion. Cash outflows are disbursement payment of costs of project activities as a function of time. From a modeling perspective, cost flows are defined as forecasts of disbursement payment flows and have proven to be more difficult to generate than that of cash inflows for reasons of complexity (Chen, 2002). However, progress payment flows determined by evaluations of the percentage of total contract completion in the lump sum contract are also difficult to forecast a receipt from the owner because they depend on the accomplished works specified in contract. Therefore, this research focuses on considering the payment conditions in both inflows and

outflows of cash flow forecasting. The following two sections address the formulation of the modified equations complying with payment conditions for predicting the cash flows and the details of the payment conditions provided for simulating cash flows forecasting.

Estimating the project cash flows is simplified in order that calculation can be made easily but it does not consider the terms of payments which have indicated that they have an effect on the accuracy of cash flow forecasting (Chen 2002). Therefore, the calculation of cash flows needs to be improved by modifying the Elazouni (2004)'s equations to comply with the payment conditions. In the initial scheme, the cash flow is still estimated to establish an original overdraft of the project. The cash inflows and outflows consist of the payment received from the owners and cost loaded schedule. The model is modified and formulated in cash inflows and outflows by considering the payment conditions during construction. The formulation also complies with the terminology employed by (Chen et al., 2011, Elazouni and Gab-Allah, 2004, Au and Hendrickson, 1986). Let the amount of total direct cost of an activity p performed on any payment date TP_h be denoted by y_{pTP_h}; it represents project direct cost disbursement of an activity p. Thus

$$y_{pTP_h} = \sum_{i=es_p}^{TA_t} y_{pi} \ , p = 1,2,...,n \tag{1}$$

Subject to: if $es_p \leq TA_{t-1}$, then $es_p = TA_{t-1} + 1$

$$TP_h = TA_t + TL \tag{2}$$

Where y_{pi} is the direct cost disbursement rate of activity p in day i; es_p is early start of activity p; TA_t is time of application submission at any period t; n is number of activities of which duration overlaps with period t; and TL is time between application submission and payment.

A project total cost disbursements during any period t, which is time between previous time of application submission TA_{t-1} and present one TA_t, and on any payment date TP_h is represented by E_{TP_h}. Depending on the progress payment specified in contracts, the amount and timing of receiving a payment P is decided by accomplishment of works specified in a progress payment f, which is determined by evaluation of the percentage of contract price CP_f at any receiving date TR is represented by P_{TR}, where

$$E_{TP_h} = \sum_{p=1}^{n_t} y_{pTP_h} \tag{3}$$

$$P_{TR} = CP_f \ , f = 1, 2, \dots k \tag{4}$$

$$TR = TB + TLR \tag{5}$$

Where n_t is number of activities of which duration overlaps on payment date TP_h; and k is number of progress payment specified in the contract; TB is time of billing submitted to the project's owner; TLR is time between submitted billing and progress payment.

3. EXPERIMENTATION AND ANALYSIS

Three experiments have been carried out to test the effect of the payment conditions used, in showing the effects of these factors, on the cash flow forecasting of the projects. The cumulative cash flows are figured by experiment on two construction projects. These conditions comprising payment time lags, payment frequency and payment components were gathered by interviewing and documenting from the projects' contractors and the projects' owner.

3.1. Project used for experimentation

Data to support experimentation was gathered on two projects: A and B. The project names have been assumed from the request of the firms involved. The A project was located in the south of Thailand and had a contract price of THB74.9 million (~$2.5 million). This project is an educational building project comprising a six-storey construction of reinforced concrete. The total project duration was twenty months. The other project, the B project, located in the same region, had a contract price of THB58.6 million (~$1.95 million). The project is an educational operating building project comprising five-storey construction of reinforced concrete. The total project duration was eighteen months. The A project was completed on February, 2009 and the other on September, 2010.

The two projects are examples of the simulation of the impact of the payment conditions. The payment conditions to subcontractors and suppliers of each project were gathered by interviewing from the project's contractors and the payment conditions for progress payment were collected by documenting from the projects' owner. For both projects, certain payments to specialist subcontractors were lump sum payments for both labor and materials, such as preparation works, pile works and electrical works, while others paid only for labor wages. Moreover, most materials costs were directly paid by the main contractors to relating suppliers. The progress payment is designated as a schedule of values into the terms of the lump sum contracts. The payments based on actual progress are contingent on a satisfactory completion of pre-specified project activities. Furthermore, the projects used a typical general contracting arrangement which corresponded with the four basic types of conditions of general contracting payment processing (Chen, 2002). Consequently, they can be considered a representative of various other projects globally.

3.2. Simulation of the experiments

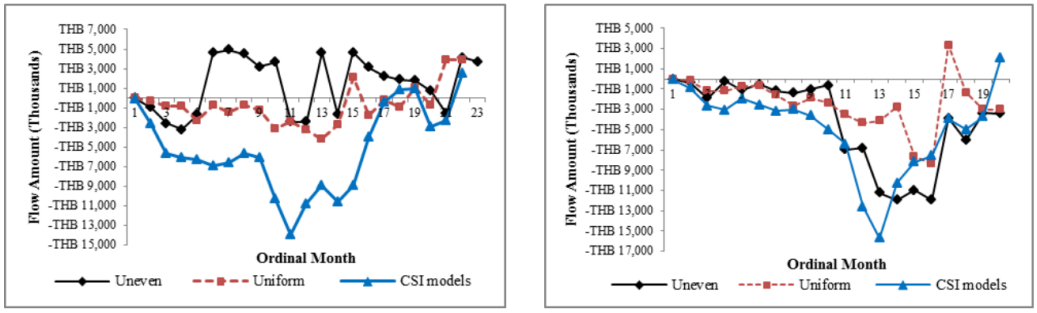
In this study, three experiments were set up for each project to demonstrate the differences between them in terms of financing project. One of the experiments was simulated by calculating the cash flows forecasting according to the CSI approaches as based experiment. The other experiments are

simulated by calculating the cash flows forecasting on the different distribution of the payment conditions using data from the sample projects. The data comprised the project schedule, the contract price of project and the terms of payments to establish the project cash flows. However, the based experiment also used these data except the terms of payments. Two experiments related to the terms of payment were composed of an experiment simulated by the uneven distribution of the payment conditions and simulated by the uniform distribution of the payment conditions. The former called an uneven experiment which used data of payment conditions obtained from the survey directly, but the later called as a uniform experiment which used data of payment conditions simplified by matching the terms of payment to activities evenly. The payment conditions used for simulation of these experiments were illustrated in Table 1. Simulating the uneven experiment is a representative of a situation in which contractors have quite adequate information of payment condition for forecasting cash flow required accuracy similar in practice, but the uniform experiment is simulated to represent a situation in which contractors do not have data of the terms of payment and want to forecast a related cash flow approximately. Consequently, three experiments are provided for comparison with the maximum cumulative cash flow of each period between them.

Under the procedure for simulating, the foundation of cost schedule integration was used for distributing the cost of a project over time. Based on this, the cost loaded schedule then generated a cost flow projection from the data of the sample projects. The payment progress specified in contracts was used for determining the cost of the activities. The cash inflows and outflows (cost flow) were forecasted for three experiments. But the uneven and uniform experiments required an additional step concerned with the payment conditions. The cash outflows were done by projecting the cost as a function of their usage time and the terms of payments. For all activities, the payment to the percent

Table 1: The payment conditions used for simulation

Project	Experiment	Firms	Billing date of month	Time lags	Frequency	Type of payroll
A	Uneven	Owner	After completion	Contracts	Contracts	Contracts
		Sub.1	15th and 30th	5 days	Twice	Labor& Material
		Sub.2	15th and 30th	5 days	Twice	Labor
		Sup.1	30th	30 days	Once	Material
		Sup.2	30th	60 days	Once	Material
		Sup.3	15th and 30th	60 days	Twice	Material
	Uniform	Owner	After completion	Contracts	Contracts	Contracts
		Sub.1	15th and 30th	5 days	Twice	Labor
		Sup.1	15th and 30th	30 days	Twice	Material
B	Uneven	Owner	After completion	Contracts	Contracts	Contracts
		Sub.1	15th and 30th	5 days	Twice	Labor& Material
		Sub.2	15th and 30th	5 days	Twice	Labor
		Sub.3	1st	7 days	Once	Labor& Material
		Sup.1	5th	25 days	Once	Material
		Sup.2	5th	40 days	Once	Material
	Uniform	Owner	After completion	Contracts	Contracts	Contracts
		Sub.1	15th and 30th	5 days	Twice	Labor
		Sup.1	15th and 30th	30 days	Twice	Material



(a) Project A **(b) Project B**

Figure 1: Cash balance plotted on simulation of the experiments at each period.

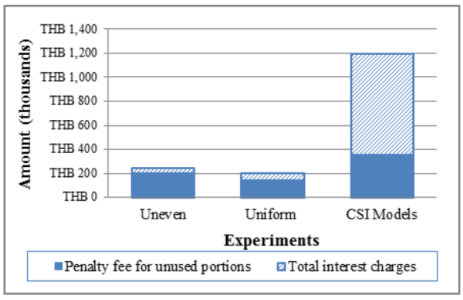
of each activity cost, respectively. The data of subcontractors and suppliers were allocated to the project activities by mapping the activity to its supply chains. The supply chains were categorized into three groups; subcontractors committed to both labor and material, subcontractors committed only to labor, and suppliers committed to materials. Mapping all categories to the project activity was used for the experiments considering the payment conditions, except in the case of uniform experiment which do not use the first group, as detail shown in Table 1.

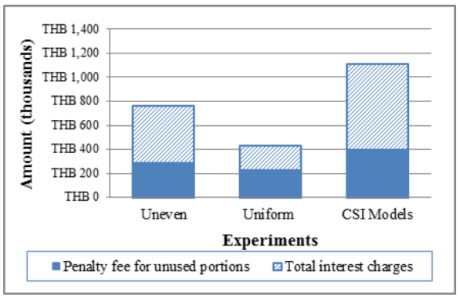
To demonstrate the difference between the experiments in terms of the financing project, Figures 1(a) and 1(b) illustrate the results from simulation of cash flows forecasting calculated according to three models in the project A and B, respectively. The graphs show plotting of cumulative balance of each experiment at any period. Consequently, the results are analyzed in the following section.

4. ANALYZING THE IMPACT ON PROJECT FINANCING

In this study, the project financing costs were calculated according to equations in the Elazouni (2004)'s research. They comprised total penalty fees for unused portions on allocated credit limit, total interest charges, and consequently overall financing costs. Figures 2(a) and 2(b) show the summary of financing costs incurred on each experiment of project A and B, respectively. The following section discusses the important impact of consideration of payment conditions in cash flow forecasting on the financing cost with explanations of differences between the three experiments.

As can be seen from Figure 2(a), the case of project A, the chart shows that there are differences of financing costs among the experiments. In comparison with the total penalty fees for unused portions on credit limit, the uneven and uniform experiments are very different from the based models which are lower by 42% and 60%, respectively. Besides, the uneven experiment is rather different from uniform experiment which is higher by 31%. The other comparison of total interest charges, it also shows that the uneven and uniform experiments are vastly different from the based models which are lower by up to 93% and 95%, respectively. Moreover, the uneven





(a) Project A **(b) Project B**

Figure 2: Summary of financing costs incurred on the experiments.

experiment is rather different from uniform experiment which is higher by 42%. Finally, overall financing costs incurred of three models are compared. It shows that uneven and uniform experiments are very different from the based models which they are lower by up to 80% and 83%, respectively, while the uneven experiment is slightly different from the uniform experiment which is higher by only 19%.

The results of project B as shown in Figure 2(b), in comparison with the total penalty fees for unused portions on credit limit, the uniform experiment seems very different from the based models which is lower by 44%, but the even experiment appears rather different from based models which is lower by 28%. Besides, the uneven experiment is slightly different from uniform experiment which it is higher by only 21%. The other comparison of total interest charges, it also shows that the uniform experiment seems clearly different from the based models which is lower by up to 70%, but the other appears rather different from based models which is lower by only 32%. In addition, the uneven experiment is markedly different from the uniform experiment which is higher by 57%. Finally, in comparison of overall financing costs, it also shows that the uniform experiment is distinctly different from the based models which is lower by 61% while the other is rather different from the based models which is lower by 31%. And the uneven experiment is also rather different from the uniform experiment which is higher by 44%.

In brief, the results showed that the differences in financing costs between the experiments of two projects were accounted for in the same direction. In addition, it can be noted that the proportion of the differences in project B is lower than that of project A, and the uniform experiment is lowest in the experimentation. This could be caused by the varied supply chains which were mapped onto activities of each project and caused by a different number of progress payments which were determined as cash inflows in an estimation of the project cash flow. Thus, it can also indicate that the differences in considering these aspects can make a vast difference in financing costs, such as the total interest charges in project A which made the biggest difference of 95% from the based or CSI models as shown in Figures 2(a) and 2(b).

Results of the experiments indicated that the consideration of the payment conditions in cash flow forecasting has shown the effects of the different changes on project financing costs. The impact examined on the projects depended upon the mapping of the payment conditions in project's activities, such as mapping the components which vary with time lags in project A, it caused the marked effect which was more than the one in project B, and consequently the vast difference in project A. It also corresponded with the earlier study (Chen et al., 2005) which argued that having different payment components should only affect cash flows when time lags vary between components.

5. CONCLUSION

This paper was written based on the simulation of three experiments to examine the impact of the payment conditions on financing costs incurred from estimating project cash flows. The results of both projects indicated that the payment conditions have the most impact on financing costs when they are distributed uniformly to project activities. Although the results show the lowest financing costs which would be beneficial to reduce project indirect cost, cash flow predictions are likely to remain inaccurate in practice. Thus, the accuracy of cash flow forecasting depends on the data of payment conditions which may have an impact on forecasting profits and providing overdrafts to financing cash requirements of projects.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the Office of the Commission on Higher Education, Bangkok, Thailand for the grant under the Strategic Scholarships Fellowships Frontier Research Network (Specific for Southern Region).

REFERENCES

Ahuja HN (1976). Construction performance control by networks, New York: Wiley.

Au T and Hendrickson C (1986). Profit measures for construction projects. Journal of Construction Engineering and Management, 112(2), pp. 273-286.

Barth ME, Cram DP, and Nelson KK (2001). Accruals and the prediction of future cash flows. The Accounting Review, 76(1), pp.27-58.

Chen HL (2002). Development of a systematic integration approach for multi-level cost flow prediction and management. Unpublished Ph.d Thesis, University of Florida.

Chen HL, Chen WT, and Wei NC (2011). Developing a cost-payment coordination model for project cost flow forecasting. Journal of Civil Engineering and Management, 17(4), pp.494-509.

Chen HL, O'Brien WJ, and Herbsman ZJ (2005). Assessing the accuracy of cash flow models: the significance of payment conditions. Journal of Construction Engineering and Management, 131(6), pp.669-676.

Elazouni AM and Gab-Allah AA (2004). Finance-based scheduling of construction projects using integer programming. Journal of Construction Engineering and Management, 130(1), pp. 15-24.

Elazouni AM and Metwally FG (2005). Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms. Journal of Construction Engineering and Management, 131(4), pp. 400-412.

Sears GA (1981). Concept mapping for evaluation and planning. Evaluation and Program Planning, 12(1), pp.1-111.

KSCE Journal of Civil Engineering (0000) 00(0):1-10
DOI 0.1007/s12205-015-0581-z
Copyright ⓒ2015 Korean Society of Civil Engineers

Construction Management
pISSN 1226-7988, eISSN 1976-3808
www.springer.com/12205

Modified Finance-Based Scheduling Model with Variable Contractor-to-Subcontractor Payment Arrangement

Wisitsak Tabyang* and Vacharapoom Benjaoran**

Received September 29, 2014/Revised March 12, 2015/Accepted August 18, 2015/Published Online November 25, 2015

Abstract

Finance-based scheduling approaches have been proposed in the literature to produce financially executable schedules in construction projects. Although some research has reported the importance of considering the time interval between subcontractors' requests for payment and the actual disbursements on the cash flow calculation, which affects the accuracy of cash flow analysis, none of literature has considered the subcontractor payment time delay to help resolve the cash available limitation problems in the finance-based scheduling model. This paper modified the existing finance-based scheduling models to account for varying contractor-to-subcontractor payment arrangements (Billing Date: BD and Payment Time Delay: PTD) for individual work packages. The proposed method was validated using a five-activity project and was compared with the solution of the traditional method. The comparison of the results showed considerable differences of the financial performance of the proposed method. Finally, the sensitivity analysis was used to investigate the effect of two factors (BD and PTD) on the projected maximum overdrafts and financing costs. The analysis showed that shifting the BD toward the end of period increased the project finances but that extending the PTD decreased the project finances when the project period elapsed. Thus, the modified model enables managers to produce fewer project overdrafts and lower financing costs. In addition, the analysis demonstrates the usefulness of properly arranging subcontractor payments to meet the financial constraints of the contractor.

Keywords: *finance-based scheduling, billing date, payment time delay, financing cost, project overdrafts*

1. Introduction

For project financing, cash is a resource that is available only in limited amounts, particularly when bankers impose limits on the credit allocated to contractors' overdrafts. Most general contractors often procure funds from external sources, such as financial institutions (e.g., banks), to finance their projects (Elazouni and Metwally, 2005). Establishing bank overdrafts is one of the widespread methods used to finance construction projects (Ahuja, 1976), and it represents a loan as a credit line. If bank overdrafts are obtained for much more than the required expenditures, the contractors incur excessive charges for the interest rate and penalties accrued as portions of the credit. However, if the overdrafts are not sufficient, the contractors may suffer a shortage of cash during construction. Thus, contractors must establish a bank overdraft that reflects the project financing costs.

The concept of the Finance-based Scheduling Method (FBS) was pioneered by Elazouni and Gab-Allah (2004). They proposed the method for solving the constrained cash available scheduling problem. This method produces financially executable schedules that balance the project expenditures at any period with the availability of cash during the same time. The objective of the method is to devise schedules that minimize financing costs to maximize the project profit under a specified credit limit. In addition, the scheduling provides project schedules that ensure that cash is procured sufficiently and timely to execute construction operations.

Several studies have used this technique to develop optimization models for solving scheduling problems under financing restrictions using various methods (Elazouni and Metwlley, 2005, 2007; Liu and Wang, 2008; Afshar and Fathi, 2009; Lam and Gao, 2009; Liu and Wang, 2009; Ali and Elazouni, 2009; Elazouni, 2009; Liu and Wang, 2010; Fathi and Afshar, 2010; Abido and Elazouni, 2011; Hou *et al*., 2012; Alghazi *et al*., 2012). These studies have focused on the optimization model to improve the solution methods. Generally, the calculation of cash flow in the traditional FBS model is simplified by calculating the project cost incurred and the disbursement occurring at the end of each period. However, this is not accurate in practice. The project cost and disbursement during construction can be generated at any time in the project life, depending on the negotiations between

*Ph.D. Scholar, School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology, 111 University Avenue, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand (Corresponding Author, E-mail: tongciv_79@hotmail.com, d5140060@g.sut.ac.th)
**Associate Professor, School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology, 111 University Avenue, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand (E-mail: vacharapoom@sut.ac.th)

the contractor and subcontractors for payment conditions.

In practice, the contractors' expenses during construction are generated from utilizing resources, such as activity requirements and implementation time, and relevant cash flow, which is scheduled in the construction project (Liu and Wang, 2008). The amount of the expenditure draws depends on receiving the invoices from subcontractors to claim their work completed and in progress on the date that is determined by the contractor as the Billing Date (BD). In addition, the disbursement due to the subcontractors is determined on a Payment Date (PD) that is delayed from the BD. The delay between the BD and the PD is a time interval called the Payment Time Delay (PTD). Ahuja and Walsh (1983) propose that there are delays between the date of costs incurred and the date of payment due. These terms are of great importance to the contractor for maintaining the cash flow. Various studies have reported the importance of considering the time interval between the BD and the PTD in cash flow calculations (Navon, 1995, 1996; Jackson and Gilliam, 1999). However, the simplified calculation of project cash flow in the traditional FBS model does not correspond to the actual environment of a construction project. Thus, the contractors must also consider these payment conditions to establish their actual project overdrafts.

Hegazy (2002) introduced a deterministic cash flow calculation method that accounts for project financing options that include the time period, retainage, overdraft, sub-contractors' credit, advanced payment, interest, and markup. The financing method is based on a cash flow model that assumes that the billing time (e.g., invoice is submitted every period) and payment time are different (e.g., payment of invoices is delayed one period). In addition, Hegazy's deterministic model was extended to a stochastic model (Lee *et al.*, 2012) to compute the cash flow over a specific time, considering various contract terms established by the project financing participants. Although these studies considered the billing time and payment time in the cash flow calculation, the subcontractors' payment terms are simplified by assuming that the invoice is submitted every period and that the payment of the invoice is delayed one period. This is not true in practice; contractor-to-subcontractor payment arrangement is determined at any time based on negotiation between the contractor and subcontractors in the project scheduling.

Chen *et al.* (2005) investigated subcontractor payment terms such as payment time lag, frequency, and components of project cash flows. They assessed the cash flow model accuracy and concluded that these payment conditions affect the accuracy of the cash flow analysis and should not be ignored. The study demonstrated the importance of considering these factors, but no efforts in the literature take these factors into account when performing finance-based scheduling. However, the FBS model requires an accurate cash flow analysis that considers the total amounts and timing of the in and out cash flows. These timings depend on the terms that are traditionally prescribed in the contract between an owner and a contractor, in addition to the credit arrangement negotiated between the contractor and the subcontractors. Therefore, this paper presents a modified finance-based scheduling model by concurrently relating the project cost incurred to a given Billing Date (BD) and relating the disbursement to the Payment Date (PD) corresponding to a Payment Time Delay (PTD). The proposed method modifies the FBS model to provide a more accurate model.

2. Modifying the Finance-Based Scheduling Problem

Estimating project cash flow in the traditional FBS model is simplified to make the calculation easy. The model assumes that the costs incurred occur at the end of the period and that disbursements occur at the end of the same period. This implies that the billing date is at the end of every period and that there is no payment time delay. In practice, the amount of the expenditure is drawn from receiving the invoices from subcontractors to claim their work completed in progress on a billing date, and the payment time is on a date delayed from the billing date that can occur at any time depending on the negotiations between the contractor and subcontractors. The proposed method is a Modified Finance-based Scheduling (MFBS) method that is performed by concurrently relating the project cost incurred to a given Billing Date (BD) and the disbursement to the Payment Date (PD) corresponding to a Payment Time Delay (PTD).

The following two sections describe the contractor-to-subcontractor payment, including BD, PD, and PTD, in the FBS problem and develop the formulas of the modified FBS model.

2.1 Representing Contractor-to-Subcontractor Payment in FBS

In this study, the conditions of subcontractor payment are primarily composed of the billing date BD and the payment time delay PTD. These factors are imposed on the activities such that the incurred cost can be estimated, and the cash outflows can be projected according to these conditions. The conceptual scheme, as shown in Fig. 1, is fundamentally a bar chart that depicts a five-activity project against time. The project duration T of the CPM schedule is the total number of working days, and t denotes a typical project period. The solid bars represent the activities in the project critical path, and the bars encompassed by a dashed-line after each activity are the total float in which the activity can be shifted without extending the project duration. Fig. 1 shows the occurrences of contractor-to-subcontractor payment assuming that Subcontractor Submission (SS) occurs on a BD that is imposed upon the contractor within a typical project period t. This billing date is denoted SS_{BD}. The subcontractors then receive (SR) payment on the day after submitting plus the PTD; therefore, the receipt is obtained on the payment date PD = BD + PTD, which is represented by SR_{PD}.

The billing period bp is the time between the previous billing date BD_{bp-1} and the current billing date BD_{bp} and does not include the first and last periods of the project. The billing period commences at the project start for the first billing period and

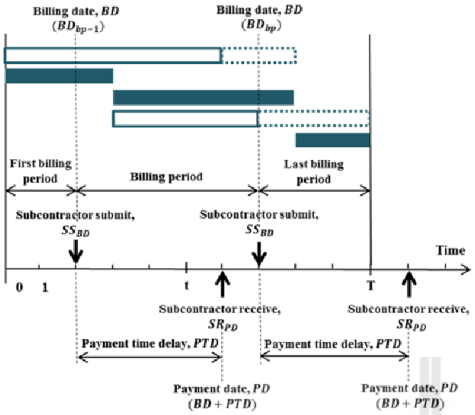


Fig. 1. Schematic Diagram of the Variables used in the Proposed FBS Model

elapses at the end of the project for the last billing period, as shown in Fig. 1. During the billing period, the disbursements of all activities whose durations overlap the billing period are performed. For example, in Fig. 1, there are two activities performed in the first billing period in which the expenditures are estimated from the project start, there are four activities performed within the typical billing period in which the expenditures are incurred between BD_{bp-1} and BD_{bp}, and there are two activities performed in the last billing period in which the expenditures are calculated through the end of the project.

The billing period is used only to determine the amount of payment for the disbursements of all activities in the period. However, the timing used for forecasting the project cash outflows and inflows is the end of the typical project period *t*.

2.2 Modified FBS Model

The equations in this section are modifications of Elazouni and Gab-Allah (2004) and conform with the financial terminology used by Au and Hendrickson (1986). The following subsections describe the equations used to calculate the payment amount in any billing period, the project cash inflow and outflow for a typical project period, and the cash requirement, considering the contractor-to-subcontractor payment, Billing Date BD and Payment Time Delay PTD.

2.2.1 Amount of Payment

The disbursement of an activity p performed on any billing date BD is represented by y_{pBD}:

$$y_{pBD} = \sum_{i=es_p}^{BD_{bp}} y_{pi};\ es_p \geq BD_{bp-1} \text{ and } ef_p \geq BD_{bp} \quad (1)$$

$$y_{pBD} = \sum_{i=es_p}^{ef_p} y_{pi};\ es_p \geq BD_{bp-1} \text{ and } ef_p < BD_{bp} \quad (2)$$

$$y_{pBD} = \sum_{i=BD_{bp-1}}^{ef_p} y_{pi};\ es_p < BD_{bp-1} \text{ and } ef_p < BD_{bp} \quad (3)$$

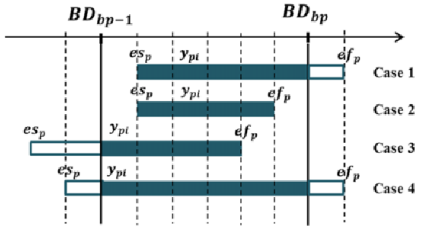


Fig. 2. Determining the Disbursement of an Activity Performed during a Billing Period

$$y_{pBD} = \sum_{i=BD_{bp-1}}^{BD_{bp}} y_{pi};\ es_p < BD_{bp-1} \text{ and } ef_p \geq BD_{bp} \quad (4)$$

where y_{pi} is the disbursement rate of an activity p per day on day i, including the overhead; es_p is the early start date of an activity p; ef_p is the early finish date of an activity p; BD_{bp} is the billing date BD of any typical billing period bp; and BD_{bp-1} is the previous billing date BD of any typical billing period bp. BD_{bp-1} will have one more day added when es_p is less than or equal to BD_{bp-1}.

There are four cases for determining the amount of disbursement during any billing period in the typical billing period bp, as shown in Fig. 2. First, in the case where the value of the early start date of the activity es_p is greater than or equal to the value of the previous billing date BD_{bp-1}, and the early finish date of the activity ef_p is greater than or equal to the value of the current billing period BD_{bp}, the amount of disbursement at the current billing period BD_{bp} is calculated from the es_p to the BD_{bp}. Similarly, in the second case, the amount of disbursement is calculated starting from the es_p but ends at ef_p because the value of the ef_p is less than the BD_{bp}. Eqs. (1) and (2) are used in cases 1 and 2, respectively. In the case where the value of es_p is less than the value of BD_{bp-1}, as shown in the two last cases in Fig. 2, the calculation starts at BD_{bp-1} and adds one more day to the value in both cases. The calculation then ends at ef_p in case 3 and at BD_{bp} in case 4, as in Eqs. (3) and (4), respectively.

2.2.2 Cash Inflow and Outflow

The disbursement of each activity performed during any billing period is used to calculate the total disbursement y at payment date PD, which is represented by y_{PD}:

$$y_{PD} = \sum_{p=1}^{n_{bp}} y_{pBD} \quad (5)$$

where n_{bp} is the number of activities whose duration overlaps within a typical billing period bp.

The timing of paying the disbursement of all activities performed during any billing period to subcontractors is at payment date PD, where PD is the payment date derived from the time of submitting a request at the billing date BD plus the payment time delay PTD:

$$PD = BD + PTD \quad (6)$$

The project cash outflow and inflow are estimated at the end of

any typical period t. The cash outflow CO during a typical project period t is represented by CO_t; the corresponding cash inflow CI is obtained at the end of the same period t and is represented by CI_t;

$$CO_t = y_{PD};\ t-1 < PD \le t \tag{7}$$

$$CI_t = K \cdot CO_t \cdot (1-R) \tag{8}$$

where K is a multiplier used to calculate the amount of the receipt from the owner and R is a retainage rate deducted from the owner.

2.2.3 Cash Requirement

The cumulative cash flow as of period t (for $t \ge 1$), which is derived by balancing the net cumulative cash flow for the previous period NCF_{t-1} and the cash outflow incurred in the current period t, is represented by CF_t, where

$$CF_t = NCF_{t-1} - CO_t \tag{9}$$

In addition, the assumptions for calculating the project financing cost are based on paying the interest charges due at the end of each period. Thus, the total interest charges at the end of a typical project period t are represented by IC_t, where

$$IC_t = IR \cdot \left(NCF_{t-1} - \frac{CO_t}{2} \right) \tag{10}$$

In Eq. (10), there are two components: the first component is a charge incurred from the net cumulative balance, and the second component is the financing cost incurred from the cash outflow, which is calculated approximately. IR is the interest rate per period. Eq. (10) is only used if NCF_{t-1} is negative.

If the net cumulative balance of the previous period NCF_{t-1} is positive and can completely cover the amount of CO_t, Eq. (11) is used; otherwise, the financing cost incurred is the remaining amount of money in excess of the NCF_{t-1}, as in Eq. (12).

$$IC_t = 0 \text{ , if } NCF_{t-1} - CO_t \ge 0 \tag{11}$$

$$IC_t = IR \cdot \left[\frac{NCF_{t-1} - CO_t}{2} \right] \text{, if } NCF_{t-1} > 0 \text{ and } NCF_{t-1} - CO_t < 0 \tag{12}$$

Accordingly, the cumulative cash flow, including the financing costs, is CF'_t, where

$$CF'_t = CF_t + IC_t \tag{13}$$

The net cumulative balance NCF at the end of period t, after receiving a cash inflow CI_t, is represented by NCF_t:

$$NCF_t = CF'_t + CI_t \tag{14}$$

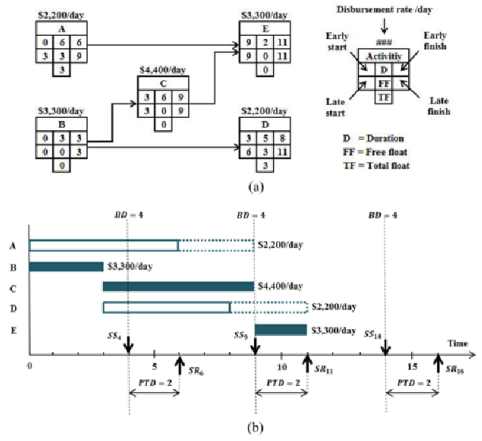


Fig. 3. Example Project: (a) CPM Network Indicating Activity Expenditures, (b) Bar Chart Schedule

3. Applying the Proposed Method

To illustrate the proposed modified FBS method, a small example project used in prior research (Elazouni and Gab-Allah, 2004) is adopted. A CPM project network that includes five activities (A, B, C, D and E) is shown in Fig. 3(a), which is a bar chart that plots the project activities over time, as shown in Fig. 3(b). The early and late start schedules are calculated according to the CPM technique, which has an 11-day project duration. A calendar week of 5 working days requires two full periods and 1 working day in the third period, as shown in Fig. 3(b).

For financial data, the disbursement rate per day, including the project indirect costs, is shown above each activity on the CPM network and is shown in solid bars on the schedule. The markup of the project was 20% of the expenditure of work accomplished during a given period (K = 0.20). The payment from the owner was made one week after billing, with 10% deducted for a retainage (R = 0.10), 50% of which is paid at the end of the last period and the rest after the period, with no advance payment. A borrowing interest rate of 0.3% per week was considered (IR = 0.003).

The contractor-to-subcontractor payment conditions, which includes a billing date BD and a payment time delay PTD, were assigned to each activity. For each activity, the fourth day of a period was considered the billing date (BD = 4), and the contractor paid the subcontractors within two days after submitting (PTD = 2).

Table 1. Subcontractor's Submitting and Receiving Schedule

Period (t)	Started Date of the Period	Billing Date (BD)	Payment Time Delay (PTD)	Payment Date (PD)	Submitted on Date (SS_{BD})	Received on Date (SR_{PD})
1	0	4	2	6	4	6
2	5	4	2	6	9	11
3	10	4	2	6	14	16

Table 2. Amount of Disbursement of Each Activity on the Billing Date, in Dollars ($)

Activity	Billing Date (BD)	Amount of Disbursement on Submitting Date ($), y_{pBD}		
		SS_4	SS_9	SS_{14}
A	4	8,800	4,400	0
B	4	9,900	0	0
C	4	4,400	22,000	0
D	4	2,200	8,800	0
E	4	0	0	6,600
Total disbursement ($), $\sum y_p BD$		25,300	35,200	6,600

Table 3. Cash Outflow and Inflow of the Example Project at the End of Each Period, in Dollars ($)

End of Period (t)	Amount of Cash Outflow (CO_t)	Amount of Cash Inflow (CI_t)
1	0	0
2	25,300	36,828
3	35,200	36,102
4	6,600	7,590

Table 4. Cash Balance of the Example Project at the End of Each Period, in Dollars ($)

End of Period (t)	Cumulative Balance (CF_t)	Net Cumulative Balance (NCF_t)	Financing Cost (IC_t)	Cumulative Balance after ICt (CF'_t)
1	0	0	0	0
2	(-25,300)	11,490	(-38)	(-25,338)
3	(-23,710)	12,357	(-36)	(-23,746)
4	5,757	13,347	0	5,757

Table 1 shows the date of the submitting and receiving schedules associated with the BD, PTD and PD; the subcontractor submits on SS_4, SS_9 and SS_{14} and receives on SR_6, SR_{11} and SR_{16}, as shown in the last two columns and in Fig. 3(b).

Table 2 shows the disbursement amount of each activity calculated using Eqs. (1)-(4) on the project billing date, including SS_4, SS_9 and SS_{14}. There are different cases for calculating the activities' disbursement, depending on their durations in the given billing period. For example, on the first billing date, activity A, whose early start commences on day 1, has a value less than the billing date (BD = 4); thus, Eq. (1) is considered. The calculation results in $8,800, as shown in the SS_4 column in Table 2. In addition, the total disbursements on the project billing date were calculated using Eq. (5). They were derived from the sum of all activities' disbursements overlapping the billing period. For example, on the billing date SS_4, there are two activities, activity A and B, whose durations overlap in the billing period. Consequently, the total disbursement at SS_4 was calculated as shown at the bottom of Table 2, as are the total amounts at SS_9 and SS_{14}.

The values of the total disbursements at SS_4, SS_9 and SS_{14} are projected into the disbursements on the payment date that is delayed for two days (PTD = 2); thus, the subcontractor will receive the receipts on SR_6, SR_{11} and SR_{16}, respectively. The values of the receipts are calculated using Eq. (6). However, these values are the same as the total disbursements on the billing date.

The project cash flow was then calculated using Eqs. (7) and (8). The cash outflow and inflow are incurred at the end of the typical project period *t*. The cash outflow is the value of the total disbursement on the payment date, which occurs in period *t*. For the example project in Table 3, the amount of cash outflow at the end of the first period (t = 5) was equal to zero because there were no contractor's payment dates in the period. The amounts of the cash outflow at the end of second, third and fourth periods (t = 10, 15, 20) were $25,300, $35,200, and $6,600, respectively. These values were derived from the total disbursement on the payment dates because the subcontractor's receipt occurred on SR_6, SR_{11} and SR_{16}. The values of the cash inflow were calculated by multiplying the cash outflow incurred in any period by the mark up (K = 0.20) and then deducting the retainage rate (R = 0.10). The values of the cash outflow and inflow are shown in Table 3.

Table 4 shows the cash balance at the end of each period *t* that was calculated using Eqs. (9)-(14). The values of the cumulative cash flow at the end of each period CF_t were derived by balancing the net cumulative cash flow of the previous period NCF_{t-1} and the cash outflow incurred in the current period CO_t. For example, in the first period of the project, there was neither a previous cash balance nor cash outflow; thus, there was no cumulative balance in the first period ($CF_{t=1} = 0$), as shown in Table 4. The interest would then be charged at the end of each period IC_t as the financing cost. For the example project, the financing cost was only charged at the end of the second and third periods, as shown in the third column of Table 4. This occurs because the cumulative balances at the end of both periods are negative. Consequently, the total cumulative cash flow, including the financing costs at the end of each period CF'_t, was calculated using Eq. (13). The net cumulative cash flow at the end of each period was then calculated by balancing the cumulative cash flow and the cash inflow of the same period. The values of the net cumulative balance were all positive, indicating that the cash inflow was greater than the cumulative balance in all periods. The project shows that the maximum cash required is $25,338 at the end of the second period ($CF'_{t=2}$).

4. Comparing the Proposed Method with the Traditional FBS Model

The previous section described the application of the proposed method to an example project adopted from prior research (Elazouni and Gab-Allah, 2004). In this section, the same project and the three other schedules are used for comparison. The objective of the comparison is to verify the accuracy of the proposed concept and examine the efficiency of the method in

Table 5. Activities' Start and Finish for the Four Example Schedules

Activity	Duration (day)	Schedule 1		Schedule 2		Schedule 3		Schedule 4	
		Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish
A	6	0	6	0	6	0	6	0	6
B	3	0	3	1	4	2	5	2	5
C	6	3	9	5	11	6	12	8	14
D	5	3	8	8	13	9	14	11	16
E	2	9	11	11	13	12	14	14	16
Project duration		11		13		14		16	

Table 6. Comparison between the Proposed Method and Elazouni's Research for Each Schedule

End of Period	Cumulative Cash Flow after Interest Charged (FC'_t) in Dollars ($)							
	Schedule 1		Schedule 2		Schedule 3		Schedule 4	
	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)	Elazouni (BD = 5, PTD = 0)	MFBS (BD = 4, PTD = 2)
1	(-34,151)	0	(-20,931)	0	(-20,931)	0	(-20,931)	0
2	(-63,998)	(-25,338)	(-49,637)	(-18,728)	(-43,027)	(-15,423)	(-32,011)	(-15,423)
3	(-30,557)	(-23,746)	(-44,773)	(-20,387)	(-44,753)	(-13,772)	(-39,211)	(-4,959)
4	1,524	5,757	(-13,926)	(-9,691)	(-21,056)	(-20,843)	(-32,922)	(-21,711)
5	-	-	-	13,339	-	9,313	(-848)	3,381
6	-	-	-	-	-	13,333	-	13,337
Max. FC'_t	(-63,998)	(-25,338)	(-49,637)	(-20,387)	(-44,753)	(-20,843)	(-39,211)	(-21,711)
Comments	Considerable difference		Considerable difference		Considerable difference		Considerable difference	

project scheduling for financial decisions made under cash available constraints. To verify the accuracy, four schedules for the five-activity project with different start dates for each activity are provided. Table 5 shows the activities' start and the finish dates of schedules 1, 2, 3 and 4, as well as the project's duration calculated according to the CPM method, which indicates that the completion date is 11, 13, 14, and 16, respectively.

To examine the performance, the results obtained from the Modified Finance-based Scheduling (MFBS) were compared with those of the four schedules in the literature (Elazouni and Gab-Allah, 2004). Although there is no direct designation of the contractor-to-subcontractor payment in Elazouni's model, the billing date and payment date are assumed to occur at the end of the same period. Thus, the fifth day for the billing date (BD = 5) and no payment time delay (PTD = 0) were considered in Elazouni's model. The contractor-to-subcontractor payment conditions were considered to be the fourth day for the project billing date (BD = 4) and two days for the payment time delay (PTD = 2) in the MFBS. The cumulative balance at the end of each period, according to the allocation of the payment conditions, was then calculated. Table 6 shows the cumulative cash flow after interest is charged at the end of each period (CF'_t) and the maximum cumulative cash flow, including the financing cost, used as the project's overdraft.

For the example schedules, the comparison of results in Table 6 shows considerable differences in the financial performance of the proposed MFBS method. The results obtained using the MFBS are superior in the terms of project finance because they result in smaller maximum cash requirements for all schedules (Max. FC'_t). This superiority of the results is established by accounting for the contractor-to-subcontractor payment conditions involved in the disbursement of the activities. In addition, the results are consistent with the literature (Chen *et al*., 2005), which concluded that the billing date and the payment time delay affect the accuracy of the cash flow analysis and should not be ignored. However, considering the billing date and the payment time delay in the cash outflow forecasting not only indicated the differences in the results but also offered a quality solution for financial decisions in project scheduling that may be different than the solution obtained from the traditional method.

5. Analyzing Payment Conditions Sensitivity

As previously noted, the results of the proposed MFBS method verified the accuracy of the concept and showed the good performance of the quality solution to benefit the financial decisions in the project. However, the results obtained from the proposed method were influenced by allocating BD and PTD as deterministic variables. In practice, a contractor can negotiate with subcontractors to determine both payment conditions in mutual agreement. Varying the BD and PTD variables to investigate the impact on changes in project finance is an effective alternative. This research, therefore, uses a sensitivity analysis method to study the relationships between the variation of the variables comprising BD and PTD and the project financial issues, including maximum overdrafts and financing costs. The same four schedules that were used in the previous section are considered the experimental cases to demonstrate the sensitivity

analysis.

For each experimental case, the input variables were varied from day 1 to 5 of the period for the BD variable and from no-delay to the end of the next period for the PTD variable. Figs. 4 and 5 show the effect on the maximum overdraft and the financing cost of schedule 1 caused by PTD. The graph indicates the variation of BD from 1 to 5. There are two basic trends: constant and downward. There are sharp decreases at a value of the PTD for all cases of variation of BD. For example, in the case of billing date on day 1 of the period (BD = 1), the value is constant between no delay and the four-day delay (PTD = 0 to 4), with a value of $42,981. After the four-day delay, the value drops quickly to $6,089. Between the five-day delay and the nine-day delay (PTD = 5 to 9), the value is constant at $6,089. At the ten-day delay, the value declines to zero. After this point, there are no values for the maximum overdrafts in the project. The values decrease when the Payment Date (PD) is due in the next period *t* (PD > *t*), for example, a payment that is due on day 6 (BD = 1, PTD = 5) has more value than the *t* period (*t* = 5), and its value will drop to $6,089, as shown at the bottom of Fig. 4. This occurs because extending the payment time delay until the end of each period passes reduces the occurring cash outflow and thus diminishes the negative cumulative cash flow at the end of period *t*, which eventually falls to zero when the payment time delay is sufficiently long that the cash inflow can cover it. However, as in the other cases of variation of the BD values, extending the payment time delay decreases the maximum overdrafts for the same reason explained above. Prolonging the payment time delay also decreases the value of the project financing cost because decreasing the negative cumulative cash flow reduces the charges incurred by borrowing money from the bank at the end of each period and eventually decreases the financing cost, as presented in Fig. 5. It may benefit the contractors to delay payment as far as possible to reduce their project cost, but it is difficult to negotiate with the subcontractors for a long delay in the payment due in the real-life projects.

Considering the case of variation of the Billing Date (BD), Fig. 4 shows that the maximum overdrafts increases as the BD shifts from day 1 to 5 for all extending payment time delays. For

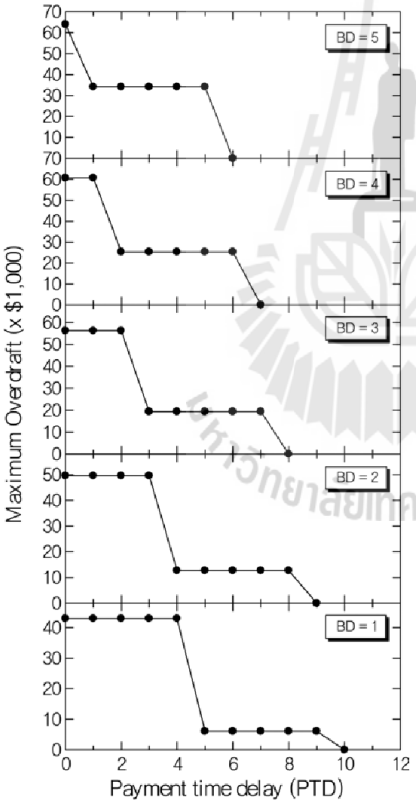


Fig. 4. Maximum Overdrafts Values with the Variation of Variables in Schedule 1

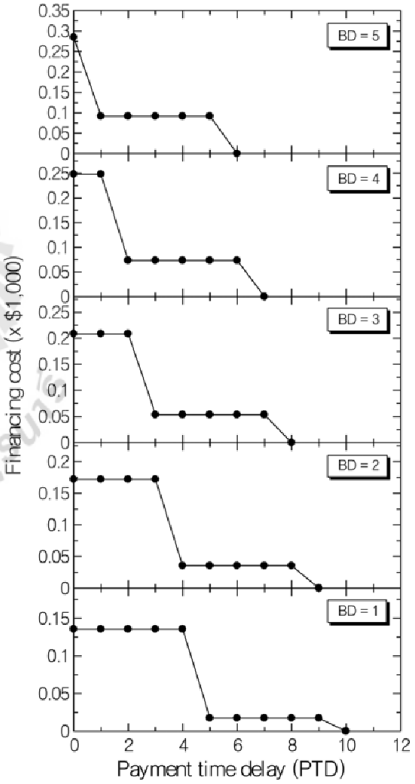


Fig. 5. Financing Costs Values with the Variation of Variables in Schedule 1

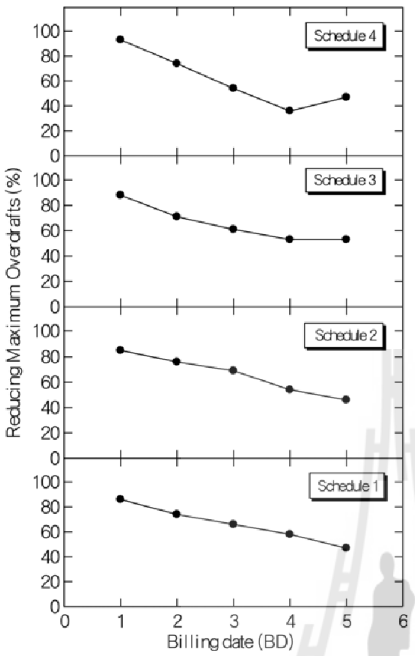


Fig. 6. Percentage of Reduced Maximum Overdrafts due to Extending the PTD over the End of Period *t* in All Experimental Schedules

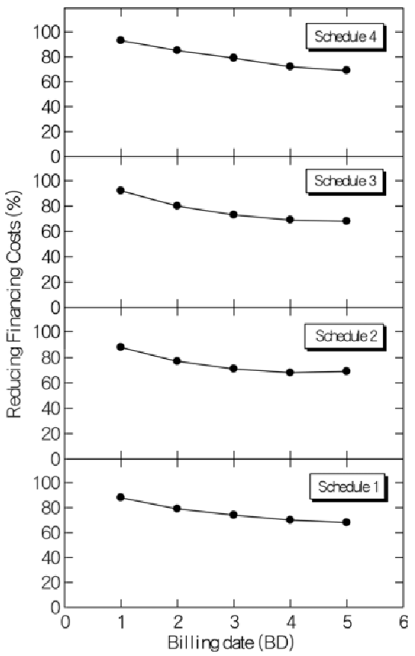


Fig. 7. Percentage of Reduced Financing Costs due to Extending the PTD over the End of Period *t* in All Experimental Schedules

example, at no payment time delay (PTD = 0), the maximum overdrafts are $42,981, $49,607, $56,234, $60,667, and $63,998 with shifting BD from day 1, 2, 3, 4, and 5, respectively. This occurs because shifting the BD increases the cash outflows that are gradually accumulated and increases the negative cumulative cash flow at the end of each period, which then increases the maximum overdrafts. The financing cost also increases as BD shifts from day 1 to 5 for all payment time delays, as shown in Fig. 5. This occurs because increasing financing costs correspond to an increase of the cash requirement. Moreover, the proportional reduction of the maximum overdrafts and financing costs changes as the shifting of the BD extends PTD past the end of period *t*.

To highlight the differences, Figs. 6 and 7 show the percentage of the reduction of the maximum overdrafts and the financing costs due to prolonging the PTD past the end of period *t* in all experimental cases (schedule 1, 2, 3, and 4) at any shifting BD, respectively. As observed from the chart in Fig. 6, there are the major downward trends in which the values decrease as the BD increases in all schedules except the case of Schedule 4, where the value increases when the BD is shifted from the billing date on day 4 (BD = 4) to the billing date on day 5 (BD = 5). This occurs because the later start date of most activities and the lags between activities in Schedule 4 cause an increase in the cash requirements when the BD is shifted to the end of each period, resulting in a substantial increase in the proportion of reduction of the maximum overdrafts. There are considerable differences in the values in the case of submitting on an early date. For example, with the billing date on day 1 (BD =1) in Schedule 1, there is an 86 percent decrease in the maximum overdrafts when PTD is prolonged past the end of the period. The proportion of the difference then declines gradually to 74, 66, 58, and 47 percent for billing dates on day 2, 3, 4, and 5, respectively, as represented in the bottom of Fig. 6. Similar to the proportion of reduction of the financing cost, the graph in Fig. 7 shows that the values gradually decrease as BD increases in all schedules. Enormous differences in values due to prolonging the PTD past the end of period *t* are found in the case of submitting on an early date, for example, there are 88, 88, 92, and 93 percent decreases in the financing cost for the billing date on day 1 (BD = 1) in schedule 1, 2, 3, and 4, respectively, as shown in Fig. 7.

Based on the analysis of the experimental cases, the results show that the BD and PTD have a strong effect on the project maximum overdrafts and financing costs. Extending the PTD will lower the project finances, particularly when it is pushed past the end of period *t*. However, increasing BD will increase the project finances, particularly when BD reaches the end of period *t*. However, extending the PTD beyond the next two

periods will reduce the project finances to zero. This may benefit the contractor, but it is difficult negotiate with subcontractors for long delays in the payment due in a real-life project. Moreover, the analysis proves that the proposed method improves financial performance in all cases of variation of both factors. Consequently, this analysis reveals the beneficial results that a contractor can achieve by making payment arrangements in project finance. In this case, a billing date on day 1 (BD = 1) and a five-day delay for payment (PTD = 5) is the optimal solution that provides the lowest project finances.

6. Conclusions

The objective of this research is to modify the existing finance-based scheduling model to account for varying contractor-to-subcontractor payment arrangements, billing dates and payment time delays for individual work packages and to prove the performance of the proposed model. The proposed MFBS method was validated using a five-activity project and was compared with the solutions found in the literature. The proposed MFBS provided good performance for project finance, resulting in lower cash requirements and total financing costs. In addition, sensitivity analysis was used to test the effect of the billing date and payment time delay on project finance. The variation of these factors exhibited beneficial results in all of the experimental schedules. There were significant impacts on the project finance; prolonging the payment time delay considerably decreased the project finances, particularly when it is pushed past the end of a period. Shifting the billing date increased the project finance, particularly when it reached the end of a period. The analysis proved that considering both factors in the MFBS model provided improved financial performance. The proposed method can achieve effective solutions without shifting the start date of activities or extending the project duration. Moreover, the model is practical for use in construction projects. Consequently, this research is expected to assist contractors in determining subcontractor payment due dates that are more reliable and accurate and to provide better support for decision making in project finance. Finally, future research is needed to provide an optimization of contractor-to-subcontractor payment arrangements in finance-based scheduling problems.

Acknowledgements

The first author is grateful to the Office of the Higher Education Commission for Ph.D. study financial support under the Strategic Scholarships Fellowships Frontier Research Networks (Specific for the Southern region) for the Joint Ph.D. Program: Thai Doctoral degree program, a CHE-SSR-Ph.D. SW Scholarship.

Notations

BD_{bp} = Current billing date at a typical billing period bp
$BD_{bp\text{-}1}$ = Previous billing date at a typical billing period bp
CF'_t = Cumulative cash flow as of period t, including financing costs
CF_t = Cumulative cash flow as of period t
CI_t = Cash inflow obtained at the end of period t
CO_t = Cash outflow during a typical project period t
IC_t = Total interest charges at the end of a period t
IR_t = Interest rate per period t
NCF_t = Net cumulative balance at the end of period t after cash outflow
$NCF_{t\text{-}1}$ = Net cumulative balance of the previous period
SR_{PD} = Subcontractor receipt on a payment date
SS_{BD} = Subcontractor submission on a billing date
ef_p = Early finish date of an activity p
es_p = Early start date of an activity p
n_{bp} = Number of activities whose durations overlap within a typical billing period bp
y_{PD} = Disbursement at any payment date
y_{pBD} = Disbursement of an activity p performed on any billing date
y_{pi} = Disbursement rate of an activity p per day on day i including the overheads
BD = Billing date
K = Multiplier to calculate the amount of the receipt from the owner
PD = Payment date
PTD = Payment time delay
R = Retainage rate deducted from the owner
T = Total project duration
bp = Billing period
p = An activity in the project
t = Typical project period

Reference

Abido, M. A., and Elazouni, A. M. (2011). "Multiobjective evolutionary finance-based scheduling: entire projects portfolio." *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 25, No. 1, pp. 85-97, DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000070.

Afshar, A. and Fathi, H. (2009). "Fuzzy multi-objective optimization of finance-based scheduling for construction projects with uncertainties in cost." *Engineering Optimization*, Vol. 41, No. 11, pp. 1063-1080, DOI: 10.1080/03052150902943004.

Ahuja, H. N. (1976). *Construction performance control by networks*, Willey, New York.

Ahuja, H. N. and Walsh, M. A. (1983). *Successful cost engineering*, Willey, New York.

Alghazi, A., Selim, S. Z., and Elazouni, A. (2012). "Performance of shuffled frog-leaping algorithm in finance-based scheduling." *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 26, No. 3, pp. 396-408, DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000157.

Ali, M. M. and Elazouni, A. (2009). "Finance-based CPM/LOB scheduling of projects with repetitive non-serial activities." *Construction Management and Economics*, Vol. 27, No. 9, pp. 839-856, DOI: 10.1080/01446190903191764.

Au, T. and Hendrickson, C. (1986). "Profit measures for construction projects." *Journal of Construction Engineering and Management*,

Vol. 112, No. 2, pp. 273-286, DOI:10.1061/(ASCE)0733-9364(1986)112:2(273).

Chen, H. L., O'Brien, W. J., and Herbsman, Z. J. (2005). "Assessing the accuracy of cash flow models: The significance of payment conditions." *Journal of Mangement in Engineering and Mangement*, Vol. 131, No. 6, pp. 669-676, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:6(669).

Elazouni, A. (2009). "Heuristic method for multi-project finance-based scheduling." *Construction Management and Economics*, Vol. 27, No. 2, pp. 199-211, DOI: 10.1080/01446190802673110.

Elazouni, A. M. and Gab-Allah, A. A. (2004). "Finance-based scheduling of construction projects using integer programming." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130, No. 1, pp. 15-24, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:1(15).

Elazouni, A. M. and Metwally, F. G. (2005). "Finance-based scheduling: tool to maximize project profit using improved genetic algorithms." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 131, No. 4, pp. 400-412, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(400).

Elazouni, A. M. and Metwally, F. G. (2007). "Expanding finance-based scheduling to devise overall-optimized project schedules." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 133, No. 1, pp. 86-90, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:1(86).

Fathi, H. and Afshar, A. (2010). "GA-based multi-objective optimization of finance-based construction project scheduling." *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 14, No. 5, pp. 627-638, DOI: 10.1007/s12205-010-0849-2.

Hegazy, T. (2002). *Computer-based construction project management*, 1st Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Hou, W., Liu, X., Chen, D., Cai, B., and Zhou, C. (2012). "Finance-based scheduling for construction in China with improved genetic algorithms." *Journal of Convergence Information Technology*, Vol. 7, No. 18, pp. 29-38, DOI: 10.4156/jcit.vol7.issue18.4.

Jackson, I. J. and Gilliam, M. H. (1999). *Financial management for contractors*, 3rd Ed., FMI, New York.

Lam, K.-C., Ning, X., and Gao, H. (2009). "The fuzzy GA-based multi-objective financial decision support model for Chinese state-owned construction firms." *Automation in Construction*, Vol. 18, No. 4, pp. 402-414, DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.004.

Lee, D. E., Lim, T. K., and Arditi, D. (2012). "Stochastic project financing analysis system for construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 138, No. 3, pp. 376-389, DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000432.

Liu, S. S. and Wang, C. J. (2009). "Two-stage profit optimization model for linear scheduling problems considering cash flow." *Construction Management and Economics*, Vol. 27, No. 11, pp. 1023-1037, DOI: 10.1080/01446190903233111.

Liu, S.-S. and Wang, C.-J. (2008). "Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization considering cash flow." *Automation in Construction*, Vol. 17, No. 8, pp. 966-974, DOI: 10.1016/j.autcon.2008.04.006.

Liu, S.-S. and Wang, C.-J. (2010). "Profit optimization for multiproject scheduling problems considering cash flow." *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 136, No. 12, pp. 1268-1278, DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000235.

Navon, R. (1995). "Resource-based model for automatic cash-flow forecasting." *Construction Management and Economics*, Vol. 13, pp. 501-510, DOI: 10.1080/01446199500000058.

Navon, R. (1996). "Company-level cash-flow management." *Journal of Construction Engineering and Management*,Vol. 122, No. 1, pp. 22-29, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1996)122:1(22).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายวิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง เกิดเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันภูมิลำเนาอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนพลวิทยา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระดับมัธยมศึกษาต้นที่โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมที่วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ช่างโยธา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) เมื่อ พ.ศ. 2545 จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

หลังจากสำเร็จการศึกษา ในปี พ.ศ. 2545 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ทางด้านการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ในระหว่างศึกษาต่อ ในปี พ.ศ. 2546 เข้าบรรจุรับราชการในตำแหน่ง นายช่างโยธา ที่กองพัสดุและออกแบบก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เทเวศน์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ) เมื่อ พ.ศ. 2547 จากนั้นในปี พ.ศ. 2548 ได้ย้ายเข้าทำงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีใบที่สองจนสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) เมื่อ พ.ศ. 2550 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

เมื่อสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีใบที่สอง ในปี พ.ศ. 2550 ได้เปลี่ยนตำแหน่งเป็น วิศวกรโยธา สังกัดสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา ระหว่างทำงานทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้และความสามารถให้กับตนเอง ในปี พ.ศ. 2551 จึงได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง) ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้วยทุนสนับสนุนการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2553 ได้รับทุนสนับสนุนการศึกษาโครงการทุนพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ ประเภททุนการศึกษาหลักสูตรปริญญาเอกร่วมในประเทศ-ต่างประเทศ จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา