

แบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหากำไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้าน
ทรัพยากรและวงเงินเครดิต

FINANCE BASED SCHEDULING OF CONSTRUCTION PROJECTS MODEL TO MAXIMIZE
PROFIT UNDER RESOURCES CONSTRAINTS AND CREDIT LIMITS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-M-090-114

แบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหาค่าไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้าน
ทรัพยากรและวงเงินเครดิต

FINANCE BASED SCHEDULING OF CONSTRUCTION PROJECTS MODEL TO MAXIMIZE
PROFIT UNDER RESOURCES CONSTRAINTS AND CREDIT LIMITS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-EN-M-090-114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FINANCE BASED SCHEDULING OF CONSTRUCTION PROJECTS MODEL TO MAXIMIZE
PROFIT UNDER RESOURCES CONSTRAINTS AND CREDIT LIMITS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-EN-M-090-114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING


KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหากำไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและวงเงินเครดิต
Thesis Title Finance Based Scheduling of Construction Projects Model to Maximize Profit Under Resources Constraints and Credit Limits
นักศึกษา นายอาคม สุวรรณไตร
รหัสประจำตัว 59601047
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2018-EN-M-090-114

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.พิมพ์คนาภากาญจน์	กุลชาติชัย	
รศ.สุวัฒน์	ธีรเศรษฐ์	
ดร.ศลิษา	ไชยพุทธ	
ผศ.ดร.วุฒิชัย	ชาติพัฒนานันท์	
รศ.ดร.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 5 อาคาร A

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหากำไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและวงเงินเครดิต
นักศึกษา	นายอาคม สุวรรณไตร
รหัสนักศึกษา	59601047
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการค้นหาแผนงานก่อสร้างโครงการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมโดยการนำเทคนิคการบริหารโครงการมาปรับใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างโครงการ ซึ่งจะแก้ปัญหาแบบบูรณาการทั้งทางด้าน การแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน การจัดสรรทรัพยากร การปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากร กระแสเงินสดกับวงเงินเครดิต ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองบนโปรแกรมสำนักงานพื้นฐาน Microsoft Excel 2010 และ Visual Basic for Application (VBA) เพื่อวิเคราะห์แผนงานก่อสร้างโครงการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากเงื่อนไขของยอดกระแสเงินสดรวมสะสมสูงสุด (Overdraft) ต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่ใช้ โดยทรัพยากรต่างๆของโครงการที่นำมาใช้จะถูกแปรออกมาในรูปแบบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงานของแต่ละกิจกรรม และใช้เทคนิคการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบ Genetic Algorithms เพื่อหาแผนงานก่อสร้างโครงการในรูปแบบความสัมพันธ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องมือ Visual Basic for Application (VBA) ร่วมกับโปรแกรมวางแผนงาน Microsoft Project ในการวิเคราะห์กระแสเงินสดและปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากรเพื่อหากำไรสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดด้านวงเงินเครดิต ผลการทดสอบแบบจำลองทำให้ได้แผนงานก่อสร้างที่มีกำไรของโครงการที่ดีที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัดสามารถนำไปใช้ควบคุมและดำเนินโครงการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : การวางแผนงานอ้างอิงกระแสเงินสด, วงเงินเครดิต, เงินกู้เบิกเกินบัญชี, การจัดสรรทรัพยากร, ปรับระดับทรัพยากร, วิธีการเชิงพันธุกรรม

Thesis Title	Finance based scheduling of construction projects model to maximize profit under resources constraints and credit limits
Student	Mr. Arkom Suwannatrai
Student ID.	59601047
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2018
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Laemthong Laokhongthavorn

ABSTRACT

This research was used as a tool to find effective and appropriate project planning by applying project management techniques to project planning. This will solve the problem all off integrated. Time cost trade-off, resource allocation, resource leveling and Cash flow with credit limit. This research had developed a model based on the Microsoft Excel 2010 and Visual Basic for basic office applications to analyze the construction schedule project and the appropriate costs based on the terms of the maximum cumulative cash flow or overdrafts. Not exceed used credit line. The resources of the project are transformed into the cost of each activity. Optimization search using with Genetic Algorithms was used to find the project plan in the form of relationships. Visual Basic for application was used together with Microsoft Project to analyze cash flow and to do resource leveling. This was to attain max profit within credit line limitation. The model was tested and gave the project plan which it yielded max. Profit under credit constraint and could be effectively used for project control.

Keywords: Finance base scheduling, credit limit, overdraft, Resource allocation, Resources leveling, Genetic algorithms

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและให้แนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่มีคุณค่าที่ข้าพเจ้าได้รับตลอดการทำงานวิจัยนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกได้ถึงจิตวิญญาณความเป็นครูของท่าน เพราะนอกจากท่านจะให้ความรู้ด้านวิชาการแล้ว ท่านยังให้ข้อแนะนำที่ดีในการใช้ชีวิตอีกด้วย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาของข้าพเจ้าซึ่งช่วยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้านการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

สำหรับคุณค่าและประโยชน์อันพึงได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง

อาคม สุวรรณไตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและวิธีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 หลักการวางแผนงานโครงการ.....	7
2.2 โมเดลปัญหาการวางแผนงาน.....	11
2.2.1 Time Cost Trade-Off: TCT.....	11
2.2.2 Resource allocation.....	13
2.2.3 Resource leveling.....	14
2.2.4 Cash flow and credit limit.....	17
2.2.5 Critical Path Method: CPM.....	20
2.2.6 Genetic algorithms.....	22
2.3 วิธีการหาค่าตอบโมเดลปัญหา.....	24
2.4 ทบทวนวรรณกรรม.....	26
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	27
3.1 แนวคิดและหลักการ.....	27
3.2 สมการโมเดลปัญหา.....	27
3.3 การสร้างแบบจำลองโมเดลเชิงวัตถุ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การสร้างพื้นที่สูตรคำนวณ.....	34
3.5 การหาคำตอบของโมเดลปัญหา.....	40
3.6 การทดสอบ.....	55
3.7 การหาจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้.....	57
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	58
4.1 สรุปผลการคำนวณ.....	58
4.1.1 ตารางแผนงานสายงานวิกฤต.....	59
4.1.2 ตารางคำนวณกระแสเงินสด.....	60
4.1.3 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ.....	64
4.1.4 กราฟความสัมพันธ์ของกระแสเงินสดระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย.....	66
4.1.5 ตารางสรุปผล วงเงินเครดิต Overdraft และกำไรขั้นต้น.....	67
4.1.6 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิ.....	70
4.1.7 ตารางเปรียบเทียบกำไรสุทธิ 3 โครงการ.....	73
4.2 อภิปรายผลทดสอบ.....	74
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 บทสรุป.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	80
เอกสารอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก ก ตารางคำนวณกระแสเงินสด.....	84
ภาคผนวก ข ตารางคำนวณค่าปรับจากการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด.....	107
ภาคผนวก ค กราฟกระแสเงินสด.....	130
ภาคผนวก ง ตารางสรุปกำไรขั้นต้นและวงเงินเครดิต.....	139
ภาคผนวก จ ตารางสรุปกำไรสุทธิภายใต้วงเงินเครดิต 50,000 บาท.....	143
ภาคผนวก ฉ ตารางเปรียบเทียบกำไรสุทธิสูงสุด 3 โครงการ.....	145
ภาคผนวก ช ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	147
ประวัติผู้เขียน.....	155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้โดยวิธี Genetic algorithms	43
3.2 ตารางแสดงสูตรคำนวณค่ากิจกรรมเวลาต่างๆ.....	46
3.3 ตารางแสดงผลการคำนวณค่ากิจกรรมเวลา.....	46
3.4 แสดงสูตรคำนวณใน Excel ในช่วงงวดงานแรกของทางเลือก 43452.....	50
3.5 ตารางกระแสเงินสดแสดงผลกำไรขั้นต้นและยอดเงินเบิกเกินบัญชีในแผนงาน 43452	51
3.6 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 12 วัน.....	53
3.7 ตารางแสดงสูตรคำนวณ Excel และตัวแปรค่าปรับด้านทรัพยากร	53
3.8 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 15 วัน.....	54
3.9 ตารางเปรียบเทียบตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 โครงการ.....	55
3.10 จำนวนชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละโครงการ.....	57
4.1 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิทั้ง 3 โครงการ ที่วงเงินเครดิต 72,000 บาท.....	59
4.2 ตารางคำนวณกระแสเงินสดของโครงการที่ 1 เปรียบเทียบ 3 ทางเลือก	60
4.3 ตารางคำนวณกระแสเงินสดของโครงการที่ 2 เปรียบเทียบ 2 ทางเลือก	60
4.4 ตารางคำนวณกระแสเงินสดของโครงการที่ 3 เปรียบเทียบ 2 ทางเลือก	63
4.5 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับของ Project 1.....	64
4.6 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับของ Project 2.....	65
4.7 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับของ Project 3.....	65
4.8 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Overdraft) ของ Project 1.....	68
4.9 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Overdraft) ของ Project 2.....	69
4.10 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Overdraft) ของ Project 3.....	70
4.11 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 1.....	71
4.12 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 2.....	72
4.13 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 3	73
4.14 ตารางสรุปเปรียบเทียบกำไรสูงสุด 3 โครงการ ที่วงเงินเครดิตค่าต่างๆ	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	แผนผังแสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 7
2.1	ขั้นตอนดำเนินการประมาณกระแสเงินสดของโครงการ 8
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับเวลาของโครงการ (PH Chen and Weng 2009)..... 12
2.3	แผนภูมิแท่งแสดงความต้องการใช้ทรัพยากร (เฉลี่ย) ในแต่ละวัน..... 16
2.4	แผนภูมิแท่งแสดงความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน..... 17
2.5	ลักษณะ Profile ของกระแสเงินสด (ไม่รวมดอกเบี้ย) ของโครงการก่อสร้าง 19
2.6	ลักษณะ Profile ของกระแสเงินสด (รวมดอกเบี้ย) ของโครงการก่อสร้าง 19
2.7	รูปแบบเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม..... 20
2.8	สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงแทนโครโมโซม (Chan, Chua, and Kannan 1996)..... 23
2.9	ปฏิบัติการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก 23
3.1	แบบจำลองโมเดลในการเขียนโปรแกรมโดย VBA ตามหลักการของ OOP (1) 30
3.2	แบบจำลองโมเดลในการเขียนโปรแกรมโดย VBA ตามหลักการของ OOP (2)..... 31
3.3	ตัวอย่าง Source Code VBA ในการสร้าง Class Module..... 31
3.4	โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Excel ตามหลักการของ OOP 32
3.5	โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Project ตามหลักการของ OOP 33
3.6	ตัวอย่างการสร้าง Class Module ของ iTask และ Member of iTask..... 33
3.7	ตัวอย่างหน้าจอบนแผ่นงานหลักเพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล 34
3.8	การนำเข้าข้อมูลเงื่อนไขทางการเงิน..... 34
3.9	การนำเข้าข้อมูลกิจกรรมก่อสร้าง..... 35
3.10	การนำเข้าข้อมูลทางเลือกวิธีดำเนินงาน..... 36
3.11	การเพิ่มประเภทของทรัพยากรในโครงการ 37
3.12	การกำหนดข้อจำกัดด้านทรัพยากรให้กับโครงการ 37
3.13	ตัวอย่างปุ่มคำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ 38
3.14	ตัวอย่างแสดงผลตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ..... 39
3.15	ตัวอย่างหน้าจอหลักในการเลือกแสดงผล..... 39
3.16	แผนผังแสดงขั้นตอนในการหาคำตอบของโมเดลปัญหา 40
3.17	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้แสดงแทนโครโมโซมและยีนส์ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 ขั้นตอนการหาคำตอบโดยวิธี Genetic algorithms.....	42
3.19 กระบวนการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูก.....	43
3.20 ตัวอย่างการคำนวณสายงานวิฤต (ไปข้างหน้า).....	44
3.21 ตัวอย่างการคำนวณสายงานวิฤต (ย้อนกลับ).....	45
3.22 การจัดสรรทรัพยากรกรณีรูปแบบทั่วไป.....	47
3.23 การจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาอยตัวรวม.....	48
3.24 การจัดสรรทรัพยากรโดยเลื่อนกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน.....	48
3.25 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลโครงการที่ 1.....	56
3.26 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการเพิ่มโครงการใหม่.....	56
3.27 กำหนดข้อจำกัดด้านทรัพยากร c1, c2 และ c3.....	56
4.1 แผนงานสายงานวิฤต (CPM) ของ Project 1 Constraint 2.....	59
4.2 แผนงานสายงานวิฤต (CPM) ของ Project 2 Constraint 1.....	60
4.3 แผนงานสายงานวิฤต (CPM) ของ Project 3 Constraint 3.....	60
4.4 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย Project 1.....	66
4.5 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย Project 2.....	66
4.6 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย Project 3.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่สำคัญในธุรกิจงานก่อสร้างอย่างหนึ่งคือการจัดหาเงินทุนหมุนเวียนให้เพียงพอเพื่อใช้ในการดำเนินงานโครงการ การขาดสภาพคล่องในเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในช่วงเวลาต่างๆ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงการเกิดความล่าช้ากว่าแผนงานซึ่งจะทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสถานะต้นทุนเกินงบประมาณ (Russel : 1991) ซึ่งผู้รับเหมาก่อสร้างมากกว่า 60% ต้องเลิกกิจการโดยมีสาเหตุมาจากปัญหาทางการเงิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเงินสด เป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้รับเหมาก่อสร้างจำเป็นต้องมีการวางแผนการใช้จ่ายให้เพียงพอกับความต้องการตลอดช่วงเวลาของโครงการรวมถึงให้เพียงพอกับการดำเนินการของบริษัท

โดยทั่วไปผู้รับเหมาก่อสร้างมักจะไม่ใช่เงินทุนภายในบริษัทเองในการดำเนินโครงการก่อสร้างซึ่งอาจจะมาจากหลายสาเหตุปัจจัย เช่น เป็นโครงการขนาดใหญ่ของภาครัฐต้องใช้เงินลงทุนสูงบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างไม่มีเงินทุนเพียงพอ หรือเพื่อต้องการลดความเสี่ยงของการลงทุนโดยต้องการสำรองเงินทุนไว้เพื่อเสริมสภาพคล่องหรือใช้ในกรณีจำเป็นอื่นๆ การจัดหาเงินสดสำหรับโครงการก่อสร้างจะใช้ “เงินกู้เบิกเกินบัญชี” (Overdraft) ซึ่งเป็นการปล่อยเงินกู้ของสถาบันการเงินอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียนและเสริมสภาพคล่องในช่วงดำเนินงาน ภายใต้ “วงเงินเครดิต” (Credit limit) ที่สถาบันการเงินแต่ละแห่งกำหนดให้ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้บริหารงานจะต้องประเมินความเป็นไปได้ทั้งด้านการจัดทำแผนตารางเวลา (Scheduling) และแผนงานด้านการเงิน (Financial plan) ให้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือเพื่อให้ทางสถาบันการเงินพิจารณาอนุมัติวงเงินเครดิต

การวางแผนงานด้านการเงินสำหรับโครงการก่อสร้างมักจัดทำในรูปแบบของการประมาณกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยเงินสดรับ (Cash inflow) หรือรายรับที่ได้จากเจ้าของโครงการโดยมาจากการเบิกจ่ายเงินงวดงาน (Progress payment) และเงินสดออก (Cash outflow) หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายในโครงการ นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายด้านการเงิน (Finance cost) ที่อยู่ในรูปดอกเบี้ยของเงินลงทุน และเงื่อนไขการเบิกจ่ายงวดงานแต่ละประเภทของสัญญาก่อสร้าง เช่น สัญญาแบบเหมารวม (Lump sum) หรือสัญญาแบบต่อหน่วย (Unit price) ซึ่งผู้มีหน้าที่วางแผนงานจะต้องนำมาพิจารณาประกอบการประมาณกระแสเงินสดของโครงการเพื่อให้ทราบถึงยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดที่เกิดขึ้นและเพื่อใช้ประโยชน์ในการจัดหาแหล่งเงินทุนต่อไป

การวางแผนงานโครงการมีเป้าหมายหลักเพื่อกำหนดจัดสรรใช้ทรัพยากรทั้งหมดของโครงการให้แล้วเสร็จสมบูรณ์และให้เกิดประโยชน์สูงสุด คำว่าทรัพยากรไม่ใช่เฉพาะแต่ แรงงาน/เครื่องจักร (ทรัพยากรดำเนินงาน) แต่ยักรวมถึงทุกสิ่งสามารถมองให้อยู่ในรูปของทรัพยากรได้ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น เวลา ต้นทุน วัสดุ แรงงาน/เครื่องจักร เงินสด โดยที่ทรัพยากรต่างๆเหล่านี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกันอยู่อย่างซับซ้อน การดำเนินกิจกรรมต่างๆทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายขึ้นมาซึ่งมีผลกระทบกับแผนการประมาณกระแสเงินสดโครงการ ดังนั้นการวางแผนงานโครงการจึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งแผนตารางเวลาและแผนงานด้านการเงินให้มีความเหมาะสม

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆในการแก้ปัญหาการวางแผนงานเพื่อให้ได้แผนงานที่บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับต้นทุน (Time Cost Trade-off: TCT) เป็นเทคนิคที่มุ่งเน้นหาระยะเวลาโครงการที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม เทคนิคการจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation) ที่มุ่งเน้นการจัดลำดับแผนงานเพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความเหมาะสม เทคนิคการปรับระดับทรัพยากร (Resource leveling) มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้มีความสม่ำเสมอที่ขีดจำกัด (Available resource) ของทรัพยากรที่มีอยู่และเทคนิคกระแสเงินสด(Cash flow) เพื่อหายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด

วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและลักษณะโมเดลปัญหา รวมไปถึงเงื่อนไขข้อจำกัดของปัญหา การวิเคราะห์โดยวิธี Linear Programming (LP), Integer Programming (IP), Binary Integer Programming (BIP) เป็นการหาคำตอบโดยวิธีการเชิงเส้นซึ่งเหมาะกับโมเดลปัญหาที่มีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อนมาก เช่น TCT เทคนิคการจัดสรรทรัพยากร การปรับระดับทรัพยากร จะเห็นได้ว่าการสร้างโมเดลปัญหาด้วยเป้าหมายเพียงเป้าหมายเดียว (Single objective) อาจทำให้แผนงานคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงได้มีงานวิจัยกลุ่มหนึ่งพยายามบูรณาการโมเดลปัญหาการวางแผนหลายเป้าหมายเข้าด้วยกัน โดยใช้วิธี Genetic Algorithms (GAs) เนื่องจากผลที่ได้จะเป็นโมเดลปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

งานวิจัยที่ผ่านมาก็นำเสนอวิเคราะห์ปัญหาเฉพาะด้าน เช่น TCT การจัดสรรด้านทรัพยากร การปรับระดับทรัพยากรโดยไม่ได้รวมข้อจำกัดในทุกด้านเข้าด้วยกัน อีกทั้งเงื่อนไขต่างๆของกิจกรรมก็มักถูกสมมติให้ง่ายได้แก่ ประเภทความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ข้อจำกัดของกิจกรรมและข้อจำกัดทางด้านเวลา จึงไม่ได้สะท้อนถึงปัญหาที่แท้จริงของแผนงานก่อสร้างนอกจากนี้การหาคำตอบโมเดลปัญหาด้วยวิธี IP หรือ GAs ไม่เหมาะกับโจทย์ปัญหาที่มีโครงข่ายขนาดใหญ่ซึ่งนอกจากจะทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบนานแล้วยังอาจไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ปัจจุบันมีเครื่องมือช่วยในการวางแผนงาน เช่น Microsoft project, Primavera ที่สามารถจัดการกับแผนงานโครงข่ายที่มีความซับซ้อนด้านความสัมพันธ์และสามารถจัดการด้านทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำเอาเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับเทคนิคการวางแผนงานจะช่วยทำให้ได้แผนงานที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากขึ้น

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโมเดลปัญหาบนโปรแกรมสำนักงานพื้นฐาน Microsoft excel โดยใช้เครื่องมือ Visual basic for application และโปรแกรม Microsoft project ในการหาคำตอบ โดยเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ประเภทของทรัพยากร และเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรซึ่งจะทำให้ได้แบบจำลองโมเดลปัญหาที่ใกล้เคียงความจริงมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังนำโปรแกรม Microsoft Project เข้ามาช่วยในการจัดตารางเวลาและจัดสรรทรัพยากรได้อย่างถูกต้องและได้สร้างโมเดลที่บูรณาการปัญหาทั้ง 4 ด้านคือ TCT, Resource allocation, Resource leveling และ Cash flow เข้าไว้ด้วยกัน โดยให้ Objective function เป็นการ Maximize total project profit และใช้วิธี Linear Programming (LP) ในการหาคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการรวมปัญหาการจัดสรรทรัพยากรและกระแสเงินสดไว้ด้วยกัน

1.2 วัตถุประสงค์

พัฒนาแบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหาค่าไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและวงเงินเครดิต ที่สามารถรวมการพิจารณาเงื่อนไขเฉพาะในงานก่อสร้างทั้งทางด้านเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ต้นทุน และการบริหารทรัพยากรโครงการ เพื่อให้ได้โมเดลที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้น โดยใช้เครื่องมือ Visual basic for application ในโปรแกรม Microsoft Excel และใช้วิธี Linear Programming ในการหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้ได้แผนงานที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษารูปแบบการจัดแผนงานตารางเวลาโดยใช้ตัวอย่าง 5 กิจกรรมที่อ้างอิงโจทย์ข้อมูลตัวอย่างมาจากงานวิจัยของ Elazouni and Fikry G. Metwally ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหามิติขนาดเล็กเหมาะสำหรับการทดสอบความถูกต้องในการสร้างโมเดล โดยมีเงื่อนไขเวลาเริ่มกิจกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเป็นตัวแปรตัดสินใจในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ช่วยในการจัดลำดับแผนงานและเป็นการนำรวมเอา 4 เทคนิคการวางแผนโครงการก่อสร้างคือ TCT, Resource allocation, Resource leveling และ Cash flow มาช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธี Integer Programming เพื่อนำไปใช้ในการจัดการกระแสเงินสดโดยพิจารณาเงื่อนไขทางการเงินภายใต้วงเงินเครดิตที่ค่าต่างๆซึ่งเงื่อนไขทางการเงินจะสามารถหาคำตอบได้ทั้งในกรณีมีการจ่ายเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่วงหน้าและไม่มีเงินจ่ายล่วงหน้าเพื่อสามารถนำไปใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการต่อไปได้สุดท้ายจะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกระแสเงินสดตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์และข้อจำกัดด้านทรัพยากร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ทำธุรกิจก่อสร้าง ทั้งต่อบริษัทก่อสร้างและเจ้าของงานก่อสร้างโดยพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใหม่ที่ช่วยค้นหาแผนงานโครงการที่สามารถจัดการปัญหาด้านทรัพยากร เช่น ต้นทุน เวลา ทรัพยากรดำเนินงาน ในรูปแบบการประมาณกระแสเงินสดเพื่อให้ทราบถึงกำไรสุทธิ ยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการก่อสร้างเพื่อใช้ในการจัดหาแหล่งเงินทุนในรูปแบบ “เงินกู้เบิกเกินบัญชี” จากสถาบันการเงิน อีกทั้งยังสามารถนำแผนงานที่อ้างอิงการเงิน (Finance base scheduling) ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการควบคุมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างต่อไปได้

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์แบ่งการทำงานออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1.1 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการทบทวนวรรณกรรม เป็นการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจากทั้งในประเทศและต่างประเทศให้ครอบคลุมเนื้อหาที่จะทำการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบถึงปัญหาข้อจำกัดและความจำเป็นสำหรับงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางใหม่ในการทำงานวิจัย

2. กำหนดแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ เป็นการกำหนดวิธีการและเทคนิคในการวิเคราะห์เครื่องมือ/อุปกรณ์ และขอบเขตการวิจัยหลังจากระบุปัญหาและข้อจำกัดงานวิจัยที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมแล้ว

3. กำหนดสมการโมเดลปัญหา หลักจากได้แนวทางการแก้ปัญหาใหม่ วิธีการแก้ปัญหจะเป็นการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization solutions) ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และ ฟังก์ชันข้อจำกัด เพื่อกำหนดกรอบในการแก้ปัญหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4. พัฒนาแบบจำลองโมเดล เป็นการออกแบบแบบจำลองโมเดลปัญหาโดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เข้ามาช่วยเพื่อให้การหาคำตอบที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

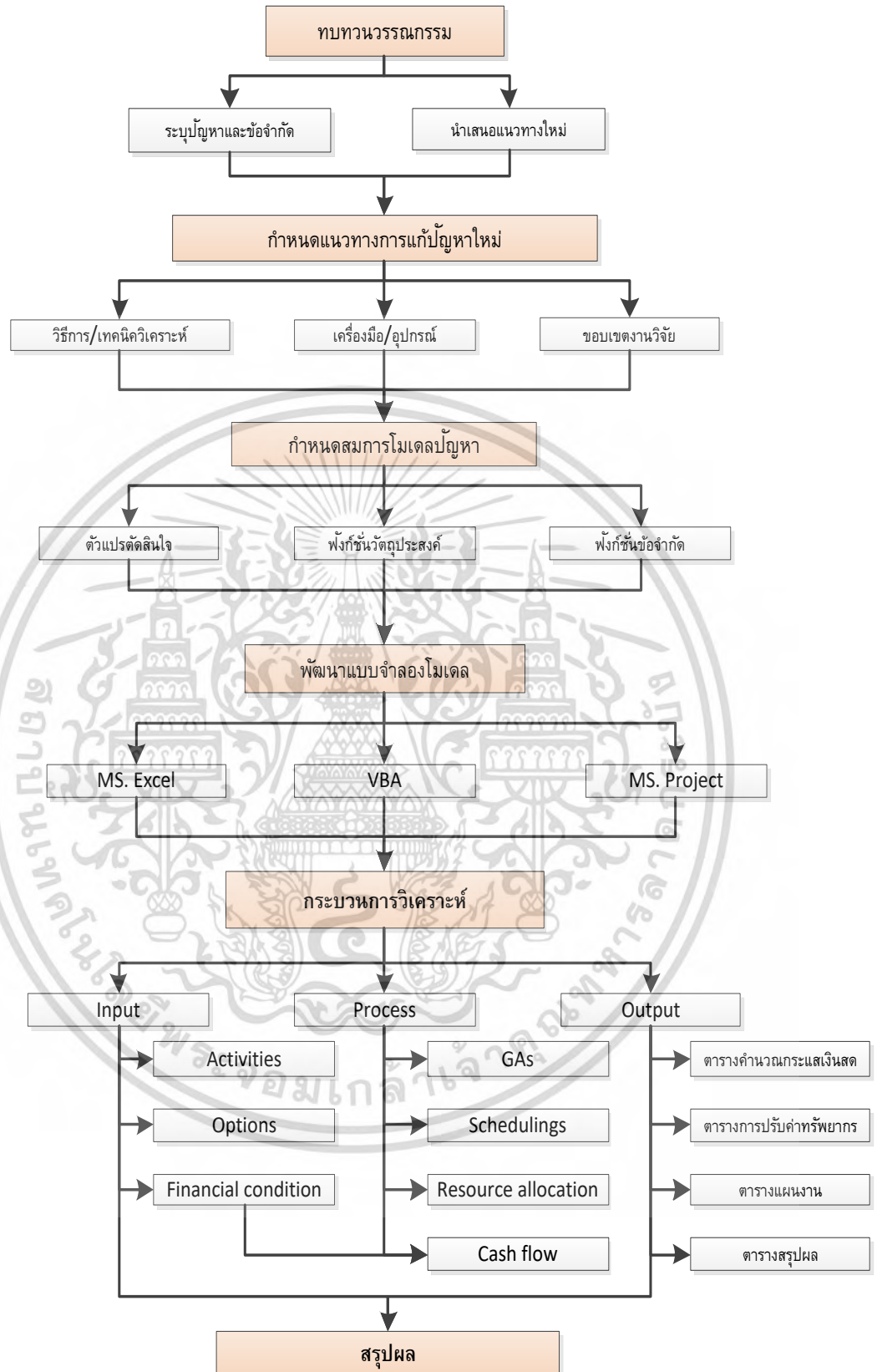
ในการวิเคราะห์เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป 3 โปรแกรม ประกอบด้วย 1. โปรแกรม Microsoft excel 2. เครื่องมือ Visual basic for application (VBA) 3. โปรแกรม Microsoft project

5. กระบวนการวิเคราะห์ เป็นขั้นตอนในการหาคำตอบโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. การนำเข้าข้อมูล (Input) 2. การวิเคราะห์ (Process) และ 3. การแสดงผล (Output) ขั้นตอนแสดงผลจะมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตารางคำนวณแผ่นงาน Spreadsheet บน Microsoft Excel โดยจะแสดงสูตรคำนวณบนแผ่นงานเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน

6. สรุปผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากทำการวิเคราะห์ จะเป็นการอธิบายผลลัพธ์ที่ได้และเปรียบเทียบความถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้นำมาใช้ประกอบการแก้ปัญหา โดยจะเริ่มจากหลักการวางแผนงานโครงการเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนในการวางแผนตารางเวลาและการกำหนดจัดสรรทรัพยากรให้กับกิจกรรมก่อสร้าง ซึ่งจะก่อให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายให้กับโครงการ และในส่วนของเทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหา รวมไปถึงวิธีการหาคำตอบของโมเดลปัญหา

2.1 หลักการวางแผนงานโครงการ

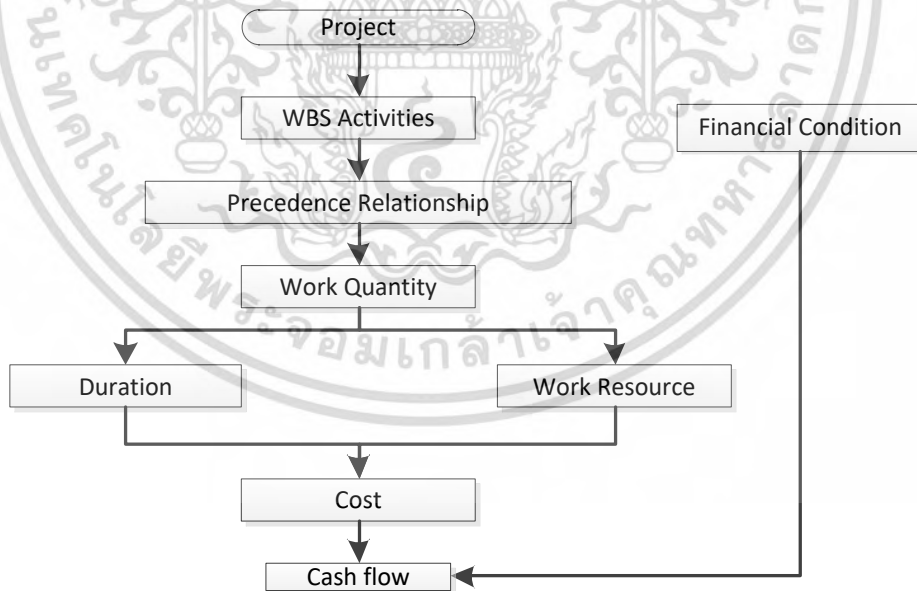
ธุรกิจงานก่อสร้างมีลักษณะที่แตกต่างจากธุรกิจอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป ลักษณะงานก่อสร้างจะดำเนินการในรูปแบบของ “โครงการ” (Project) ซึ่งจะต้องมีวัตถุประสงค์ดำเนินงานที่ชัดเจน มีการกำหนดเวลาเริ่มและสิ้นสุดโครงการ นอกจากนี้การดำเนินงานโครงการจะมีเป้าหมายทั้งด้านงบประมาณหรือต้นทุน กำหนดเวลาของงานต่างๆรวมถึงคุณภาพที่ต้องการ แต่งานก่อสร้างกลับมีความจำกัดทางด้านทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินงาน สำคัญได้แก่ งบประมาณ บุคลากร ระยะเวลา ทีมงานชั่วคราว และสถานที่ทำงานชั่วคราว งานก่อสร้างจึงต้องการหลักการบริหารโครงการที่ดี เพื่อใช้ให้งานก่อสร้างประสบผลสำเร็จตามต้องการได้ ซึ่งการวางแผนและควบคุมเป็นขั้นตอนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการบริหารโครงการ ขั้นตอนการวางแผนจะต้องทำให้แล้วเสร็จตั้งแต่มก่อนเริ่มดำเนินงานโครงการก่อสร้าง เนื่องจากเมื่อถึงเวลาดำเนินงานโครงการก็จะได้นำแผนงานที่วางไว้มาใช้เพื่อใช้ในการควบคุมโครงการ การวางแผนงานก่อสร้าง (วชรภูมิ, 2553) การวางแผน (Planning) และ การกำหนดตารางเวลา (Scheduling) เป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันโดยมุ่งเน้นในเรื่องการวางแผนจัดการด้านเวลา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการวางแผนงานโครงการดังนี้

การวางแผน (Planning) คือกระบวนการกำหนดวัตถุประสงค์ของการทำงาน และแจกแจงรายละเอียดของขั้นตอนงานต่างๆที่ต้องทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์เหล่านั้น และกำหนดการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวางแผนนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับงานแบบโครงการ เช่น งานก่อสร้าง เนื่องจากเป็นงานที่มีเนื้อหางานที่เป็นเอกลักษณ์ ไม่ซ้ำเดิมรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานโครงการก่อสร้างจึงต้องถูกกำหนดขึ้นใหม่ทุกครั้ง เป้าหมายหลักของงานก่อสร้างคือการทำให้โครงการแล้วเสร็จสมบูรณ์ภายในระยะเวลาและงบประมาณที่กำหนดไว้ใน

สัญญา ดังนั้นในการวางแผนก่อสร้างจึงต้องนำเป้าหมายเหล่านี้ไปใช้กำหนดรายละเอียดของงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานที่เหมาะสม การวางแผนยังเป็นพื้นฐานสำหรับขั้นตอนอื่นๆอีก ได้แก่ การประมาณราคา การกำหนดตารางเวลา การควบคุมคุณภาพ การควบคุมโครงการ การบริหารความปลอดภัย เป็นต้น

การกำหนดตารางเวลา (Scheduling) เป็นการจัดลำดับของกิจกรรมโครงการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการซึ่งการกำหนดตารางเวลาเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผน การกำหนดตารางเวลามีประโยชน์มากสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้าง นอกจากจะทำให้ทราบกำหนดการเริ่มและเสร็จสิ้นของกิจกรรมก่อสร้างแล้วยังช่วยในการวางแผนการใช้ทรัพยากรโครงการ ซึ่งได้แก่ แรงงาน เครื่องจักร วัสดุ ได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ต้องรอกันหรือเพื่อล่วงหน้าเป็นเวลานาน นอกจากนี้ประโยชน์ที่สำคัญยิ่งอีกอย่างหนึ่งของการกำหนดตารางเวลาคือช่วยในการวางแผนการเงินในโครงการโดยส่วนใหญ่มักจัดทำในรูปการประมาณกระแสเงินสดซึ่งจะทำให้ผู้รับเหมาทราบถึงปริมาณเงินที่ต้องจ่ายและรับในแต่ละช่วงเวลาของโครงการ เพื่อจะได้นำไปคำนวณหาเงินทุนหมุนเวียนที่จะต้องจัดเตรียมไว้ ถ้าหากระหว่างดำเนินการก่อสร้างมีปัญหาเรื่องไม่สามารถหาเงินทุนหมุนเวียนได้เพียงพอ เนื่องจากไม่ได้เตรียมการไว้ หรือวางแผนงบกระแสเงินสดโครงการคลาดเคลื่อนมากจากที่วางแผนเอาไว้ อันเนื่องมาจากกำหนดเวลางานคลาดเคลื่อน ก็อาจส่งผลให้โครงการไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนดำเนินการประมาณกระแสเงินสดของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 การจัดทำประมาณการกระแสเงินสดมีความเกี่ยวข้องกับทรัพยากรต่างๆ อย่างมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งล้วนเกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าใช้จ่ายในโครงการทั้งสิ้น ต้องอาศัยเทคนิคในการบริหารจัดการงานก่อสร้างโครงการหลายส่วนประกอบกัน เพื่อให้ได้แผนงานที่มีประสิทธิภาพ การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการเป็นขั้นตอนสำคัญโดยผู้ทำการประมาณราคาจะต้องเข้าใจถึงเทคนิคในงานก่อสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมงานก่อสร้าง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการประมาณการกระแสเงินสดดังต่อไปนี้

- Project หมายถึงโครงการที่มีวัตถุประสงค์บรรลุเป้าหมายชัดเจนทั้งในเรื่อง เวลา ค่าใช้จ่าย รวมไปถึงคุณภาพ โดยมีระยะเวลาเริ่มและสิ้นสุดโครงการชัดเจน
- Work Breakdown Structure : WBS คือ ขั้นตอนงานย่อยอันหนึ่งจากเนื้องานทั้งหมดของโครงการก่อสร้างที่จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จ กิจกรรมต้องมีขอบเขตเนื้องานที่ต้องทำแน่นอนชัดเจน และเป็นเอกเทศคือไม่มีส่วนของเนื้องานของกิจกรรมหนึ่งที่ซ้อนทับกับกิจกรรมอื่นๆ การกำหนดกิจกรรมและระดับชั้นของกิจกรรมมักจะทำด้วย วิธีการสร้างโครงสร้างกระจายงานย่อย (Work Breakdown Structure: WBS) โดยการแบ่งกระจายงานย่อยโครงการหนึ่งออกเป็นงานย่อยต่างๆตามลำดับชั้นจากบนลงล่าง (หยาบไปหาละเอียด) อย่างเป็นระบบและมีโครงสร้างแบบต้นไม้ ซึ่งงานย่อยลำดับล่างที่สุดที่ถูกแบ่งออกมาเรียกว่า “กิจกรรม” (Activity) หรือ Task
- Predecessors relationship คือ การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม หรือการจัดเรียงกิจกรรมต่างๆเป็นลำดับก่อนหลัง คือการกำหนดให้กิจกรรมหนึ่งนั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงเวลากับกิจกรรมอื่นๆอย่างไร เช่น กิจกรรมก่อสร้างหนึ่งอาจจะไม่สามารถเริ่มดำเนินการได้จนกระทั่งอีกกิจกรรมหนึ่งได้ถูกดำเนินการแล้วเสร็จ โดยที่กิจกรรม (ที่ติดกัน) ที่ต้องดำเนินการก่อนเรียกว่า “Predecessor” กิจกรรม (ที่ติดกัน) ที่ต้องทำทีหลังเรียกว่า “Successor”
- Work quantity คือปริมาณเนื้องานสำหรับโครงการหนึ่ง จากการกำหนดแบ่งกิจกรรมก่อสร้างต่างๆด้วย WBS และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Predecessors relationship) เหล่านี้ทำให้สามารถประมาณเนื้องานของแต่ละกิจกรรมได้จากแบบก่อสร้าง หรือบัญชีปริมาณงาน (Bill of Quantity: BOQ)
- Duration คือการกำหนดระยะเวลาของกิจกรรม หมายถึงระยะเวลาที่ต้องใช้เพื่อดำเนินกิจกรรมนั้นตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น ระยะเวลาของกิจกรรม (duration) เป็นค่าที่ได้จากการประมาณโดยใช้ความรู้สึกและประสบการณ์ ระยะเวลาจะมีความสัมพันธ์กับ อัตราผลผลิต (Productivity) และจำนวนประชากรที่ใช้ดำเนินงาน ได้แก่ จำนวนแรงงานและเครื่องจักร เป็นต้น เป็นผลให้ระยะเวลามีผลโดยตรงต่อต้นทุนของกิจกรรมนั้นเช่นกัน เนื่องจากกิจกรรมก่อสร้างเป็นงานที่อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงงานคน อัตราผลผลิตซึ่งเปรียบได้กับอัตราเร็วของการทำงานจึงแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยของ คนงานและสภาพแวดล้อมในการทำงาน อัตราผลผลิตของการทำกิจกรรมหนึ่งจึงเป็นค่าไม่แน่นอน ส่งผลให้ระยะเวลาของกิจกรรมเป็นค่าที่ไม่แน่นอนด้วย

$$Productivity = \frac{Quantity\ of\ work\ output}{Man \times hour} \quad (2.1)$$

$$Duration = \frac{Quantity\ of\ work\ output}{Man \times productivity} \quad (2.2)$$

$$Labour\ cost = Duration \times payrate \quad (2.3)$$

- Work resource คือ ทรัพยากรดำเนินงานไม่ได้หมายถึงเฉพาะแต่แรงงาน/เครื่องจักร แต่ยังรวมไปถึงทรัพยากรในด้านอื่นๆทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น เวลา ต้นทุน วัสดุ แรงงาน/เครื่องจักร เงินสด และทรัพยากรต่างๆเหล่านี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกันอยู่อย่างซับซ้อน เช่น การใช้ต้นทุนมากขึ้นควรทำให้ระยะเวลาโครงการน้อยลง การใช้ระยะเวลาโครงการมากขึ้นอาจทำให้ต้นทุนลดลงหรือมากขึ้นได้ การใช้แรงงานมากขึ้นควรทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นและระยะเวลาน้อยลง เป็นต้น

- Cost คือ ผลรวมการจัดสรรทรัพยากรดำเนินงานและระยะเวลาที่ทำให้เกิดเป็นต้นทุนของกิจกรรม โดยที่ต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดควรเป็นต้นทุนทางตรง (direct cost) เท่านั้น ประกอบด้วย ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน/เครื่องจักร ค่าวัสดุเป็นต้นทุนที่ไม่แปรผันกับทรัพยากรอื่นๆ แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้องานของกิจกรรมเท่านั้น ต้นทุนของกิจกรรมที่นำมาพิจารณาจึงเป็นเฉพาะต้นทุนค่าแรงงาน/เครื่องจักร ซึ่งจะต้องแปรผันโดยตรงกับจำนวนทรัพยากรดำเนินงานที่ได้จัดสรรไปแล้ว ผลรวมของต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมดจะเป็นต้นทุนทางตรงของโครงการ ต้นทุนส่วนอื่นๆของโครงการได้แก่ ต้นทุนทางอ้อม ค่าดำเนินการที่สำนักงาน จะแปรผันตามระยะเวลาของโครงการ

- Cash flow ซึ่งเป็นลำดับขั้นตอนสุดท้าย จากต้นทุนของกิจกรรมและของโครงการที่เกิดขึ้น จะสามารถนำไปคำนวณหากระแสเงินสดออกและเข้าของโครงการตามช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งกระแสเงินสดของโครงการนอกจากจะขึ้นกับต้นทุนที่เกิดขึ้นแล้วยังขึ้นกับเงื่อนไขทางการเงินต่างๆอีก ได้แก่ ระยะเวลาเครดิตของ ค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ การคิดเงินงวดงานและระยะเวลาการเบิกจ่าย เงิน

ประกันผลงาน เงินเบิกล่วงหน้า อัตราดอกเบี้ยของเงินกู้ (เบิกเกินบัญชี) และวงเงินเครดิตที่เข้าถึงได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเชื่อมโยงของทรัพยากรหลักกลุ่มต่างๆของโครงการที่อธิบายมาข้างต้นเหล่านี้ จะสามารถนำมาสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์และเป็นโมเดลปัญหาการวางแผนงานแบบบูรณาการที่เหมาะสมแบบใหม่ได้ ซึ่งเรียกว่า **Integrated Common Resource Project Scheduling Problem: ICRPSP**

2.2 โมเดลปัญหาการวางแผนงาน

โมเดลปัญหา ICRPSP สามารถแบ่งออกได้โดยทั่วไปเป็น 4 กลุ่มย่อยคือ การแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน (Time cost trade-off: TCT) การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation) การปรับระดับทรัพยากร (Resource leveling) และกระแสเงินสดกับวงเงินเครดิต (Cash flow with credit limit) นอกจากนี้ยังมีเทคนิคพื้นฐานในการวางแผนงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 2 เทคนิค คือ ตารางแผนงานเวลา (Scheduling) และ หลักการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms: GAs) ซึ่งจะได้ทบทวนรายละเอียดในแต่ละหัวข้อดังนี้

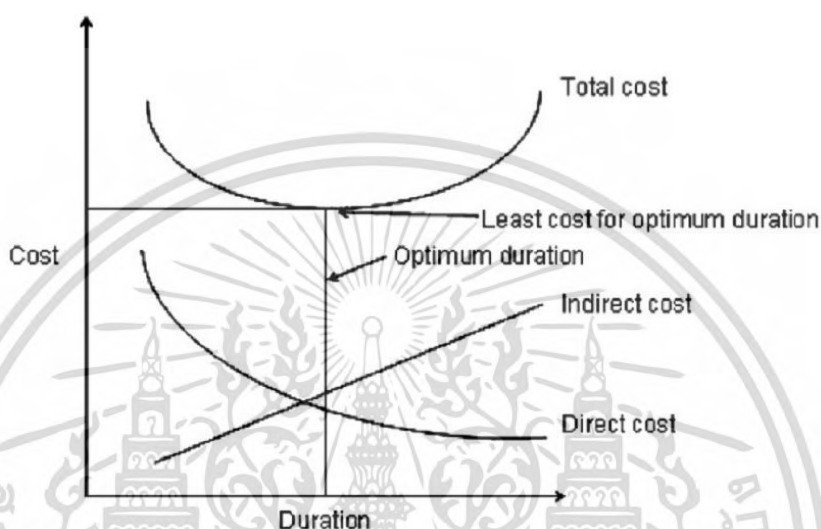
2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย (Time-cost trade-off: TCT)

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย (TCT) คือปัญหาที่เกี่ยวกับการกำหนดหาต้นทุนของโครงการที่น้อยที่สุดสำหรับค่าระยะเวลาหนึ่งของโครงการตามที่ต้องการโดยมีสมมติฐานเบื้องต้นคือ กิจกรรมก่อสร้างใดๆสามารถมีวิธีการดำเนินงาน (execution methods) ได้หลายทางเลือก (options) โดยทางเลือกปกติจะมีระยะเวลาปกติ (Normal duration) และต้นทุนปกติ (Normal cost) การเร่งรัดการทำกิจกรรมใดๆให้แล้วเสร็จเร็วกว่าปกติจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นเป็นค่าทรัพยากรพิเศษ(ที่แพงกว่า)ที่นำมาใช้ ได้แก่ การเพิ่มแรงงาน การเพิ่มแรงงานเชี่ยวชาญ การใช้เครื่องจักรหรือการใช้เทคโนโลยีที่ดี ซึ่งจะทำให้ได้ระยะเวลาเร่งรัด (Crash duration) และต้นทุนเร่งรัด (Cash cost) เนื่องจากมีเฉพาะกิจกรรมวิกฤตเท่านั้นที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการ การเร่งรัดกิจกรรมด้วยต้นทุนที่แพงขึ้นจึงควรเลือกทำกับบางกิจกรรม ในขณะที่กิจกรรมที่ไม่วิกฤตสามารถดำเนินการไปตามปกติที่ใช้ต้นทุนต่ำได้ ผู้วางแผนจึงต้องค้นหาส่วนผสมที่เหมาะสม

ต้นทุนของโครงการก่อสร้างนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ต้นทุนทางตรง (Direct cost) และต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) โดยที่ต้นทุนทางตรงมีลักษณะแปรผันตามกับปริมาณเนื้องานก่อสร้างที่ทำได้และทรัพยากรที่ใช้ไป หรือเป็นต้นทุนแปรผัน (Variable cost) แต่ต้นทุนทางอ้อมหมายถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆที่มีลักษณะโดยรวมที่ไม่แปรผันไปตามปริมาณเนื้องานก่อสร้างที่ทำได้ หรือเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ที่ต้องจ่ายตามกำหนดเวลา คือแปรผันตามระยะเวลาของโครงการ จากลักษณะนี้เองที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับระยะเวลาของโครงการก่อสร้าง กล่าวคือ ต้นทุนทางตรงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาโครงการถูกเร่งรัดให้สั้นลงแต่ต้นทุนทางอ้อมจะลดลงดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ต้นทุนโครงการที่ต่ำที่สุดกับระยะเวลาโครงการที่ลดลงสามารถเกิดขึ้นพร้อมกัน



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับเวลาของโครงการ (PH Chen and Weng:2009)

โมเดลปัญหาทั่วไปของ TCT อธิบายได้ดังนี้คือ ในแต่ละกิจกรรมก่อสร้าง (Activity) มีวิธีดำเนินงาน (execution methods) ได้หลาย “ทางเลือก” (options) แต่ละทางเลือกมีระยะเวลาและต้นทุนเป็น “ค่าที่กำหนดได้” (deterministic values) เฉพาะตัวที่ต่างกันไป คำตอบของปัญหา คือ ทางเลือกของแต่ละกิจกรรมที่ทำให้ต้นทุนโครงการต่ำที่สุด สำหรับค่าระยะเวลาโครงการค่าหนึ่ง ซึ่งจำนวนรูปแบบของทางเลือก (คำตอบ) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมีจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ถ้าให้โครงการมีกิจกรรมทั้งหมด n กิจกรรม แต่ละกิจกรรมมีทางเลือกเท่ากับ m ทางเลือก จะทำให้มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solutions) ทั้ง m^n คำตอบ สมการทั่วไปของ TCT สามารถหาคำตอบได้ดังนี้

Decision variables: x_{ij} = ค่าดัชนีการเลือกวิธีทำกิจกรรมที่ i ด้วยทางเลือกที่ j

Objective functions:

$$\text{Minimize } C = \sum_{ij}(DC_{ij} * x_{ij}) + IC * T \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subject to:

$$\text{Max}(EF_i) \leq T; \forall i$$

และ Activity dependency

โดยที่ x_{ij} คือตัวแปรแบบ binary ที่มีค่า = 1 ถ้าได้เลือกทางเลือกนั้น หรือมีค่า = 0 ถ้าไม่ได้เลือก

C = ต้นทุนของโครงการทั้งหมด

DC_{ij} = ต้นทุนทางตรงของกิจกรรมที่ i ที่ใช้ทางเลือก j

IC_t = อัตราต้นทุนทางอ้อมของโครงการต่อหน่วยเวลา t

T = ระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ ที่ต้องการ

EF_i = ค่าเวลา EF ของกิจกรรมที่ i

2.2.2 การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation)

การจัดสรรทรัพยากร เป็นเทคนิคที่มีเป้าหมายในการจัดสรรทรัพยากรหลักของโครงการ คือ แรงงาน เครื่องจักร/อุปกรณ์ เวลา วัสดุดิบ เงินสด ดอกเบี้ย ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการ จัดลำดับกิจกรรมในแผนงานให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรต่างๆมีระดับที่สม่ำเสมอตลอดทั้ง โครงการ ที่ขีดจำกัด (Available Resources) ของมันพอดี และพยายามวางแผนการใช้ทรัพยากร เช่นจำนวนคนงานให้สอดคล้องกับจำนวนคนงานที่มีอยู่โดยที่ไม่มีผลต่อเวลาแล้วเสร็จโครงการตาม สัญญาก่อสร้าง ถ้าการวางแผนงานบริหารจัดการด้านทรัพยากรไม่ดี อาจจะต้องลำบากในการหา จำนวนคนงานมาเพิ่มในกรณีที่ต้องใช้ในการเร่งงาน หรือช่วงแผนงานก่อสร้างโครงการที่กิจกรรม ก่อสร้างจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน แนวทางแก้ปัญหาดังกล่าวแก้ไขโดยใช้ประโยชน์ของ เวลายืดหยุ่นของกิจกรรมที่ไม่วิกฤตในโครงข่ายงาน โดยสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. พยายามลดความต้องการทรัพยากรในช่วงที่มีความต้องการสูง โดยการเลื่อนงานที่ไม่ใช่ งานวิกฤตออกไป ภายในช่วงเวลายืดหยุ่นของมัน ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาของโครงการ
2. ทำการขยายเวลาในการทำงานที่ไม่ใช่งานวิกฤต เพื่อเป็นการลดความต้องการทรัพยากรที่ ต้องใช้ในงานนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออาจกล่าวได้ว่าปัญหาการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำนวนจำกัดมีเป้าหมายในการจัดเรียงลำดับกิจกรรมต่างๆที่เหมาะสม ปัญหาจึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มปัญหาประเภทการจัดเรียงลำดับ (S-S Leu and C-H Yang:1999) สมการทั่วไปของโมเดลปัญหา Resource allocation มีดังนี้

Decision variables: ES_i = เวลาเริ่มที่เร็วที่สุด (Earliest start) ของกิจกรรมที่ i

Objective functions:

$$\text{Minimize } T = \text{Max}\{EF_i\}; \forall i \quad (2.5)$$

Subject to:

$$\sum_i rr_{ikt} \leq RR_k; \forall t$$

และ Activity dependency

โดยที่ T = ระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ

t = วันที่ใดๆของโครงการ

rr_{ikt} = จำนวนทรัพยากรประเภท k ที่กิจกรรม i ต้องการใช้ในวันที่ t

RR_k = จำนวนทรัพยากรประเภท k ที่มีอยู่

2.2.3 การปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากร (Resource leveling)

การปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากร (Resource leveling) เป็นเทคนิคที่มีเป้าประสงค์ในการกำหนดหาวันดำเนินการของกิจกรรมต่างๆที่ทำให้ผลรวมความต้องการใช้ทรัพยากรต่างๆในแต่ละหน่วยเวลาใด ๆ มีความสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาโครงการ ภายในระยะเวลาของโครงการที่กำหนด และยังคงต้องรักษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (dependence constraints) โดยต้องมีสมมติฐานที่ให้ความยืดหยุ่นในข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากร (หรือกำหนดให้มีจำนวนไม่จำกัด) เมื่อผลรวมความต้องการใช้ทรัพยากรต่างๆในแต่ละหน่วยเวลาใด ๆ มีความผันผวน (fluctuation) น้อยและเข้าใกล้ค่าเฉลี่ย จะทำให้ทรัพยากรโครงการที่ต้องจัดหาไว้มีจำนวนน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ด้วยหลักการที่ว่า กิจกรรมสองกิจกรรมใดที่ใช้ทรัพยากรเดียวกันและมีกำหนดเวลาดำเนินการซ้อนทับกัน จะทำให้ผลรวมจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรนั้นเพิ่มขึ้น แนวทางการหาคำตอบที่ได้คือการเลื่อนกำหนดวันดำเนินการของกิจกรรมต่างๆที่ทำให้ผลรวมความต้องการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภทมีค่าคงที่ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีที่ใช้บ่งชี้ความผันผวนของความต้องการใช้ทรัพยากรแต่ละประเภท มีใช้กันอยู่สองลักษณะคือ ค่าความเบี่ยงเบน (Resource deviation index) (Chan, Chua, and Kannan:1996) (S-S Leu, C-H Yang, and J-C Huang:2000) และโมเมนต์ของความผันผวน (Fluctuation moment) (Harris 1978); (Hegazy:1999) สมการทั่วไปของโมเดลปัญหา Resource leveling แบบการหาค่าความเบี่ยงเบนน้อยที่สุด มีดังต่อไปนี้

Decision variables: ST_i = เวลาเริ่ม (Start time) ของกิจกรรมที่ i

Objective function:

$$\text{Minimize } RDI = \sum_k^K w_k RD_k \quad (2.6)$$

$$RD = \sum_t^T (|r_t - R|) \quad (2.7)$$

$$r_t = (\sum_i^n r_i)_t \quad (2.8)$$

$$\bar{R} = \sum_t^T \sum_i^n (r_i)_t / T \quad (2.9)$$

Subject to:

$$\text{Max}\{EF_i\}; \forall i = T$$

Activity dependency

โดยที่ RDI = ดัชนีค่าความเบี่ยงเบนรวมของทรัพยากรทุกประเภท

w_k = ค่าน้ำหนักถ่วงความสำคัญของทรัพยากรประเภทที่ k

k = จำนวนประเภททั้งหมดของทรัพยากร

RD_k = ค่าความเบี่ยงเบนของทรัพยากรประเภทที่ k

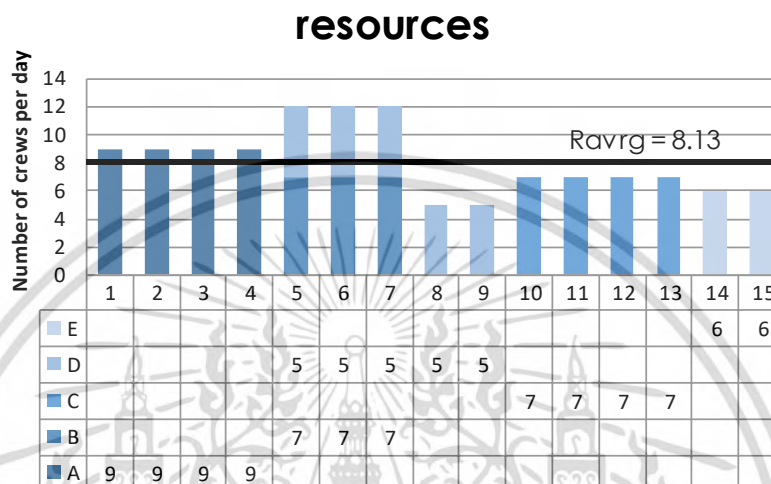
r_t = จำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในวันที่ t ใดๆ

r_i = จำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ของกิจกรรมที่ i

n = จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- t = วันที่ใดๆของโครงการ
- \bar{R} = จำนวนทรัพยากรเฉลี่ยที่ต้องการในแต่ละวัน
- T คือระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ



รูปที่ 2.3 แผนภูมิแท่งแสดงความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันและการแทนค่าตัวแปร

สมการทั่วไปของโมเดลปัญหา Resource leveling แบบการหาค่าโมเมนต์ของความผันผวนน้อยที่สุด

Decision variables: ES_i = เวลาเริ่มที่เร็วที่สุด (Earliest start) ของกิจกรรมที่ i

Objective functions:

$$\text{Minimize } \sum_k^K (M_{xk} + M_{yk}) \quad (2.10)$$

$$M_x = \sum_t^T (r_t)^2 \quad (2.11)$$

$$M_y = \sum_t^T (r_t \cdot (t - d)) \quad (2.12)$$

Subject to:

$$\text{Max}\{EF_i\}; \forall i = T$$

Activity dependency

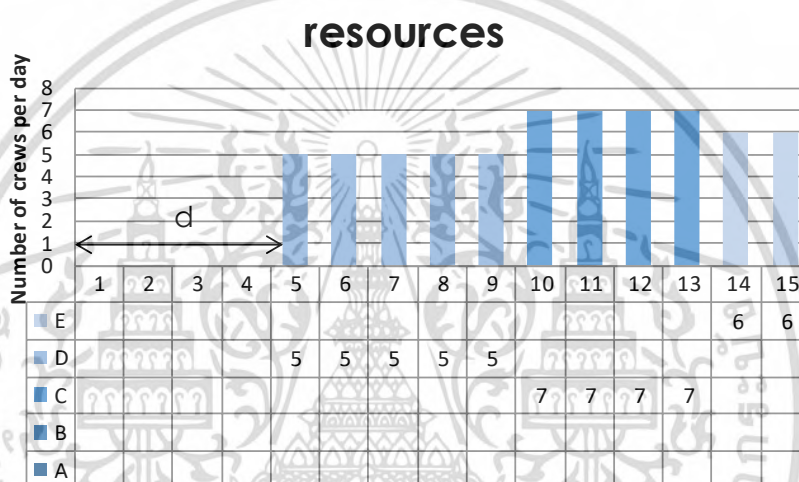
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ M_{xk} = โหมเมนต์รอบแกนนอน (แกน x แทนระยะเวลาโครงการ) ของความผันผวนของความต้องการใช้ทรัพยากรประเภทที่ k

M_{yk} = โหมเมนต์รอบแกนตั้ง (แกน y แทนจำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้) ของความผันผวนของความต้องการใช้ทรัพยากรประเภทที่ k

r_t = จำนวนทรัพยากรที่ต้องการใช้ในวันที่ t ใดๆ

d = วันเริ่มความต้องการใช้ทรัพยากรประเภทหนึ่ง



รูปที่ 2.4 แผนภูมิแท่งแสดงความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันและการแทนค่าตัวแปร

2.2.4 กระแสเงินสดกับวงเงินเครดิต (Cash flow and credit limit)

เงินสดจัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญประเภทหนึ่งของโครงการ ปริมาณเงินสดคงเหลือที่เวลาต่างๆของโครงการมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอไม่คงที่ และมีลักษณะเหมือนกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออก จึงเรียกการเคลื่อนไหวของเงินสดว่า “กระแสเงินสด” (Cash flow) กระแสเงินสดเข้า (Cash inflow) และ กระแสเงินสดออก (Cash outflow) ความสามารถของบริษัทก่อสร้างในการจัดหาเงินสดอย่างเพียงพอสำหรับการดำเนินโครงการในช่วงเวลาต่างๆ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่งในการดำเนินธุรกิจก่อสร้าง การจัดหาเงินสดนี้ยังต้องทำให้เกิดต้นทุนทางการเงินต่ำที่สุด หากปราศจากปริมาณเงินสดที่เพียงพอกับความต้องการใช้แล้วงานที่วางแผนไว้ก็ไม่อาจดำเนินการได้ กระแสเงินสดกับวงเงินเครดิตจึงเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ต้องพิจารณาในการวางแผนงานก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วการจัดการเงินสดสำหรับโครงการก่อสร้างจะใช้ “เงินกู้เบิกเกินบัญชี” (Overdraft) จากสถาบันการเงิน ที่จำกัด “วงเงินเครดิต” (Credit limit) ไว้ด้วย ซึ่งหมายความว่า ยอดกระแสเงินสดรวมสะสมที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นที่เวลาใดๆของโครงการ จะต้องไม่เกินยอดวงเงินเครดิตที่อนุญาตให้ไว้นี้ เงินงวดงานที่บริษัทก่อสร้างได้จากเจ้าของงานเป็นรายรับจะต้องนำไปเป็นกระแสเงินสดเข้า เพื่อหักล้างกับกระแสเงินสดออก บริษัทก่อสร้างจึงต้องวางแผนงานก่อสร้างของตน ไม่ให้เกิดยอดกระแสเงินสดรวมสะสมเกินกว่าวงเงินเครดิตที่ได้รับจากการใช้เงินกู้เบิกเกินบัญชี ซึ่งเรียกการวางแผนนี้ว่า การวางแผนที่อ้างอิงการเงิน (Finance-based scheduling) (Elazouni and Gab-Allah:2004)

สมการทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณกระแสเงินสดของโครงการก่อสร้าง ดังรูปที่ 2.5 ได้แสดง profile ของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งแสดงการอ้างอิงของตัวแปรต่างๆ

$$F_t = N_{t-1} + E_t \quad (2.13)$$

$$N_t = \hat{F}_t + P_t \quad (2.14)$$

$$P_t = K \cdot E_t \quad (2.15)$$

$$K = (1 - \%Profit) \cdot (1 - \%retainage) \quad (2.16)$$

โดยที่ F_{t+1} = ยอดกระแสเงินสด (รวม) สะสม ก่อนรวมกระแสเงินสดเข้า ที่ระยะเวลา $t + 1$

N_t = ยอดกระแสเงินสด (สุทธิ) สะสม หลังรวมกระแสเงินสดเข้า ที่ระยะเวลา t

E_t = กระแสเงินสดออก ที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลา t

P_t = กระแสเงินสดเข้า ที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลา t

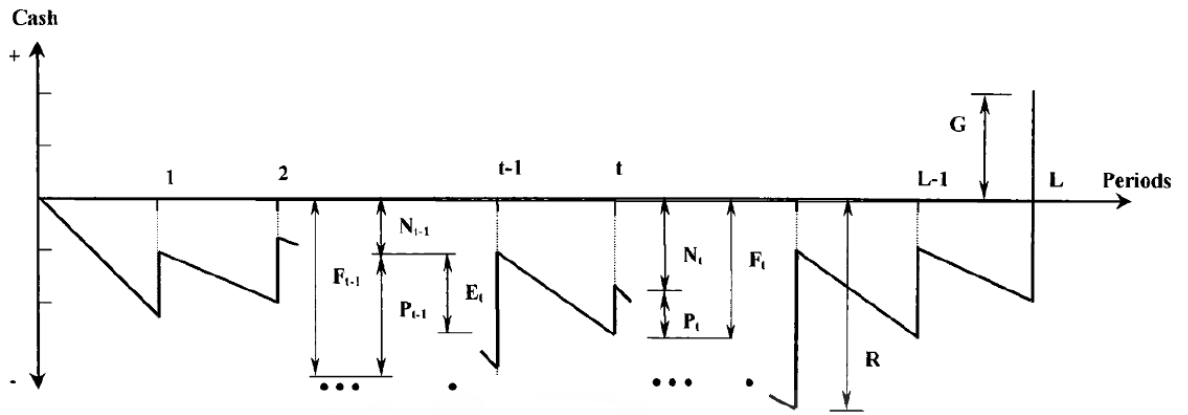
K = อัตราส่วนเงินงวดงานที่ได้รับต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างงวด

G = กำไรขั้นต้น

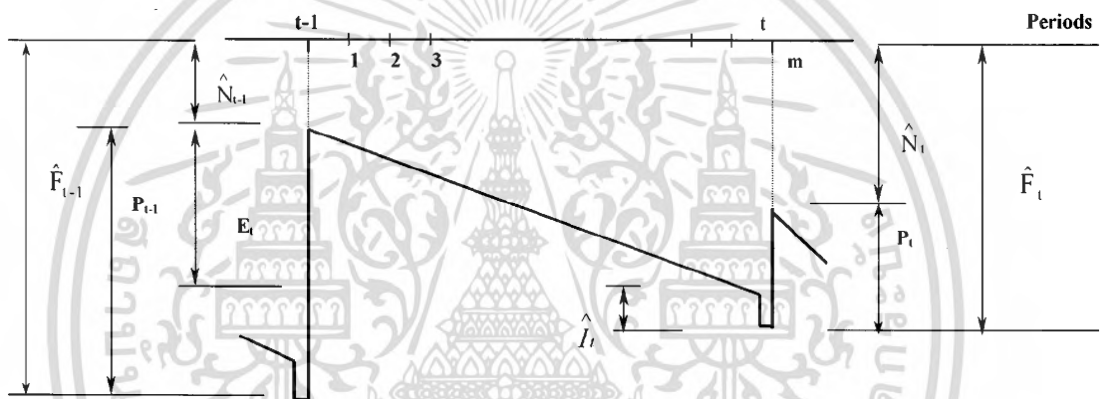
R = ยอดกระแสเงินสดรวมที่มากที่สุด (Maximum overdraft)

L = ช่วงเวลาสุดท้ายของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะ Profile ของกระแสเงินสด (ไม่รวมดอกเบี้ย) ของโครงการก่อสร้าง



รูปที่ 2.6 ลักษณะ Profile ของกระแสเงินสด (รวมดอกเบี้ย) ของโครงการก่อสร้าง

ในกรณีที่ยอดเงินกู้เบิกเกินบัญชีถูกคิดดอกเบี้ยที่ตอนสิ้นช่วงเวลา t ใดๆ สมการที่ใช้ในการคำนวณกระแสเงินสดจะเปลี่ยนไปเป็นดังนี้ ดังรูปที่ 2.6 ได้แสดงโปรไฟล์ของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นที่ช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งแสดงการอ้างอิงของตัวแปรต่างๆ

$$I_t = r \left(N_{t-1} + \frac{E_t}{2} \right) + i \cdot (W - \hat{F}_{t-1}) \quad (2.17)$$

$$\hat{F}_t = F_t + I_t \quad (2.18)$$

$$N_t = \hat{F}_t + P_t \quad (2.19)$$

โดยที่ I_t = ดอกเบี้ยที่คิดจากยอดเงินกู้ที่ขณะเวลา t

r = อัตราดอกเบี้ยในช่วงเวลา t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_t = กระแสเงินสดออก ที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลา t

\hat{F} = ยอดกระแสเงินสด(รวม)สะสมหลังจากการคิดดอกเบี้ยทบต้นที่ระยะเวลา t

N_t = ยอดกระแสเงินสด(สุทธิ)สะสม หลังรวมกระแสเงินสดเข้าหลังจากการคิดดอกเบี้ยทบต้นที่ระยะเวลา t

2.2.5 แผนงานสายงานกิจกรรมวิกฤต (Critical Path Method: CPM)

เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการวางแผนงานโครงการเบื้องต้นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ที่มีเป้าหมายเพื่อจัดตารางเวลาการดำเนินกิจกรรมก่อสร้างให้ได้ระยะเวลาโครงการสั้นที่สุด ในแผนงานจะประกอบด้วยกิจกรรมย่อยที่เรียกว่า (Activity) ในแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย “ระยะเวลาของกิจกรรม” (Duration) และความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่เรียกว่ากิจกรรมที่เริ่มดำเนินการก่อนหน้า (Predecessor) จากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่มีระยะเวลาดำเนินงานถูกนำมาจัดลำดับตามลักษณะงานก่อสร้างจะได้เส้นทางกิจกรรม (Path) โดยจะมีเส้นทางอย่างน้อยหนึ่งเส้นทาง ที่งานทุกกิจกรรมที่อยู่บนเส้นทางนี้จะต้องทำต่อเนื่องกันตลอดทั้งโครงการ โดยที่ไม่สามารถให้ล่าช้าไปจากแผนที่วางไว้ได้ หรือที่เรียกกันว่า “สายงานกิจกรรมวิกฤต” (Critical Path) โดยระยะเวลาที่อยู่บนเส้นทาง “สายงานกิจกรรมวิกฤต” ก็คือระยะเวลารวมของโครงการ นอกจากจะหาระยะเวลาโครงการแล้วยังสามารถหาระยะเวลาลอยตัว (Float) ของกิจกรรมที่ไม่วิกฤต (Non-critical activity) เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การกำหนดเวลาแล้วเสร็จของโครงการ การจัดสรรทรัพยากร หรือ การเร่งงานโครงการ

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม หรือการจัดเรียงลำดับกิจกรรมต่างๆเป็นลำดับก่อนหลัง มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมสามารถกำหนดได้ 4 รูปแบบ ดังรูป 2.7

Finish-to-Start (FS)



Finish-to-Finish (FF)



Start-to-Start (SS)



Start-to-Finish (SF)



รูปที่ 2.7 รูปแบบเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าเวลาของกิจกรรมด้วย “วิธีสายทางกิจกรรมวิกฤต” (Critical Path Method: CPM) ข้อมูลเบื้องต้นของกิจกรรมก่อสร้างที่กำหนดขึ้นจากขั้นตอนต่างๆก่อนหน้าจะใช้ในการคำนวณค่าเวลาของกิจกรรม ซึ่งมีค่าเวลาต่างๆดังนี้

Earliest Start Time (ES) หมายถึง เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น

Earliest Finish Time (EF) หมายถึง เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น

Latest Start Time (LS) หมายถึง เวลาเริ่มที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น

Latest Finish Time (LF) หมายถึง เวลาเสร็จที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น

Free Float (FF) หมายถึง ช่วงเวลาเลื่อนก่อนที่กิจกรรมนั้นจะทำให้ Successor ล่าช้า

Total Float (TF) หมายถึง ช่วงเวลาเลื่อนก่อนที่กิจกรรมนั้นจะทำให้โครงการล่าช้า

นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มระยะเวลาระหว่างกิจกรรมเพื่อสามารถกำหนดช่องว่างระหว่างกิจกรรมได้ ช่วยให้สามารถวางแผนงานได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น โดยสามารถกำหนดได้ 2 รูปแบบคือ

1. Lead Time หมายถึง ระยะเวลาที่จะเริ่มกิจกรรมถัดมาได้ เมื่อเริ่มกิจกรรมก่อนหน้าไปแล้ว ระยะเวลาหนึ่ง
2. Lag Time หมายถึง ระยะเวลาที่จะเริ่มกิจกรรมถัดมาได้ เมื่อเสร็จกิจกรรมก่อนหน้าไปแล้ว ระยะเวลาหนึ่ง

การคำนวณค่าเวลาต่างๆของกิจกรรมจะช่วยให้ระบุได้ว่ากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมวิกฤต โดยที่กิจกรรมใดที่มี TF เท่ากับศูนย์คือกิจกรรมวิกฤต สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าเวลา สำหรับกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์แบบใดๆระหว่าง Predecessors และ Successors มีการคำนวณดังนี้

คำนวณไปข้างหน้า

$$ES_i = \text{Max}(EF_h); \forall h \quad (2.20)$$

$$EF_i = ES_i + D_i \quad (2.21)$$

คำนวณย้อนกลับ

$$LF_i = \text{Min}(LS_j); \forall j \quad (2.22)$$

$$LS_i = LF_i + D_i \quad (2.23)$$

คำนวณเวลาลอยตัว

$$FF_i = \text{Min}(ES_j) - EF_i; \forall j \quad (2.24)$$

$$TF_i = LS_i + ES_i \quad (2.25)$$

โดยที่ i คือกิจกรรมใดๆที่มี predecessors ทั้งหมดเป็นเซตของ h และมี successors ทั้งหมดเป็นเซตของ j และ D_i คือ ระยะเวลาของกิจกรรม i

2.2.6 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms: GAs)

Genetic algorithms เป็นวิธีการหาคำตอบแบบที่ค้นหาสุ่มตามโอกาส (Stochastic search) ที่มีหลักการพื้นฐานได้มาจากการเลียนแบบพันธุกรรมและกระบวนการวิวัฒนาการ (Evolution) ของสิ่งมีชีวิต เริ่มแรก คำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาจำนวนกลุ่มหนึ่งจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ตัวแทนของ “ประชากร” (Population) ของ “โครโมโซม” (Chromosomes) โดยในแต่ละโครโมโซมจะใช้แทนหนึ่งคำตอบที่เป็นไปได้ โครโมโซมเหล่านี้จะผ่านเข้าสู่กระบวนการวิวัฒนาการเป็นประชากรใน “รุ่น” (Generations) ถัดๆไป โครโมโซมรุ่นลูกได้จากผลของ “ปฏิบัติการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์” (Crossover operation) ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ และ “ปฏิบัติการกลายพันธุ์” (Mutation operation) ของยีนส์ใดๆในโครโมโซมรุ่นลูกนั้น กระบวนการวิวัฒนาการนี้จะถูกกำหนดด้วยหลักการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural selection) คือการที่โครโมโซมรุ่นพ่อแม่ใดๆที่มี “ความแข็งแรง” (Fitness) มากกว่าก็ย่อมมีโอกาสมากกว่าที่จะให้กำหนดรุ่นลูก ถ่ายทอดโครโมโซมที่ดีไปสู่รุ่นต่อไป ในขณะที่โครโมโซมใดที่ไม่แข็งแรงเท่าก็มีโอกาสจะหายไป การพิจารณาความแข็งแรงของโครโมโซมใดๆในที่นี้หาได้จากการนำคำตอบที่เป็นโครโมโซมนั้นแทนค่าลงไปใน Objective function แล้วเปรียบเทียบค่าของ Objective function ที่ได้ สุดท้ายจะได้ประชากรรุ่นสุดท้ายที่เป็นกลุ่มโครโมโซมที่เป็นคำตอบของปัญหา ที่แสดงแทน optimal หรือ near-optimal solutions

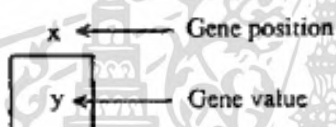
ขั้นตอนที่สำคัญมากอันหนึ่งของ GAs คือ “การเข้ารหัส” (Encoding) ของโครโมโซม เนื่องจากโครโมโซมจะต้องเป็นตัวแทนของคำตอบที่เป็นไปได้ใดๆอันหนึ่ง ลักษณะของโครโมโซมโดยทั่วไปจะใช้แสดงแทนด้วยสายของตัวอักษร (String of characters) ซึ่ง String นี้จะแสดงถึงคำตอบที่เป็นไปได้อันหนึ่งด้วย ดังรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าในโครโมโซมจะประกอบไปด้วย ยีนส์ (Genes) ต่างๆโดยมีค่าของยีนส์ (Gene value) และตำแหน่งของยีนส์ (Gene position) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ (Parent chromosomes) คู่หนึ่งเพื่อให้ได้โครโมโซมรุ่นลูก (Offspring chromosomes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

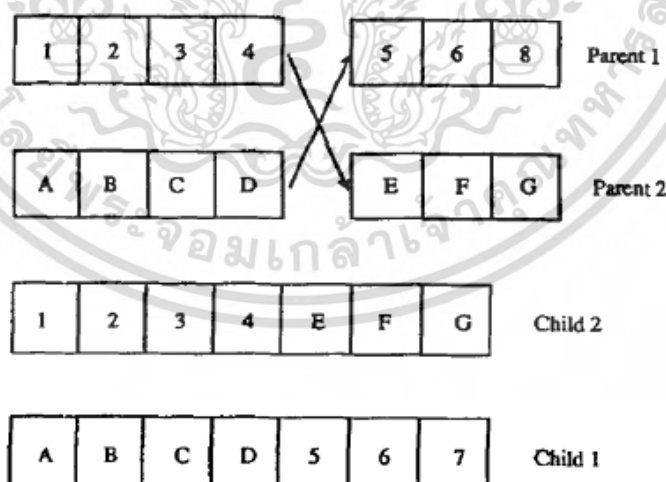
“ปฏิบัติการ” ของ GAs ในระดับโครโมโซมคือ Crossover operation และ Mutation operation บางครั้งอาจทำให้เกิดโครโมโซมรุ่นลูกที่ไม่เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ หรือ illegal schedules ได้เนื่องจาก เช่น ให้กิจกรรมที่ซ้ำกัน หรือละเมิดเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม หรือด้านเวลา หรือด้านข้อจำกัดด้านทรัพยากร ดังนั้นการนำวิธี GAs มาใช้ในการหาคำตอบของโมเดลปัญหาการวางแผนต้องมีส่วนที่จัดการกับคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ที่อาจจะเกิดขึ้นได้เหล่านี้ การที่ต้องจัดการกับ illegal schedules ที่เกิดขึ้นมีผลทำให้เพิ่มเวลาในการค้นหาคำตอบเป็นอย่างมาก

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.70	0.36	0.19	0.24	0.75	0.59	0.85	0.60	0.80	0.02	0.00

Legend:



รูปที่ 2.8 สายของตัวอักษรที่ใช้แสดงแทนโครโมโซม (Chan, Chua, and Kannan 1996)



รูปที่ 2.9 ปฏิบัติการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่เพื่อให้ได้รุ่นลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการหาคำตอบโมเดลปัญหา

โมเดลปัญหาการวางแผนที่พิจารณาความจำกัดของทรัพยากร (Resource-constrained project scheduling problem: RCPS) ดังที่ทบทวนผ่านมาในข้างต้น สามารถจัดได้ว่า RCPS เป็นปัญหาแบบ NP-hard problem (S-S Leu and C-H Yang:1999) ซึ่งหมายถึงว่าเป็นปัญหาที่ต้องใช้ความพยายามและเวลาอย่างมากในการคำนวณหาคำตอบ (NP มาจาก Nondeterministic polynomial time) เนื่องจากมีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution space) ทั้งหมดเป็นจำนวนมากมายมหาศาล วิธีในการหาคำตอบของ RCPS มีอยู่หลากหลายวิธี ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Searching Algorithms และ Constraint Programming ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมและสามารถวิเคราะห์กับโมเดลปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดี

2.3.1 Searching algorithms

Searching algorithms เป็นวิธีการสุ่มเลือกคำตอบใดๆจากคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solutions) ขึ้นมาพิจารณาเปรียบเทียบว่าคำตอบใดดีกว่ากัน โดยจะบังคับทิศทางในการค้นหาคำตอบให้ได้คำตอบที่ดียิ่งขึ้นเรื่อยๆ วิธีการหาคำตอบในกลุ่มนี้ได้แก่ Genetic Algorithms นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการหาคำตอบแบบ Searching algorithms ยังสามารถใช้ได้ดีกับโมเดลปัญหาที่มีหลายเป้าหมาย (Multi-objective function) เนื่องจากให้คำตอบที่เป็น Non-dominated solutions (S-S Leu and C-H Yang:1999) และกับโมเดลปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน การพัฒนาของวิธีการหาคำตอบในกลุ่มนี้คือ ความพยายามลดเวลาที่ใช้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดี และการปรับปรุงคุณภาพของคำตอบที่ได้โดยการหลีกเลี่ยงการติดอยู่ใน local optimal

หากพิจารณาที่คำตอบที่ได้ อาจแบ่งวิธีการหาคำตอบออกเป็นแบบ exact solution methods กับ approximate solution methods (H. Zhang et al.:2005) วิธีการแก้ปัญหาที่ให้คำตอบแบบ exact solution หรือคำตอบที่รับประกันว่าเป็น optimal solution ได้แก่ วิธี linear และ non-linear programming, integer programming, และ constraint programming ส่วนวิธีแบบ approximate solution จะพยายามหาคำตอบที่ดีเท่าที่ทำได้ ซึ่งในปัญหาที่มีขนาดใหญ่ อาจได้คำตอบที่ไม่ใช่ optimal solution เช่น วิธี Genetic algorithms

2.3.2 Constraint programming

Constraint programming (CP) เป็นวิธีการหาคำตอบที่รวมหลักการทางคณิตศาสตร์และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และ Operations research ซึ่ง CP มีจุดเด่นหลายประการ คือ มีวิธีการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพจึงเหมาะกับปัญหาที่จะมีคำตอบที่เป็นไปได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมากมายมหาศาล นอกจากนี้การสร้างโมเดลปัญหาที่ยังสะดวก และมีความยืดหยุ่นสูงต่อข้อจำกัด (constraints) ประเภทต่างๆ ขั้นตอนในการสร้างโมเดลประกอบด้วย problem specification, constraint propagation, และ systematic search strategies เนื่องด้วยจุดเด่นที่สามารถตัดขอบเขตของการค้นหาคำตอบให้แคบลงได้เรื่อยๆ ซึ่งต่างจากวิธีแบบ approximate ที่ค้นหาไปในขอบเขตโดเมนทั้งหมดของตัวแปร เปรียบเสมือนการค้นหาแบบตาบอด เนื่องจากขั้นตอน constraint propagation คือการตรวจสอบความต่อเนื่องของค่าตัวแปรที่เป็นไปได้ด้วย consistency techniques ต่างๆ เช่น node consistency, arc consistency, และ path consistency เพื่อลดขนาดของโดเมน

ปัญหาที่หาคำตอบด้วยวิธี CP นี้เรียกว่า Constraint satisfaction problems (CSP) จัดเป็นปัญหาประเภท combinatorial problems ซึ่งที่ลักษณะทั่วไปของ CSP มีดังนี้มีเซตของตัวแปร ตัดสินใจ $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ และสำหรับแต่ละตัวแปรตัดสินใจ x_i จะมีโดเมน D_i ของแต่ละตัวแปรคือ ค่าที่เป็นไปได้ของแต่ละตัวแปร โดยที่ตัวแปรเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขและความสัมพันธ์ที่กำหนดไว้ในเซตของข้อจำกัด C ดังนั้นคำตอบของปัญหาคือค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่ทำให้เกิด ความสอดคล้องกับข้อจำกัดทุกข้อ CSP สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่มประเภทปัญหา ซึ่งปัญหาการจัดตารางเวลางาน (scheduling) ก็จัดเป็น CSP เช่นกัน

หลักการทั่วไปในการหาคำตอบของวิธี CP คือการจัดการกับ Objective function คล้ายกับเป็น Constraint โดยขอบเขตบนและล่างของ Constraint จะถูกปรับปรุงเมื่อค่า Objective function ที่ดีกว่าถูกค้นพบ ทำให้พื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution space) หดแคบลงเรื่อยๆ จนได้ Optimal solutions ในที่สุด

ในความเป็นจริงแล้วแผนงานของโครงการก่อสร้างหนึ่งมักเป็นโมเดลปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อน อีกทั้งปัจจุบันยังมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปในการวางแผนงานโครงการเช่น Microsoft project ที่มีความโดดเด่นในการวางแผนงานและจัดสรรด้านทรัพยากรโครงการได้ดี ดังนั้นการนำรวมหลักการของ Searching algorithms, Constraint programming, Microsoft project มาใช้ในการหาคำตอบของโมเดลปัญหาโดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่บรรจุอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีความสามารถในด้านการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บน Windows ดูจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถสร้างโมเดลปัญหาที่ซับซ้อนใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อพัฒนาวิธีที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับโมเดลปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่

2.4 ทบทวนวรรณกรรม

การสร้างโมเดลปัญหาด้วยเป้าหมายเพียงเป้าหมายเดียว (Single objective) อาจทำให้แผนงานคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุผลหรือไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงมีงานวิจัยกลุ่มหนึ่งพยายามบูรณาการโมเดลปัญหาการวางแผนหลายเป้าหมายเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ต้องอาศัยการใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการหาคำตอบด้วย เนื่องจากผลที่ได้จะเป็นโมเดลปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก งานวิจัยที่เลือกมาทบทวนดังต่อไปนี้มีความโดดเด่นที่สามารถบูรณาการหลายเป้าหมายเข้าไว้ด้วยกันได้

(S-S Leu and C-H Yang 1999) ได้บูรณาการโมเดลปัญหาการวางแผนงานที่เรียกว่า Multi criteria construction scheduling model ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน (two phases) ที่ต่อเนื่องกัน โดยที่ส่วนแรกได้รวมเอาโมเดลปัญหาแบบ TCT และ Resource Allocation ไว้ด้วยกัน และส่วนที่สองหลังจากที่ได้คำตอบจากส่วนแรกแล้วเป็นโมเดลปัญหาแบบ Resource Leveling

(Hegazy and Ersahin 2001) ได้บูรณาการโมเดลปัญหาการวางแผนงานบนโปรแกรม Spreadsheet ที่ใช้งานง่ายและเหมาะสมแม้กับบริษัทก่อสร้างขนาดกลางและเล็ก โมเดลปัญหาได้รวมเอาทั้ง TCT, Resource Allocation, Resource Leveling และ Cash Flow ไว้ด้วยกันเรียกว่า Overall scheduling model ซึ่งมี Objective function เป็นการ Minimize total project cost โดยที่เทอม total project cost ได้สะท้อนเป้าหมายทุกด้านดังกล่าวเข้าไว้ด้วยกัน ด้วยการใช้หลักการจ่าย ค่า penalty จึงสามารถแปลงเป้าหมายด้านต่างๆมาเป็นรูป project cost หรือจำนวนเงินที่สามารถรวมกันได้ มี Decision variables เป็น “ทางเลือก” (options) ของวิธีการดำเนินงาน (execution methods) ของกิจกรรม และ “ระยะเวลาเลื่อน” (delay) ของวันเริ่มของกิจกรรม ซึ่งรวมแล้วมีจำนวน Decision variables ทั้งหมดเท่ากับสองเท่าของจำนวนกิจกรรมก่อสร้าง

(Elazouni and Fikry G. Metwally 2004) ได้สร้างโมเดลที่บูรณาการ Resource Allocation, Resource Leveling และ Cash Flow โดยให้ Objective function เป็นการ Maximize total project profit ที่ได้สะท้อนเป้าหมายด้านต่างๆดังกล่าวด้วยการใช้ penalty เพื่อแปลงทุกเทอมให้อยู่ในรูป project cost ที่รวมกันได้ (คล้ายกับหลักการของ (Hegazy and Ersahin 2001)) งานของ (S-S Liu and Wang 2008) ที่มีความใกล้เคียงได้สร้างโมเดลที่บูรณาการ Resource Allocation, Resource Leveling และ Cash Flow โดยให้ Objective function เป็นการ Maximize total project profit แต่ได้เสนอวิธีการหาคำตอบที่แตกต่างกัน

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 แนวคิดและหลักการ

โมเดลปัญหา ICRPSP เป็นการนำรวมเทคนิคโมเดลปัญหา 2 ส่วน คือ โมเดลปัญหาทางด้านต้นทุนค่าใช้จ่าย (TCT) และ โมเดลปัญหาข้อจำกัดด้านทรัพยากรในโครงการ (Resource-constrained project scheduling problem: RCPSP) เข้าไว้ด้วยกัน

โมเดลปัญหา TCT เป็นโมเดลที่สร้างขึ้นเพื่อจัดการกับประเด็นความไม่แน่นอนของค่าระยะเวลาและค่าต้นทุนของกิจกรรมที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญของโมเดล ความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมก่อสร้างต่างๆนั้นเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ว่าเป็นอยู่จริงดังนั้นโมเดลปัญหา TCT ที่พิจารณาค่าระยะเวลาและค่าต้นทุนของกิจกรรมตามความไม่แน่นอนเหล่านี้ จึงเป็นสิ่งที่สมเหตุผล แต่อย่างไรก็ตามโมเดลเหล่านี้ก็ต้องสมมติค่าความไม่แน่นอนของแต่ละกิจกรรมว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นค่าที่ไม่อาจวัดได้

สำหรับโมเดลปัญหา RCPSP ออกได้เป็น Resource allocation และ Resource leveling นั้นมีจุดร่วมกันบางประการคือ ใช้ตัวแปรตัดสินใจเป็นการกำหนดหาวันเริ่มของกิจกรรมต่างๆ (Activity's start time) แต่สำหรับจุดที่ต่างกันก็มีลักษณะในทางที่เป็นคู่ตรงข้ามกันเท่านั้นคือ ปัญหา Resource allocation ต้องการ Minimize ระยะเวลาโครงการ โดยกำหนดให้จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่เป็นค่าจำกัดคงที่ ในขณะที่ปัญหา Resource leveling ต้องการ Minimize ความผันผวนของระดับการใช้ทรัพยากร (ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องให้จำนวนความต้องการการใช้ทรัพยากรต่ำที่สุด) โดยกำหนดให้ระยะเวลาโครงการเป็นค่าจำกัดคงที่

3.2 สมการโมเดลปัญหา

ส่วนประกอบหลักของโมเดลปัญหา แบ่งเป็น 3 ส่วนเหมือนกับโมเดลปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยทั่วไป (Optimization problems) คือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint functions) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ตัวแปรตัดสินใจ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเวลาเริ่มของกิจกรรม (Activity's start time) และกลุ่มทางเลือกวิธีการดำเนินงาน โดยกลุ่มเวลาเริ่มของกิจกรรมจะเป็นค่าคำตอบที่ใช้กำหนดเวลาของแผนงาน มีค่าเป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ซึ่งเวลาเริ่มของกิจกรรมจะเป็นไปตามเงื่อนไขของความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่กำหนด เพื่อคำนวณหาระยะเวลารวมของโครงการโดยวิธีสายงานกิจกรรมวิกฤต ซึ่งการกำหนดเวลาเริ่มของกิจกรรมยังขึ้นอยู่กับการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decision variables: S_i = เวลาเลื่อน (Shifting time) ของกิจกรรมที่ i

$$ST_i = ES_i + S_i \quad (3.1)$$

โดยให้ ST_i = เวลาเริ่ม (Start time) ของกิจกรรมที่ i

S_i = เป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

ส่วนตัวแปรตัดสินใจกลุ่มทางเลือกวิธีการดำเนินงาน เป็นการกำหนดให้กิจกรรมก่อสร้างหนึ่งกิจกรรมสามารถมีทางเลือกในการดำเนินงานได้ 2 ทางเลือก คือ เวลาปกติ (Normal duration) และเวลาเร่งรัด (Compressed duration) ในแต่ละทางเลือกประกอบด้วย เวลา ค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวัน และจำนวนทรัพยากรที่ใช้ต่อวัน ตัวแปรตัดสินใจกลุ่มนี้มีผลทำให้เกิดการจัดลำดับแผนตารางเวลายางานในรูปแบบต่างๆตามเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม

2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กำหนดให้เป็นแบบ Multi-objective ซึ่งเป็นการบูรณาการเป้าหมายด้านการบริหารทรัพยากรหลักหลายด้านของโครงการเข้าด้วยกันประกอบด้วย ต้นทุนทั้งหมดของโครงการ (Total project cost: TC) และการจัดการทรัพยากร (Resource allocation) โดยมีเป้าหมายเพื่อหากำไรที่เกิดขึ้นสูงสุด (3.2)

$$Max. Profit = G \pm B/P - Q \quad (3.2)$$

โดยให้ G = กำไรขั้นตอนของในแต่ละทางเลือก

B = โบนัสจากการทำงานเสร็จเร็วกว่ากำหนด

P = ค่าปรับจากงานล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนด

Q = ค่าปรับที่ใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด

โมเมนต์รอบแกน x หรือ Minimum moment method (M_x) คือผลรวมกำลังสองของจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน ซึ่งการเลื่อนกิจกรรมที่ไม่วิกฤตแต่ละครั้งค่า M_x ภายหลังการเลื่อนควรมีค่าลดลง โดยค่า M_x ที่น้อยที่สุดจะทำให้ Resource profile มีลักษณะเข้าใกล้รูปทรงสี่เหลี่ยม (3.3)

$$M_x = \sum_{j=1}^n (R_j)^2 \quad (3.3)$$

ความต้องการใช้ทรัพยากรโดยเฉลี่ยในแต่ละวัน คือผลรวมจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันของกิจกรรมก่อสร้างทั้งหมดหารด้วยระยะเวลาโครงการ สมการ (3.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{avg} = \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{n} \quad (3.4)$$

โมเมนต์รอบแกน y คือผลรวมกำลังสองของจำนวนการใช้ทรัพยากรเฉลี่ยในแต่ละวันที่ระยะเวลาโครงการหนึ่ง สมการ (3.5)

$$M_{x(min)} = n(R_{avg})^2 \quad (3.5)$$

ค่าปรับที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรเกินกว่ากำหนด คือสัดส่วนของผลต่างระหว่างโมเมนต์รอบแกน x กับ โมเมนต์รอบแกน y ต่อโมเมนต์รอบแกน y โดยให้ U = ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินที่มีอยู่ สมการ (3.6)

$$Q = \frac{M_x - M_{x(min)}}{M_{x(min)}} \times U \quad (3.6)$$

3. ฟังก์ชันข้อจำกัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ เงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และกลุ่มขีดจำกัดของทรัพยากรหลัก ดังนี้

Subject to 1: กลุ่มเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบ Finish-to-Start (FS) ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณค่าเวลาต่างๆของกิจกรรม ด้วย CPM

FS: $ST_i \geq FT_h; \forall h$

$$FT_i \geq ST_i + D_i + Lag_i$$

Subject to 2: กลุ่มขีดจำกัดของทรัพยากรหลักได้แก่ เวลา ทรัพยากรดำเนินงาน และวงเงินเครดิต

เวลา $Max[EF_i] \leq T; \forall i$

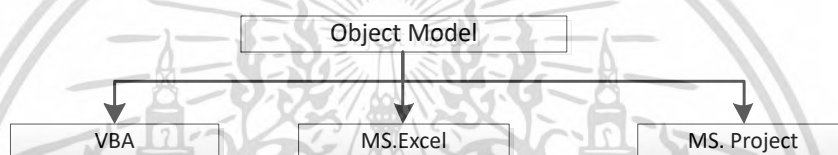
ทรัพยากรดำเนินงาน $\sum_i rr_{ikt} \leq RR_k; \forall t$

วงเงินเครดิต $Max(F_t) \leq CL$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างแบบจำลองโมเดลเชิงวัตถุ

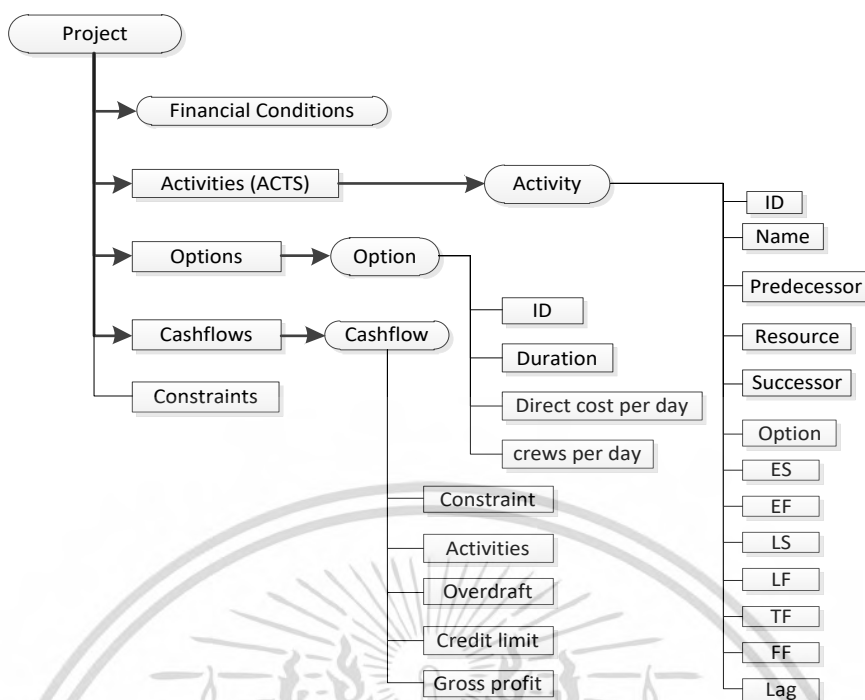
โมเดลปัญหาที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จัดทำบนโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปประเภท Spreadsheet โดยใช้ Visual Basic for Application (VBA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่อยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการควบคุมการทำงานและการวิเคราะห์ประมวลผลตามหลักของการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming: OOP) งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ 3 เครื่องมือในวิเคราะห์และแสดงผลประกอบด้วย 1.โปรแกรม Microsoft Excel 2. VBA และ 3. Microsoft Project ดังรูปที่ 3.1 เพื่อให้การเขียนโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคตได้ จึงจำเป็นต้องออกแบบโมเดลในแต่ละส่วนให้สามารถรับข้อมูลให้มีความสัมพันธ์กัน อีกทั้งยังเป็นการป้องกันการนำเข้าข้อมูลที่ซ้ำซ้อนอันเนื่องมาจากผู้ใช้งานเอง และลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการคำนวณผลด้วย มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 แบบจำลองโมเดลในการเขียนโปรแกรมโดย VBA ตามหลักการของ OOP (1)

3.3.1 โมเดลเชิงวัตถุของ Visual Basic for Application (VBA)

แนวคิดโมเดลในการเขียนโปรแกรมด้วย VBA โดยจะแยกโครงสร้างของปัญหาออกเป็น Object ในแต่ละ Object จะมีคุณสมบัติ(Property) ฟังก์ชัน (Function) และวิธีการ (Method) ตามหลัก OOP ซึ่งหลักการ OOP จะสร้างต้นแบบวัตถุหรือคลาสโมดูล (Class module) ของกิจกรรมดังรูป 3.2 โดยในโครงการหนึ่ง จะมีคลาสชื่อ Financial Conditions ซึ่งเป็นคลาสที่ทำหน้าที่รับข้อมูลนำเข้าเงื่อนไขทางการเงิน และจะมี 3 คลาสที่เป็นประเภท Collections คือ กลุ่มกิจกรรม (Activities) กลุ่มทางเลือก (Options) และกลุ่มกระแสเงินสด (Cash flow) ซึ่งคลาสประเภท Collections นี้จะสามารถเก็บตัวแปรสมาชิกย่อยได้เป็นจำนวนมาก และในแต่ละสมาชิกย่อยนั้นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะประเภทของกลุ่มวัตถุ เช่น คลาสทางเลือก (Option) ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มทางเลือก (Options) ในแต่ละทางเลือกจะประกอบด้วยคุณสมบัติที่กำหนดให้ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ เช่น ระยะเวลา (Duration) ค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวัน (Direct cost per day) และ จำนวนแรงงานต่อวัน (Number of crews per day) จะเห็นว่าเราสามารถกำหนดทางเลือกได้มากกว่าสองทางเลือก เพื่อเปิดโอกาสให้นักพัฒนาโปรแกรมนำไปประยุกต์เพิ่มต่อไปในอนาคตได้



รูปที่ 3.2 แบบจำลองโมเดลในการเขียนโปรแกรมโดย VBA ตามหลักการของ OOP (2)

```

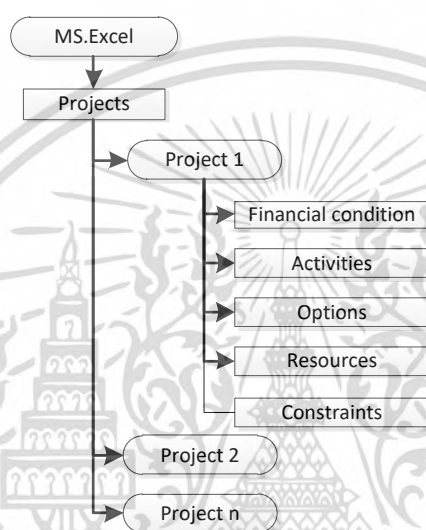
Option Explicit
Private itemCollection As Collection
Function Add(iModel As IPModel, Optional Key As String)
    If Key = "" Then
        itemCollection.Add iModel
    Else
        itemCollection.Add iModel, CStr(Key)
    End If
End Function
Function Count() As Long
    Count = itemCollection.Count
End Function
Public Function Item(ByVal v As Variant) As IPModel
    Set Item = itemCollection.Item(v)
End Function
Public Sub Remove(Index)
    itemCollection.Remove Index
End Sub
Private Property Get NewEnum() As IUnknown
    Set NewEnum = itemCollection.[_NewEnum]
End Property
  
```

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่าง Source Code VBA การสร้าง Class Module ตามหลักการ OOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Excel

โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Excel จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามาเป็นหลัก ซึ่งการออกแบบจะสามารถรับข้อมูลได้หลายโครงการ (Projects) โดยในแต่ละโครงการ (Project) จะประกอบด้วย 5 ส่วน คือ 1. เงื่อนไขทางการเงิน (Financial condition) 2. กิจกรรมก่อสร้าง (Activities) 3. ทางเลือกวิธีการดำเนินงาน (Options) 4. ประเภททรัพยากร (Resources) และ 5. เงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Constraints) ดังรูป 3.4 เพื่อใช้ในการออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งานต่อไป



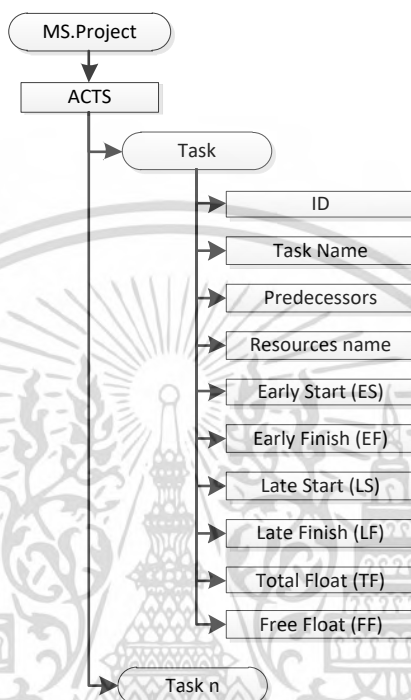
รูปที่ 3.4 โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Excel ตามหลักการของ OOP

3.3.3 โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Project

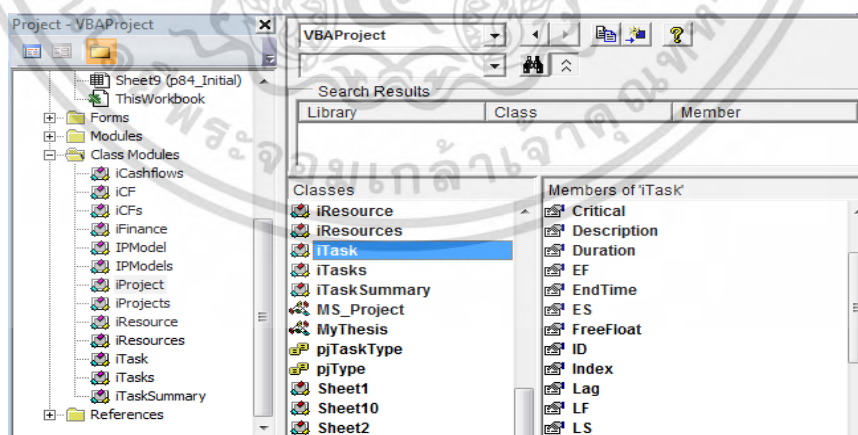
โมเดลส่วนนี้เป็นการออกแบบเพื่อใช้ในการประมวลผลการจัดตารางแผนงานเวลา (Scheduling) ซึ่ง VBA จะควบคุมการทำงานของโปรแกรม Microsoft Project ผ่านโครงสร้างโมเดลนี้ โดยรับค่าจากข้อมูลนำเข้าและผ่านกระบวนการ GAs จะได้คำตอบที่อยู่ในรูปของชุดคำตอบที่จัดเรียงลำดับตามกิจกรรมก่อสร้างโดยแทนกิจกรรมด้วยตัวเลขจำนวนเต็มระยะเวลาในการดำเนินงาน โดยคลาสโมดูลที่ชื่อ ACTS ซึ่งเป็นคลาสประเภท Collection Class เป็นตัวเก็บข้อมูลจำนวนกิจกรรมทั้งหมดของโครงการในแต่ละคำตอบ และในแต่ละคลาส ACTS จะประกอบด้วยจำนวนกิจกรรมย่อยที่ชื่อ Task เป็นตัวเก็บข้อมูลจำเพาะของแต่ละกิจกรรมย่อย โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.5 และ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ Class module สำหรับการทำงานร่วมกันกับโปรแกรม Microsoft project จะกำหนด Class ชื่อ ACTS ซึ่งเป็นคลาสประเภท Collection เพื่อเก็บข้อมูลของแต่ละกิจกรรมย่อย (Task) โดยในแต่ละ Task จะกำหนดคุณสมบัติ (Property) ที่มีลักษณะเหมือนกับโปรแกรม Microsoft project ดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 โมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Project ตามหลักการของ OOP



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการสร้าง Class Module ของ iTask และ Member of iTask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างพื้นที่สูตรคำนวณ

การออกแบบหน้าจอสําหรับผู้ใช้งานบนตารางคำนวณแผนงานหลัก โดยแบ่งพื้นที่ข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน ตามโมเดลเชิงวัตถุของ Microsoft Excel ที่กล่าวมาข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้ คือ

ID	Activity	Predecessor	Normal durations		Compressed durations		Resource Name
			Duration	Direct cost per day	Duration	Direct cost per day	
1	A		6	2,000	4	4,000	Formwork
2	B		3	3,000	2	5,000	Formwork
3	C	2	6	4,000	4	7,000	Rebar
4	D	1	3	2,000	3	4,000	Rebar
5	E	3,4fs+1	1	3,000	6	7,000	Mason

รูปที่ 3.7 รูปแบบการนำเข้าข้อมูลโมเดลปัญหาของตารางคำนวณแผนงานหลัก

3.4.1 ข้อมูลนำเข้าเงื่อนไขทางการเงิน (Financial Conditions)

การนำเข้าข้อมูลเงื่อนไขทางการเงินสามารถเพิ่มหรือแก้ไขได้ผ่านตารางคำนวณแผนงานหลัก (Main worksheet) เงื่อนไขทางการเงินโดยทั่วไปแล้วจะขึ้นอยู่กับประเภทของสัญญาก่อสร้าง งานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในกรณีสัญญาที่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้าและไม่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้า ซึ่งโดยปกติแล้วข้อมูลเงื่อนไขทางการเงินจะอยู่ในเอกสารสัญญาก่อสร้างหรือสัญญา กู้เงินจากสถาบันการเงิน ข้อมูลด้านการเงินจะเป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณกระแสเงินสดเพื่อให้ทราบถึงยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและกำไรขั้นต้น ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มและแก้ไขข้อมูล ผ่านตารางคำนวณแผนงานหลักใน Microsoft Excel ดังรูป 3.8 โดยมีรายการต่างๆ ดังนี้

Finance Conditions

Billing Period	5 Day	Delay Penalty	350 Bath/Day
Advance payment	15% %	Retainage	15% %
Overhead	1,000 Bath/Day	Mark-up	5% %
Bonus	300 Bath/Day	Loan	1% %
Resource Penalty	3,500 Bath/Day	Deposit	0.5% %

รูปที่ 3.8 การนำเข้าข้อมูลเงื่อนไขทางการเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขด้านการเงินประกอบด้วย 10 ส่วนดังนี้

- 1) ระยะเวลาวางบิล (Billing period)
- 2) เงินเบิกจ่ายล่วงหน้า (Advance payment)
- 3) ค่าใช้จ่ายทางอ้อมหรือค่าเสียหาย (Overhead)
- 4) โบนัส (Bonus) กรณีที่ทำงานแล้วเสร็จเร็วกว่าแผนงานตามสัญญา
- 5) ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินที่มีอยู่ (Resource Penalty)
- 6) ค่าปรับเนื่องจากทำงานล่าช้ากว่าแผนที่วางไว้ (Delay Penalty)
- 7) เงินประกันผลงาน (Retainage)
- 8) กำไร (Mark-up)
- 9) ดอกเบี้ยเงินกู้ (Loan)
- 10) ดอกเบี้ยเงินฝาก (Deposit)

3.4.2 ข้อมูลนำเข้ากิจกรรมก่อสร้าง (Activities)

การนำเข้าข้อมูลกิจกรรมก่อสร้างสามารถเพิ่มหรือแก้ไขได้ผ่านตารางแผนงานหลัก (Main worksheet) ดังรูป 3.9 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. หมายเลขกิจกรรม (ID) 2.ชื่อกิจกรรม (Activity) และ 3.ความสัมพันธ์ของกิจกรรมก่อนหน้า (Predecessors) ที่สามารถกำหนดได้ 4 รูปแบบ คือ เริ่มไปเริ่ม (SS) เริ่มไปเสร็จ (SF) เสร็จไปเริ่ม (FS) และเสร็จไปเสร็จ (FF) โดยการกำหนด ID ของกิจกรรมก่อนหน้าแล้วตามด้วยรูปแบบความสัมพันธ์นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเงื่อนไขความสัมพันธ์แบบพิเศษที่สามารถกำหนดความล่าช้า (Lag) ให้กับกิจกรรมได้(ตัวอย่างเช่นกิจกรรม E มีกิจกรรมเริ่มก่อนหน้าเป็น 3,4FS+1 หมายถึง กิจกรรม E จะมีกิจกรรมก่อนหน้าคือ C และ D แบบความสัมพันธ์เสร็จไปเริ่ม แต่กิจกรรม D จะมีเงื่อนไขพิเศษเพิ่มมาอีกหนึ่งวันคือกิจกรรม D ต้องแล้วเสร็จก่อนและทิ้งช่วงอีก 1 วันถึงจะเริ่มกิจกรรม E ได้)ซึ่งการออกแบบโมเดลปัญหาที่มีความยืดหยุ่นทำให้สามารถสร้างแผนงานได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

Activities			Normal durations			Compressed durations			Resource Name
			Duration	Direct cost per day	Number of crews per day	Duration	Direct cost per day	Number of crews per day	
1	A		6	2,000	6	4	4,000	9	Formwork
2	B		3	3,000	7	2	5,000	8	Formwork
3	C	2	6	4,000	4	4	7,000	7	Rebar
4	D	1	5	2,000	5	3	4,000	8	Rebar
5	E	3,4FS+1	2	3,000	6	1	7,000	8	Mason

รูปที่ 3.9 กำหนดข้อมูลนำเข้ากิจกรรมก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ทางเลือกวิธีการดำเนินงาน (Options)

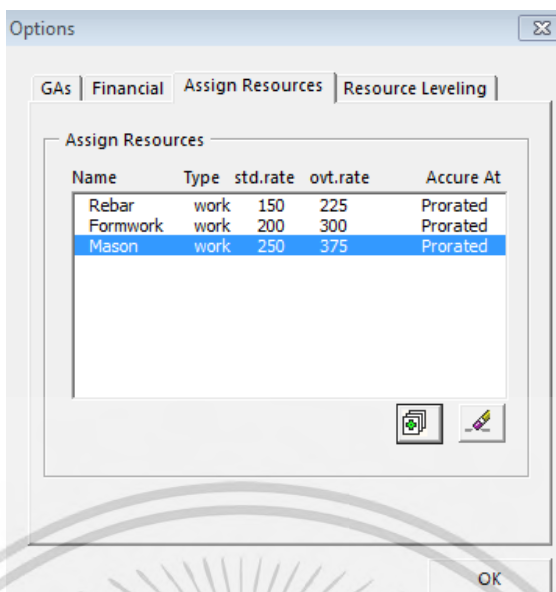
รูปแบบนำเข้าข้อมูลจะคล้ายกับโมเดลปัญหาของ TCT คือในแต่ละกิจกรรมจะมี “วิธีดำเนินการ” (Execute method) อยู่ 2 ทางเลือก (Option) คือ แบบระยะเวลาปกติ (Normal duration) และ แบบเร่งรัดเวลา (Compressed duration) ในแต่ละทางเลือกจะประกอบไปด้วย ระยะเวลา (duration) ค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวัน (Direct cost per day) จำนวนทรัพยากรดำเนินงาน ในแต่ละวัน (Number of crews per day) ดังรูปที่ 3.10

ID	Activity	Predecessor	Option 1			Option 2			Resource Name
			Duration	Direct cost per day	Number of crews per day	Duration	Direct cost per day	Number of crews per day	
1	A		6	2,000	6	4	4,000	9	Formwork
2	B		3	3,000	7	2	5,000	8	Formwork
3	C	2	6	4,000	4	4	7,000	7	Rebar
4	D	1	5	2,000	5	3	4,000	8	Rebar
5	E	3,4FS+1	2	3,000	6	1	7,000	8	Mason

รูปที่ 3.10 การนำเข้าข้อมูลทางเลือกวิธีดำเนินงาน

3.4.4 ประเภทของทรัพยากร (Resources)

เป็นขั้นตอนกำหนดประเภทของทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งหมดในโครงการ โดยการ Click ปุ่ม ทางเลือก (Options) จะแสดงฟอร์มผู้ใช้งานขึ้นมาจากนั้นเลือกแถบ (tab) ที่ชื่อ Assign Resources จะแสดงหน้าจอ ดังรูป 3.11 ทำการเพิ่มทรัพยากรโดยการเลือกปุ่ม Add ที่มุมล่างขวา จะแสดง หน้าต่าง Assign Resource ขึ้นมา โดยในแต่ละประเภททรัพยากรประกอบด้วยข้อมูล 6 ส่วน คือ 1. ชื่อทรัพยากร (Name) 2. ประเภทของทรัพยากร (Type) แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ 1.Work 2. Material และ 3. Cost ซึ่งแบ่งออกเป็นค่าใช้จ่ายมาตรฐาน (Std. Rate) 4. ค่าใช้จ่ายล่วงหน้า (Ovt. Rate) 5. ค่าใช้จ่ายต่อการใช้ทรัพยากร (Cost/Used) และ 6. รูปแบบการจ่ายเงินของทรัพยากร (Accure At) มี 3 รูปแบบคือ จ่ายเมื่อตอนเริ่มกิจกรรม (Start) จ่ายเมื่อดำเนินงาน (Prorated) และ จ่ายเมื่อกิจกรรมแล้วเสร็จ (End) ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะเป็นต้นทุนในการนำไปคิดค่าใช้จ่ายทางตรง การกำหนดค่าต่างๆเหล่านี้มีการออกแบบกล่องโต้ตอบให้สามารถกำหนดข้อมูลได้ง่าย สามารถเพิ่มหรือลบข้อมูลได้สะดวก เพื่อนำไปกำหนดให้กับกิจกรรมก่อสร้างในลำดับต่อไป

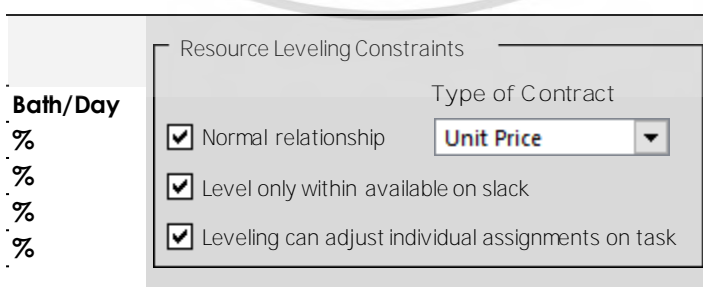


Name	Type	std.Rate	Ovt.Rate	Cost/Used	Accure At
Rebar	Work	150	225	-	Prorated
Formwork	Work	200	300	-	Prorated
Mason	Work	250	375	-	Prorated

รูปที่ 3.11 การเพิ่มประเภทของทรัพยากรในโครงการ

3.4.5 เงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Resource Constraints)

เป็นการกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์โมเดลปัญหา โดยมีตัวแปรตัดสินใจเป็นเวลาเริ่มของกิจกรรม (Activity's start time) ซึ่งเวลาเริ่มของกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม มีผลทำให้ระยะเวลาโครงการมีการเปลี่ยนแปลงอีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นอีกด้วย การกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร สามารถกำหนดได้ 3 รูปแบบโดยผ่านช่องทำเครื่องหมาย (Checkbox) ดังรูปที่ 3.12 คำอธิบายในแต่ละทางเลือกมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.12 การกำหนดข้อจำกัดด้านทรัพยากรให้กับโครงการ

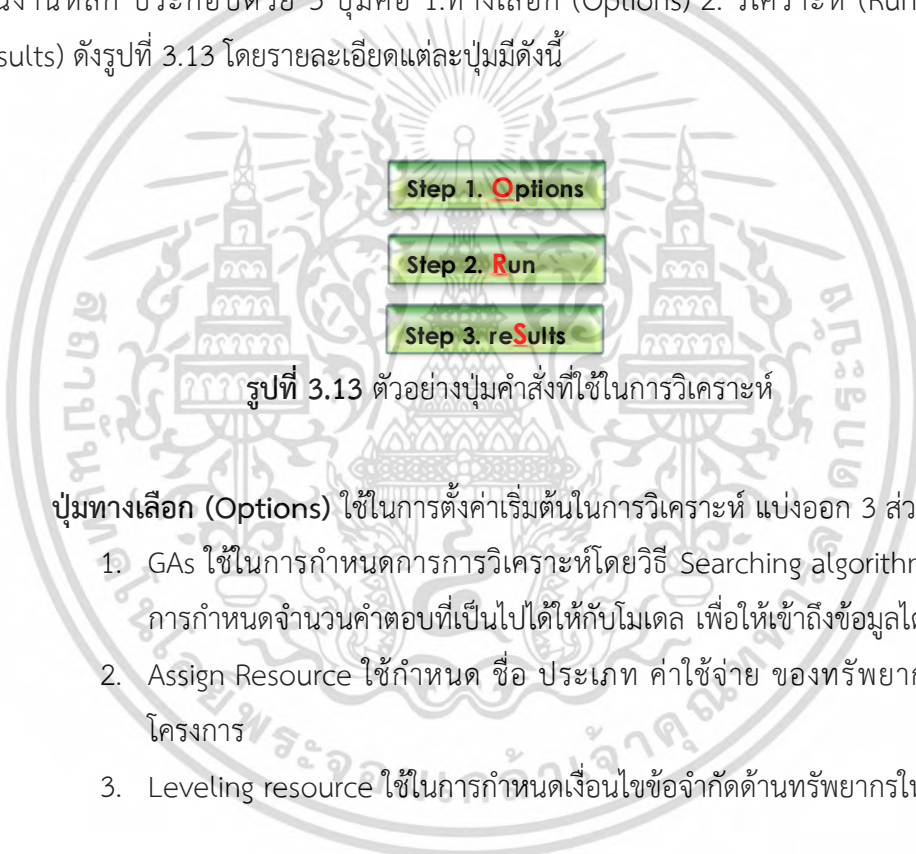
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Normal relationship กรณีวางแผนงานตามความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบปกติโดยไม่มีการจัดสรรทรัพยากร

2. Leveling only within available on slack กรณีเลือกช่องนี้เป็นการพยายามลดความต้องการทรัพยากรในช่วงที่มีความต้องการสูง โดยการเลื่อนงานที่ไม่ใช่งานวิกฤตออกไป ภายในช่วงเวลายืดหยุ่นของมัน ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาของโครงการ

3. Leveling can adjust individual assignments on task กรณีเลือกช่องนี้เป็นการทำการเลื่อนกิจกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันออกไป เพื่อไม่ให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกันในวันเวลาเดียวกัน มีผลทำให้ระยะเวลารวมโครงการมีการเปลี่ยนแปลง

นอกจากนี้ยังเพิ่มเครื่องมือในการวิเคราะห์และแสดงผล ซึ่งจะอยู่บนมุมด้านขวาของตารางแผนงานหลัก ประกอบด้วย 3 ปุ่มคือ 1.ทางเลือก (Options) 2. วิเคราะห์ (Run) 3.แสดงผล (Results) ดังรูปที่ 3.13 โดยรายละเอียดแต่ละปุ่มมีดังนี้



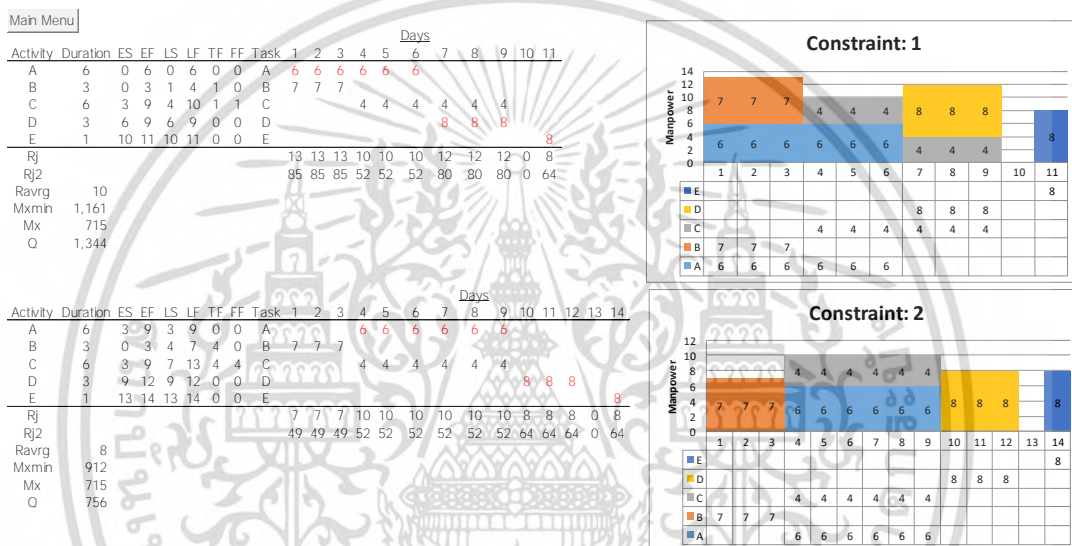
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างปุ่มคำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์

- **ปุ่มทางเลือก (Options)** ใช้ในการตั้งค่าเริ่มต้นในการวิเคราะห์ แบ่งออก 3 ส่วนคือ
 1. GAs ใช้ในการกำหนดการวิเคราะห์โดยวิธี Searching algorithms ซึ่งจะเป็นการกำหนดจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ให้กับโมเดล เพื่อให้เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว
 2. Assign Resource ใช้กำหนด ชื่อ ประเภท ค่าใช้จ่าย ของทรัพยากรทั้งหมดในโครงการ
 3. Leveling resource ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรให้กับโครงการ
- **ปุ่มวิเคราะห์ (Run)** เป็นกระบวนการในการหาคำตอบทั้งหมดของปัญหาซึ่งประกอบด้วยการคำนวณในส่วนต่างๆ 5 ส่วน ดังนี้
 1. การคำนวณหาจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้โดยวิธีทางพันธุกรรม (GAs)
 2. การคำนวณแผนงานโครงการด้วยวิธี (CPM)
 3. การจัดสรรทรัพยากร/การปรับระดับทรัพยากร (Resource allocation/Resource Leveling)
 4. การคำนวณกระแสเงินสดโครงการ (Project cash flow)

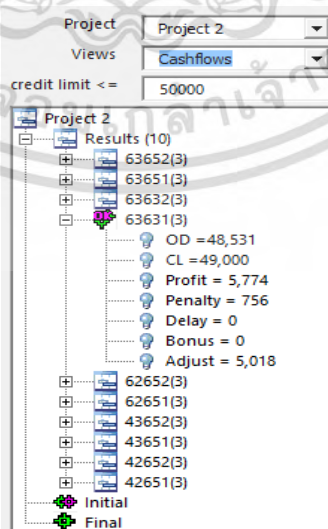
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การคำนวณค่าปรับด้านทรัพยากรที่เกินกว่าขีดจำกัด (Unleveled resource constraints)

- **ปุ่มแสดงผล (Results)** ปุ่มนี้จะใช้แสดงผลหลังจากได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จแล้ว ซึ่งจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาอยู่ในกล่องรายการโดยรายการแสดงผลนี้สามารถเลือกดูผลของแต่ละชุดคำตอบได้ทั้ง ตารางคำนวณกระแสเงินสด ตารางการจัดสรรทรัพยากร กราฟกระแสเงินสด และตารางสรุปผลคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งผลของชุดคำตอบจะจัดให้อยู่ในแต่ละแผนงาน โดยตั้งชื่อแผนงานตามชุดคำตอบ อีกทั้งยังสามารถกำหนดวงเงินเครดิตที่ต้องการผ่านกล่องรายการแสดงผลได้ และยังสามารถเลือกดูแผนงานในรูปแบบ Microsoft Project ได้ด้วยดังแสดงรูปที่ 3.14 และ 3.15



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างแสดงผลตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ

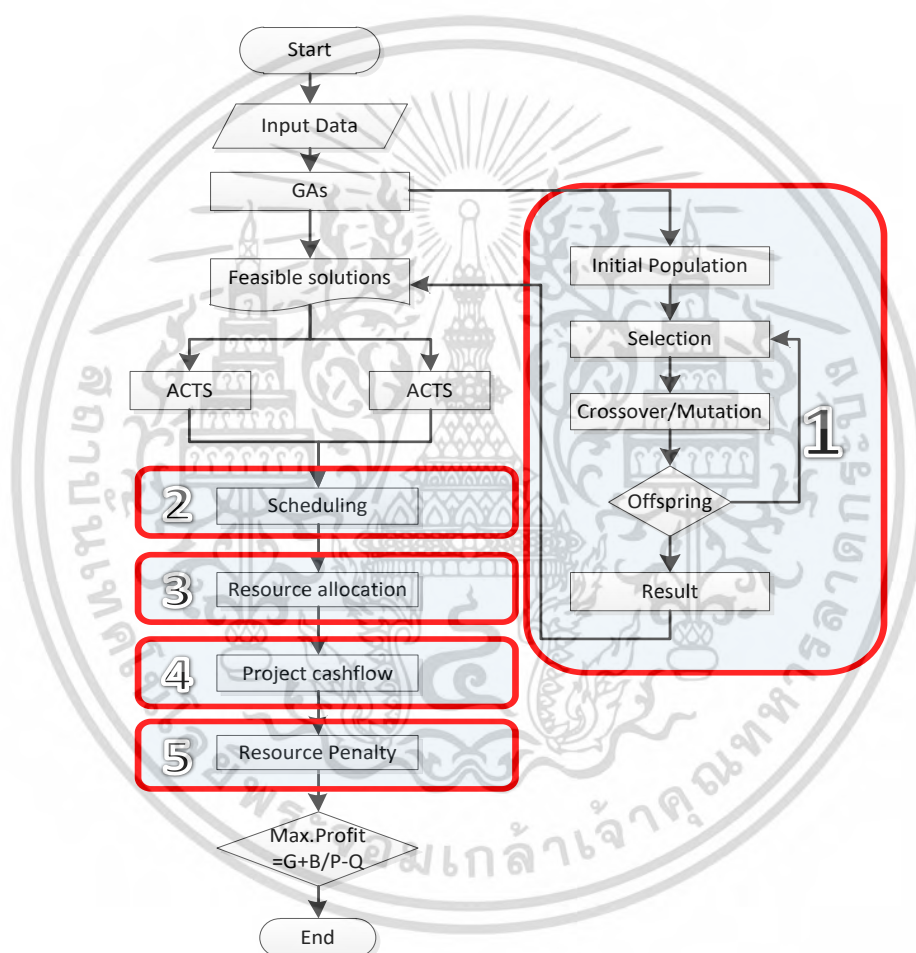


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างหน้าจอหลักในการเลือกแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การหาคำตอบของโมเดลปัญหา

ขั้นตอนการหาคำตอบของโมเดลปัญหา เริ่มจากการรับข้อมูล (Input data) โดยผ่านพื้นที่ตารางแผนงานหลักที่มีการออกแบบให้ผู้ใช้งานนำเข้าข้อมูลตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4 จากนั้นใช้หลักการ GAs ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ซึ่งเป็นตัวแทนของคำตอบทั้งหมด คำตอบที่ได้จะอยู่ในรูปของการจัดเรียงลำดับของเวลาเริ่มของแต่ละกิจกรรมซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มแทนระยะเวลาดำเนินงานกิจกรรม (ACTS) ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำแต่ละชุดคำตอบวิเคราะห์ปัญหาในด้านต่างๆ มี 5 ขั้นตอน ซึ่งมีกระบวนการตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.16 โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.16 แผนผังแสดงขั้นตอนในการหาคำตอบของโมเดลปัญหา

1. GAs หาคำตอบที่เป็นไปได้โดยวิธี Genetic algorithms
2. Scheduling คำนวณตารางแผนงานเวลาตามเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม ซึ่งอยู่ในรูปแผนตารางเวลางาน (Gantt chart) บน Microsoft Project
3. Resource allocation ใช้ในการจัดสรรทรัพยากรและปรับระดับทรัพยากร โดยนำเอาทรัพยากรประเภทแรงงานเข้ามาพิจารณา ซึ่งในแต่ละทางเลือกสามารถกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดได้ 3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ คือ แบบปกติ แบบขยายเวลาโครงการเพื่อไม่ให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกัน และเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวออกไป ซึ่งจะได้แผนงานที่ผ่านการจัดสรรทรัพยากรและนำไปคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อไป

4. Project Cash Flow เป็นการคำนวณหายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด และกำไรขั้นต้น (G) จากขั้นตอนที่ 3 ตามเงื่อนไขทางการเงินและจำนวนเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร
 5. Resource Penalty คำนวณค่าปรับด้านทรัพยากรที่มีการใช้เกินขีดจำกัด
- ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผล โดยการนำข้อมูลทุกๆค่าตอบที่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วเลือกทางเลือกที่ได้กำไรขั้นสุดท้ายสูงสุด โดยจะต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่ผู้ใช้งานกำหนด

3.5.1 หาชุดคำตอบที่เป็นไปได้โดยวิธี Genetic algorithms (GAs)

วิธีการหาคำตอบแบบ Genetic algorithms (GAs) ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่ค้นหาสุ่มตามโอกาส หมายถึงคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาจำนวนกลุ่มหนึ่งจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ตัวแทนของ "โครโมโซม" ของ "ประชากร" โดยในแต่ละโครโมโซมจะใช้แทนหนึ่งคำตอบที่เป็นไปได้ จากตัวอย่างงานวิจัยใช้ตัวอย่างกิจกรรมย่อย 5 กิจกรรม ให้เป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรและแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Parent 1 และ Parent 2 ซึ่งให้เป็นตัวแทนของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ โดยให้โครโมโซม Parent 1 แทนวิธีดำเนินงานของทางเลือก "เวลาปกติ" (Normal durations) และโครโมโซม Parent 2 แทนวิธีดำเนินงานของทางเลือก "เวลาเร่งงาน" (compressed durations) โดยมีกิจกรรม (Activity) แสดงตำแหน่งของยีนส์ (Gene position) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ (Parent chromosomes) คู่หนึ่งเพื่อให้ได้โครโมโซมรุ่นลูก (Offspring chromosomes) และ ค่าของยีนส์ (Gene value) แสดงระยะเวลาในแต่ละทางเลือกของวิธีดำเนินการ ดังรูปที่ 3.17

	A	B	C	D	E	← กิจกรรม (Activity)
Parent 1:	6	3	6	5	2	← เวลาปกติ (Normal durations)

	A	B	C	D	E	← กิจกรรม (Activity)
Parent 2:	4	2	4	3	1	← เวลาเร่งงาน (Crash durations)

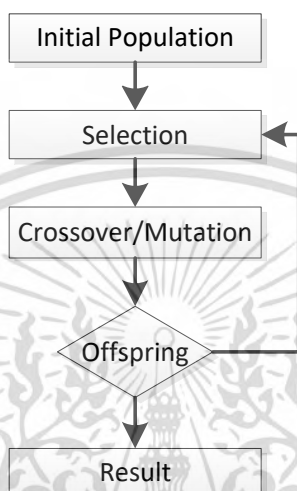
Legend:

A	← ตำแหน่งของยีนส์ (Gene position)
6	← ค่าของยีนส์ (Gene value)

รูปที่ 3.17 สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้แสดงแทนโครโมโซมและยีนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

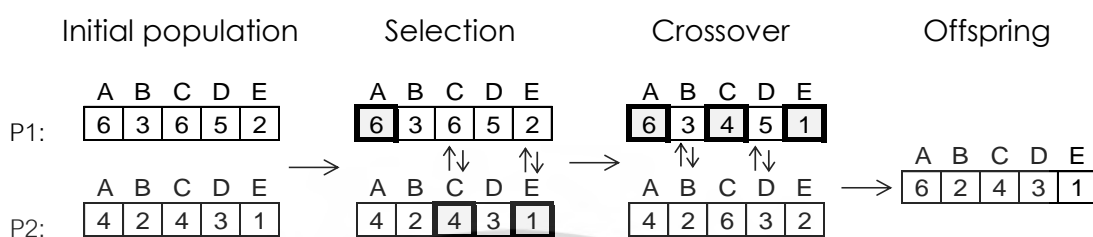
จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solutions) ทั้งหมด หาได้จาก m^n โดยที่ m คือ ทางเลือกวิธีดำเนินงานซึ่งเท่ากับ 2 ทางเลือก (แบบเวลาปกติ และแบบเวลาเร่งรัด) และ n คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ (A,B,C,D และ E) จะได้เซตคำตอบทั้งหมด 2^5 เท่ากับ 32 คำตอบ การใช้หลักการของ GAs โดยวิธี Searching algorithms และใช้เครื่องมือ VBA เข้ามาช่วยจะทำให้ การค้นหาคำตอบทำได้รวดเร็วขึ้น ขั้นตอนในการดำเนินการหาคำตอบดังรูป 3.18 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการหาคำตอบโดยวิธี Genetic algorithms

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของประชากร (Initial population) โดยแบ่งชุดประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งจะถูกเรียกว่าโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ ซึ่งโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ให้เป็นตัวแทนระยะเวลาทำงานปกติ และโครโมโซมรุ่นแม่จะเป็นตัวแทนของกลุ่มกิจกรรมที่มีการเร่งงาน โดยที่โครโมโซมหนึ่งจะมีจำนวนยีนส์เท่ากับจำนวนกิจกรรมทั้งหมด ในแต่ละยีนส์จะประกอบด้วยค่า 2 ค่าคือ ตำแหน่งของยีนส์ และ ค่าของยีนส์ ซึ่งการกำหนดประชากรครั้งแรกจะให้ใช้โครโมโซมรุ่นพ่อและโครโมโซมรุ่นแม่เป็นคำตอบของประชากรรุ่นลูก (Offspring chromosome)
2. การคัดเลือก (Selection) เป็นขั้นตอนในการสุ่มตำแหน่งของยีนส์จากโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ (Parent chromosome) จากนั้นทำการสุ่มค่ายีนส์จนครบทุกตำแหน่ง ในการสุ่มค่าตำแหน่งของยีนส์ในแต่ละครั้งจะมีคำตอบที่เป็นไปได้อยู่ 2 ค่า โดยหาได้จากสมการ (3.2) ซึ่งเป็นการสุ่มเลือกคำตอบที่เป็นขอบเขตบนและล่าง แล้วเลือกมาอย่างใดอย่างหนึ่ง จนครบทุกกิจกรรม ในขั้นตอนนี้จะได้ค่าตำแหน่งของยีนส์ที่ถูกเลือก
3. การสลับเปลี่ยนตำแหน่ง (Cross Over) เป็นขั้นตอนการสลับแลกเปลี่ยนยีนส์ระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ที่ตำแหน่งของยีนส์ไม่ได้ถูกการคัดเลือก และจะนำไปรวมกับค่าที่ถูกเลือกในขั้นตอนที่ 2 การคัดเลือกก่อนหน้า
4. โครโมโซมรุ่นลูก (Offspring chromosome) จะได้โครโมโซมรุ่นลูกหลังจากขั้นตอนการสลับเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว จากนั้นทำการตรวจสอบโครโมโซมรุ่นลูกว่ามีความซ้ำซ้อนหรือเหมือนกันกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครโมโซมรุ่นลูกก่อนหน้าหรือไม่ ถ้ามีการซ้ำซ้อนกันของโครโมโซมให้ย้อนกลับไปทำการคัดเลือกใหม่ ในขั้นตอนที่ 2 จนได้ชุดคำตอบโครโมโซมที่เป็นไปได้ซึ่งเป็นตัวแทนของคำตอบที่ดีที่สุดที่สอดคล้องตามจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution) ซึ่งเท่ากับ 32 คำตอบ



รูปที่ 3.19 กระบวนการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่เพื่อให้ได้รุ่นลูก

จากรูปที่ 3.19 เป็นสุ่มการคัดเลือก 6 [*] 4 [*] 1 ขึ้นมาจากขั้นตอนที่ 2 จากนั้นทำการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ ในตำแหน่ง ของ B และ D ที่ไม่ได้ถูกเลือก ผลลัพธ์จะได้โครโมโซมรุ่นลูกคือ 62431

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนคำตอบที่เป็นได้ทั้งหมดโดยวิธี Genetic algorithms

Alternative	Offspring	Alternative	Offspring	Alternative	Offspring	Alternative	Offspring
1	63652	9	62652	17	43652	25	42652
2	63651	10	62651	18	43651	26	42651
3	63632	11	62632	19	43632	27	42632
4	63631	12	62631	20	43631	28	42631
5	63452	13	62452	21	43452	29	42452
6	63451	14	62451	22	43451	30	42451
7	63432	15	62432	23	43432	31	42432
8	63431	16	62431	24	43431	32	42431

จากตารางที่ 3.1 แสดงผลของชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด 32 คำตอบ จัดถูกเรียงกันเป็นเลขจำนวนเต็มตามจำนวนกิจกรรม ซึ่งตัวเลขจำนวนเต็มแทนระยะเวลาทำงานของกิจกรรม A, B, C, D และ E ตามลำดับ

3.5.2 คำนวณตารางแผนงานเวลา (Scheduling)

การคำนวณระยะเวลารวมของโครงการโดยใช้เทคนิค CPM ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้กล่าวมาในบทบทวนบทที่ 2 มีขั้นตอนคำนวณแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1. คำนวณไปข้างหน้า 2. คำนวณย้อนกลับ และ 3. คำนวณเวลาลอยตัว เป็นการคำนวณหากิจกรรมที่มีเวลายืดหยุ่นรวม (TF) เท่ากับศูนย์ซึ่งเป็นกิจกรรมงานวิกฤตและหาผลรวมเวลาของกิจกรรมวิกฤตที่อยู่บนเส้นทางสายงานวิกฤตจะได้ระยะเวลารวมของโครงการ มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำนวณไปข้างหน้า (Forward pass)

- a) กำหนดให้
- ES
- ของกิจกรรมแรก = 0

$$ES_A = 0$$

$$ES_B = 0$$

- b) คำนวณหา
- ES
- ของแต่ละกิจกรรม จากสมการ (3.2-2)

$$ES_C = \text{Max}(EF_B) = 7$$

$$ES_D = \text{Max}(EF_B) = 9$$

$$ES_E = \text{Max}(EF_{C,D}) = 9 + 1 = 10$$

- c) คำนวณหา
- EF
- ของแต่ละกิจกรรม

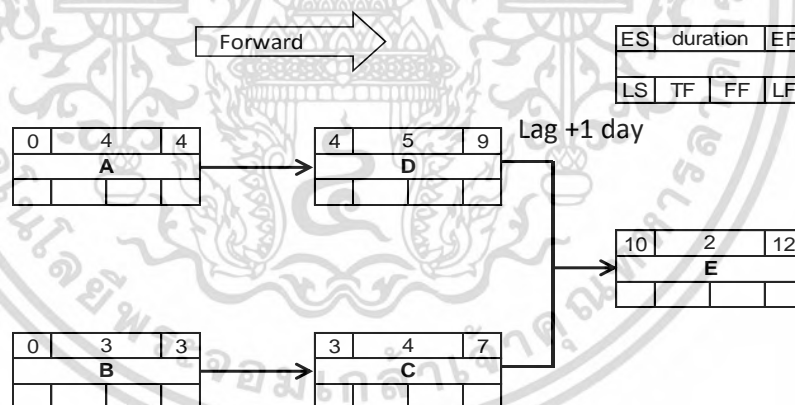
$$EF_A = ES_A + D_A = 0 + 4 = 4$$

$$EF_B = ES_B + D_B = 0 + 3 = 3$$

$$EF_C = ES_C + D_C = 3 + 4 = 7$$

$$EF_D = ES_D + D_D = 4 + 5 = 9$$

$$EF_E = ES_E + D_E = (9 + 1) + 2 = 12$$



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการคำนวณสายงานวิกฤต (ไปข้างหน้า)

2. คำนวณย้อนกลับ (Backward pass)

- a) กำหนดให้ค่า
- LF
- ของกิจกรรมสุดท้ายมีค่าเท่ากับ
- EF
- ของกิจกรรมงานสุดท้าย

$$LF_E = EF_E = 12$$

- b) คำนวณหา
- LS
- ของแต่ละกิจกรรม

$$LS_E = LF_E - D_E = 12 - 2 = 10$$

$$LS_D = LF_D - D_D = 9 - 5 = 4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LS_C = LF_C - D_C = 10 - 4 = 6$$

$$LS_B = LF_B - D_B = 6 - 3 = 3$$

$$LS_A = LF_A - D_A = 4 - 4 = 0$$

c) คำนวณหา LF ของแต่ละกิจกรรม

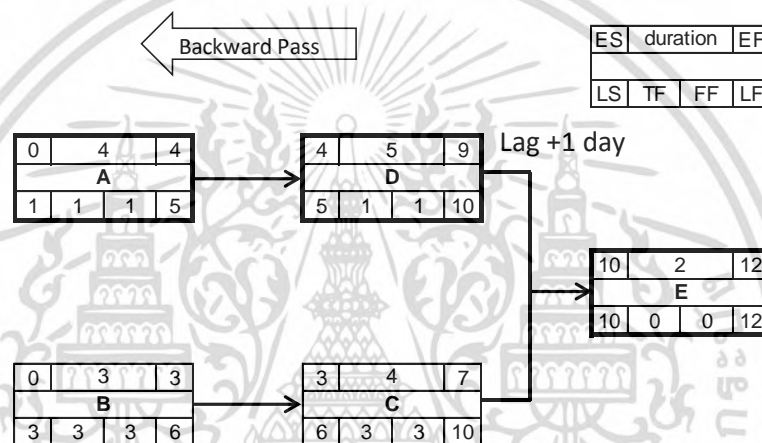
$$LF_E = \text{Min}(EF_E) = 12$$

$$LF_D = \text{Min}(EF_E) = 10 - 1 = 9$$

$$LF_C = \text{Min}(EF_E) = 10$$

$$LF_B = \text{Min}(EF_C) = 6$$

$$LF_A = \text{Min}(EF_D) = 4$$



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการคำนวณสายงานวิกฤต (ย้อนกลับ)

3. คำนวณเวลาลอยตัว

a) เวลาลอยตัวรวม (TF)

$$TF_A = LS_A - ES_A = 4 - 4 = 0$$

$$TF_B = LS_B - ES_B = 3 - 0 = 3$$

$$TF_C = LS_C - ES_C = 6 - 3 = 3$$

$$TF_D = LS_D - ES_D = 4 - 4 = 0$$

$$TF_E = LS_E - ES_E = 10 - 10 = 0$$

a) เวลาลอยตัวอิสระ (FF)

$$FF_A = \text{Min}(ES_D) - EF_A = 4 - 4 = 0$$

$$FF_B = \text{Min}(ES_C) - EF_B = 3 - 3 = 0$$

$$FF_C = \text{Min}(ES_E) - EF_C = 10 - 7 = 3$$

$$FF_D = \text{Min}(ES_E) - EF_D = 10 - (9 + 1) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$FF_E = \text{Min}(ES_E) - EF_E = 12 - 12 = 0$$

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงสูตรคำนวณค่ากิจกรรมเวลาต่างๆ

2	A	B	C	D	E	F	G	H
3	Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF
4	A	4	0	=D\$4+C\$4	=G\$4-C\$4	=MIN(F7)	=F\$4-D\$4	=MIN(D7)-E4
5	B	3	0	=D\$5+C\$5	=G\$5-C\$5	=MIN(F6,F8)	=F\$5-D\$5	=MIN(D6)-E5
6	C	4	3	=D\$6+C\$6	=G\$6-C\$6	=MIN(F8)	=F\$6-D\$6	=MIN(D8)-E6
7	D	5	4	=D\$7+C\$7	=G\$7-C\$7	=MIN(F8)-1	=F\$7-D\$7	=MIN(D8)-E7-1
8	E	2	10	=D\$8+C\$8	=G\$8-C\$8	=E\$8	=F\$8-D\$8	=MIN(G8)-E8

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลการคำนวณค่ากิจกรรมเวลา

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF
A	4	0	4	0	4	0	0
B	3	0	3	3	6	3	0
C	4	3	7	6	10	3	3
D	5	4	9	4	9	0	0
E	2	10	12	10	12	0	0

จากตารางที่ 3.2 และ 3.3 แสดงการคำนวณตารางเวลาซึ่งจะแสดงผลอยู่ในรูปตารางคำนวณโดยจะแยกออกในแต่ละแผ่นงาน (Sheet) ตามแผนงานกิจกรรม ซึ่งจะแสดงสูตรการคำนวณค่าต่างๆ เช่น ES, EF, LS, LF, TF และ FF เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนงาน จากตัวอย่างพบว่าสายงานกิจกรรมที่ TF=0 คือ A-D-E ซึ่งเป็นสายงานวิกฤติและผลรวมเวลาของสายงานวิกฤตินี้เท่ากับ $4+5(\text{lag}+1) + 2=12$ วัน

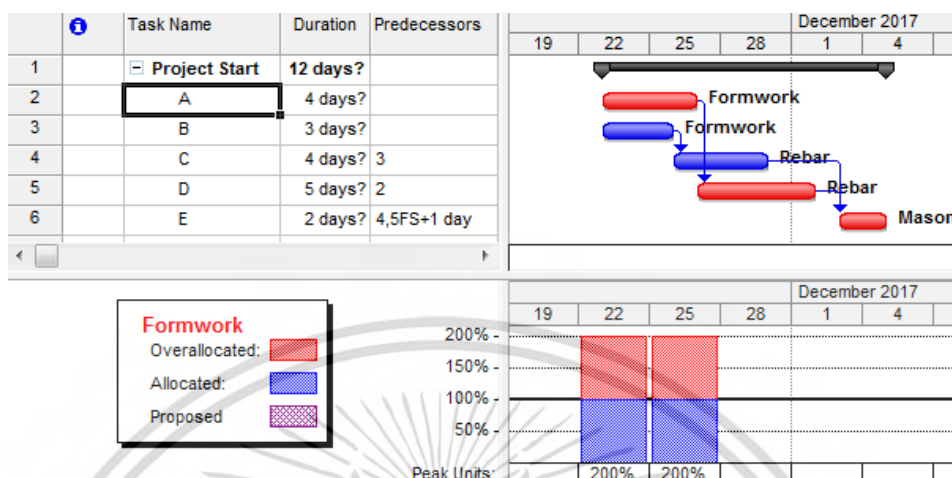
3.5.3 จัดสรรทรัพยากรและปรับระดับสมดุลทรัพยากร

การจัดสรรทรัพยากรและปรับสมดุลทรัพยากร เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์โมเดลปัญหา คือการกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัด (constraint) ด้านทรัพยากรให้กับแผนงานก่อสร้างโดยมีตัวแปรตัดสินใจเป็นเวลาเริ่มของกิจกรรม (Activity's start time) ซึ่งเวลาเริ่มของกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม มีผลทำให้ระยะเวลาโครงการมีการเปลี่ยนแปลงอีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นอีกด้วย การกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร มี 3 รูปแบบ ซึ่งจะครอบคลุมการจัดการตารางแผนงานเวลาทั้งด้าน เวลา ทรัพยากรดำเนินงาน และวงเงินเครดิตมีรายละเอียดดังนี้

1) Normal relationship แสดงการจัดสรรทรัพยากรรูปแบบทั่วไปโดยไม่มีการนำข้อจำกัดด้านทรัพยากรมาพิจารณาประกอบ ดังรูป 3.22 จะได้สายงานกิจกรรมวิกฤติคือ A-D-E มีระยะเวลาโครงการ 12 วัน ซึ่งพบว่า กิจกรรม A และ กิจกรรม B ซึ่งมีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันคือ

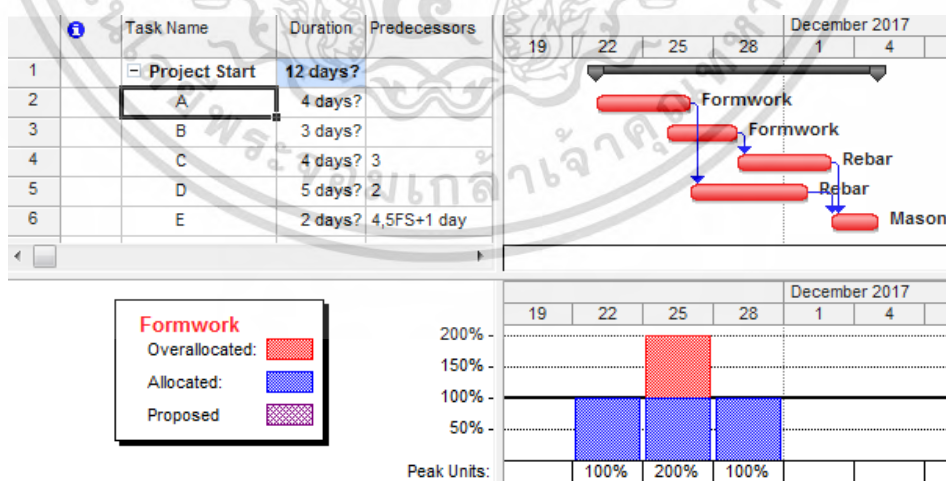
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Formwork ในช่วงเวลาดำเนินงานพร้อมกัน ทำให้ผลรวมของจำนวนทรัพยากรในช่วงเวลาดำเนินงานของกิจกรรมทั้ง 2 กิจกรรมเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด



รูปที่ 3.22 แสดงการจัดสรรทรัพยากรในกรณีรูปแบบทั่วไป

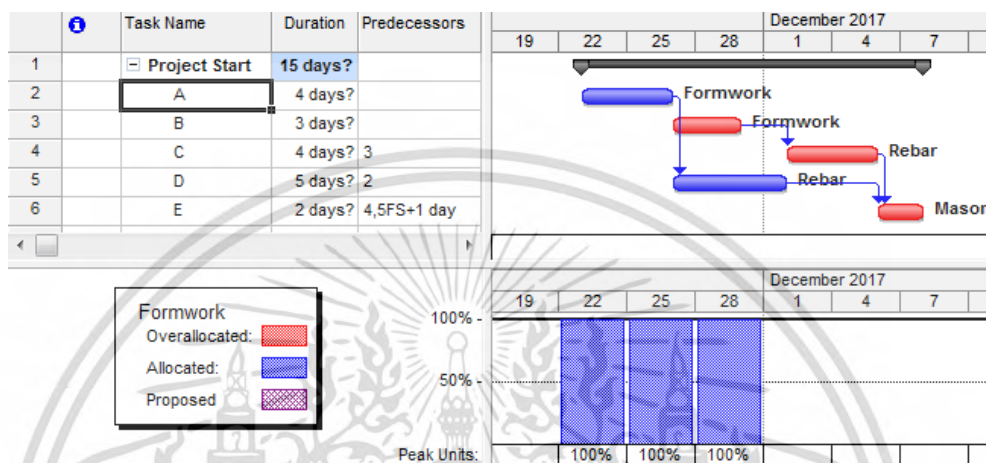
2) Level only within available on slack แสดงรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวม (TF) ดังรูปที่ 3.23 จากตารางคำนวณแผนงานตารางเวลา ดังรูปที่ 3.24 พบว่ากิจกรรม B และ C มีเวลาลอยตัวรวมเท่ากับ 3 วัน ซึ่งหมายความว่ากิจกรรม B และ C สามารถเลื่อนเวลาเริ่มงานได้ได้อีก 3 วัน โดยไม่ทำให้ระยะเวลารวมโครงการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ทุกกิจกรรมเป็นกิจกรรมวิกฤตหมด โดยมีระยะเวลารวมโครงการเท่าเดิมคือ 12 วัน แต่ยังมีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันอยู่



รูปที่ 3.23 การจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวม (Total Float: TF)

3) Leveling can adjust individual assignment on task แสดงรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันออกไป ดังรูปที่ 3.24 พบว่าสายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนงไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานกิจกรรมวิกฤตเปลี่ยนไปเป็น B-C-E และระยะเวลาโครงการขยายเพิ่มขึ้นเป็น 15 วัน แต่มีการจัดสรรทรัพยากรไม่ให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกันของกิจกรรมก่อสร้าง โดยวิธีการเลื่อนกิจกรรม B ที่มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันกับกิจกรรม A ออกไปหลังจากกิจกรรม A ทำงานแล้วเสร็จ และเลื่อนกิจกรรม C ออกไปหลังกิจกรรม D แล้วเสร็จซึ่งมีการใช้ทรัพยากร Rebar เหมือนกัน



รูปที่ 3.24 แสดงการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน

3.5.4 การคำนวณกระแสเงินสด

หลังจากได้ทำการวางแผนงานในแต่ละชุดคำตอบที่เป็นไปได้แล้ว จะนำแผนงานที่ได้ในแต่ละเงื่อนไขมาทำการคำนวณกระแสเงินสดโครงการ เพื่อหาค่าไร้อินตันและกระแสเงินสดรวม(สะสม) ของแต่ละคำตอบ วิธีการคำนวณจะอยู่ในบทบทวนเรื่องกระแสเงินสดและวงเงินเครดิต ตามสมการ (2.13) – (2.19) โดยมีการกระจายค่าใช้จ่ายของในแต่ละกิจกรรมตามระยะเวลาของกิจกรรมนั้น จากนั้นสร้างสูตรคำนวณกระแสเงินสดรับ (เงินงวดงาน+เงินเบิกจ่ายล่วงหน้า) กระแสเงินสดจ่าย (ต้นทุนรวมโครงการ) เงื่อนไขทางการเงินที่คิดในรูปแบบดอกเบี้ยต้นทุน และเงื่อนไขตามสัญญาในการเบิกจ่ายงวดงาน ซึ่งจะแสดงตารางในแถวสุดท้ายเป็นกระแสเงินสดรวม(สะสม) (Overdraft) สูงสุดเพื่อใช้กำหนดวงเงินเครดิต และในช่วงปลายเดือนสุดท้ายจะแสดงกำไรขั้นต้นที่ได้รับ

เงื่อนไขด้านการเงินและสัญญา

- ระยะเวลาเบิกจ่ายงวดงาน 5 วัน
- ค่าโสหุ้ย 1,000 บาท/วัน
- กำไร 5% ของค่าใช้จ่ายต้นทุน (Direct cost + Indirect cost)
- เงินเบิกจ่ายล่วงหน้า 15% ของค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ (Total Billed) และหักคืน 15% ทุกงวดงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หักเงินประกันผลงาน 15% ของค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ (Total Billed) ทุกงวดงานและจะได้รับคืนในงวดงานสุดท้าย
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เบิกเกินบัญชี 1% ของยอดที่เกินมาในแต่ละงวด
- อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.5%

การคำนวณกระแสเงินสดโครงการ โดยมีตัวแปรทางการเงินที่จำเป็นในการคำนวณ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในโครงการและรายรับ

- Direct Cost** คือ ค่าใช้จ่ายโดยตรงตามเนื้องาน ซึ่งก็คือ ค่าวัสดุและค่าแรงงานที่คำนวณได้จากใบปริมาณงาน (Bill of Quantities: BOQ) ของโครงการ หาได้จากผลรวมค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมจากงวดงานหนึ่งไปยังอีกงวดงานหนึ่ง
- Indirect Cost** คือ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมหรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น ค่าเช่าสำนักงาน ค่าน้ำ ค่าไฟ และอื่นๆ เท่ากับ 1,000 บาท/วัน
- Total Cost** คือ ราคาค่าก่อสร้างในแต่ละเดือน หาได้จาก Direct cost + Indirect cost
- Mark up** คือ กำไรในแต่ละเดือนที่ผู้รับเหมาต้องการ รวมกับค่าดำเนินการโครงการ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จากราคาค่าก่อสร้างในแต่ละเดือน (Total cost)
- Total Billed** คือ จำนวนเงินที่ผู้รับเหมาทำการวางบิลเบิกเงินจากเจ้าของงานในแต่ละเดือน โดยคิดจาก Total cost + Mark up
- Retainage** คือ จำนวนเงินที่เจ้าของโครงการหักจากจำนวนเงินที่จะต้องจ่ายให้แก่ผู้รับเหมาในแต่ละงวดงาน ตามที่ระบุในสัญญา เพื่อที่เป็นหลักประกันว่าผู้รับเหมาจะรับผิดชอบงานจนเสร็จสมบูรณ์ โดยปกติมักจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Total Billed
- Payment** คือ จำนวนเงินที่ผู้รับเหมาได้รับในแต่ละงวด ซึ่งคิดจาก Total Billed - Retainage โดยในสัญญาต่างๆ ไปมักจะกำหนดว่าหลังจากที่ผู้รับเหมาวางบิลเพื่อเบิกงวดงานแล้ว ทางเจ้าของงานมีสิทธิ์ที่จะจ่ายเงินล่าช้าออกไปตามเวลาที่กำหนด แล้วแต่จะตกลงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าใช้จ่ายสะสมถึงสิ้นเดือน

- Cost To Date** คือ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสะสม ตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงสิ้นเดือนในแต่ละเดือน โดยคิดจาก Total Date ในเดือนที่ผ่านมาบวกกับ Total Cost ของเดือนปัจจุบัน
- Billed To Date** คือ จำนวนเงินที่วางบิลสะสม ซึ่งเท่ากับ Total Billed สะสม ตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงสิ้นเดือนในแต่ละเดือน
- Payment To Date** คือ เงินที่ผู้รับเหมาได้รับตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงสิ้นเดือนในแต่ละเดือน

3. ค่าใช้จ่ายด้านกระแสเงินสด

- Overdraft End Of Month** คือ จำนวนเงินที่ผู้รับเหมาจะต้องเบิกเงินเกินบัญชีออกมาในตอนปลายของแต่ละเดือน ซึ่ง Overdraft ของปลายเดือนล่าสุดคิดจาก Total Amount Finance ของปลายเดือนที่ผ่านมา - Payment ที่ได้รับเมื่อเดือนล่าสุด + Total Cost ของเดือนล่าสุด
- Interest On Overdraft** คือ ดอกเบี้ยเงินกู้ในปลายเดือนแต่ละเดือนที่เกิดจากวงเงินที่ผู้รับเหมาถอนเงินเกินบัญชีออกมา คำนวณได้จาก %ดอกเบี้ยต่อเดือน x Overdraft End Of Month ของเดือนล่าสุด
- Total Amount Finance** คือ เงินสดหมุนเวียนของโครงการโดยรวม เมื่อถึงปลายเดือนแต่ละเดือน โดยคิดจาก Overdraft End Of Month + Interest On Overdraft

ตารางที่ 3.4 แสดงสูตรคำนวณใน Excel ในช่วงงวดงานแรกของทางเลือก 43452

2	A	B	C	D	E	F	G
3	Activity	0	1	2	3	4	5
4	A		4000	4000	4000	4000	0
5	B		3000	3000	3000	0	0
6	C		0	0	0	7000	7000
7	D		0	0	0	0	2000
8	E		0	0	0	0	0
9	Direct Cost		=SUM(\$D\$4:\$H\$8)				
10	Indirect Cost		=5*Main!C6				
11	Total Cost		=SUM(\$H\$9:\$H\$10)				
12	Markup		=\$H\$11*Main!H6				
13	Total Billed		=SUM(\$H\$11:\$H\$12)				
14	Retainage		=\$H\$13*Main!H5				
15	Advance payment Reimburse		=\$H\$13*(Main!C5)				
16	Payment	=Main!C5 * SUM(\$C\$13:\$AB\$13)					
17	Total Cost to date		=\$C\$17+\$H\$11				
18	Total bill to date		=\$C\$18+\$H\$13				
19	Total paid to date	=\$C\$16					
20	Overdraft at end of week		=\$C\$22-\$C\$16-\$C\$17+\$H\$17				
21	Interest on overdraft		=\$H\$20*Main!H7				
22	Total amount finance		=SUM(\$H\$20:\$H\$21)				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางกระแสเงินสดแสดงผลกำไรขั้นต้นและยอดเงินเบิกเกินบัญชีในแผนงาน 43452

Activity	Days																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	7,000	7,000	7,000	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						41,000					22,000					6,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						46,000					27,000					11,000										
Markup						2,300					1,350					550										
Total Billed						48,300					28,350					11,550										
Retainage						7,245					4,253					1,733										
Advance payment Reimburse						7,245					4,253					1,733										
Payment	13,230										33,810					19,845						23,048				
Total Cost to date						46,000					73,000					84,000					84,000					84,000
Total bill to date						48,300					76,650					88,200					88,200					88,200
Total paid to date	13,230					13,230					47,040					66,885					89,933					
Overdraft at end of week						32,770					60,098					37,889					18,423					- 4,441
Interest on overdraft						328					601					379					184					
Total amount finance						33,098					60,699					38,268					18,607					

การคำนวณกระแสเงินสดในตัวอย่างนี้จะใช้เงื่อนไขสัญญาการจ่ายเงินแบบมีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้า (Advance payment) โดยมีเงื่อนไขทางการเงินคือ เงินเบิกจ่ายล่วงหน้า=15% ของค่าใช้จ่ายรวมโครงการ, ค่าใช้จ่ายทางอ้อม=1000 บาท/วัน,กำไร=5%, ดอกเบี้ยเงินกู้เบิกเกินบัญชี=1%, ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.5% และ เงินหักประกันผลงาน=15% ซึ่งจะได้คืนหลังจากวางบิลหลังงวดสุดท้ายอีก 1 period (5 วัน)

จากตารางที่ 3.5 แสดงตารางคำนวณกระแสเงินสดในรูปแบบตารางคำนวณแผนงาน Spreadsheet โปรแกรมจะทำการใส่สูตรในตารางคำนวณแผนงานให้ จากตัวอย่างทางเลือก43452 ซึ่งมีสายงานกิจกรรมวิกฤตคือ A-D-E มีระยะรวมโครงการทั้งสิ้น 12 วัน โดยมีการวางบิลทุกๆ 5 วัน และจะได้รับเงินงวดงาน (payment) หลังจากวางบิลอีก 1 period (5 วัน) ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณงวดแรกด้านล่าง พบว่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดอยู่ช่วงปลายperiod ที่ 2 โดยมียอดรวมสะสมสูงสุดเท่ากับ 60,699 บาท และจะได้รับกำไรขั้นต้นเมื่อสิ้นวันที่ 25 โดยคิดรวมเงินหักประกันผลงานแล้วเป็นเงินทั้งสิ้น 4,441 บาท และมีวงเงินเครดิตอยู่ที่ 53,000 บาท แสดงตัวอย่างคำนวณตัวแปรทางการเงิน ในช่วง 1 period ได้ดังนี้

- 1) $Direct\ cost_i = \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^m direct\ cost\ per\ day_{kj} = 41,000$ บาท
- 2) $Indirect\ cost_i = 5 \times 1,000 = 5,000$ บาท
- 3) $Total\ cost_i = Direct\ cost_i + Indirect\ cost_i = 41,000 + 5,000 = 46,000$ บาท
- 4) $Total\ Billed_i = Total\ cost_i \times (1 + \% \text{ markup}) = 48,300$
- 5) $Retainage_i = Total\ billed_i \times (\% \text{ retainage}) = 48,300 \times 15\% = 7,245$
- 6) $Advance\ payment\ Reimburse = Total\ billed_i \times (\% \text{ retainage}) = 7,245$
- 7) $Advance\ payment_0 = (\% \text{ Advance payment}) \times \sum_{i=1}^p Total\ Billed_i = 13,230$
- 8) $payment_i = Total\ billed_h - Retainage_h - Advance\ payment\ reimburse_h$
- 9) $Total\ cost\ to\ date_i = Total\ cost\ to\ date_h + Total\ cost_i = 46,000$
- 10) $Total\ bill\ to\ date_i = Total\ bill\ to\ date_h + Total\ bill_i = 48,300$
- 11) $Total\ paid\ to\ date_i = Total\ paid\ to\ date_h + Payment_i = 13,230$
- 12) $Overdraft\ end\ of\ week_i = Total\ amount\ finance_h - Payment_h - Total\ cost\ to\ date_h + Total\ cost\ to\ date_i = 32,770$
- 13) $Total\ amount\ finance_i = Overdraft\ end\ of\ week_i \times (1 + \% \text{ intrest on overdraft}) = 33,098$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้

- H = ผลรวมงวดงานก่อนหน้า
 I = ผลรวมงวดงานปัจจุบัน
 m = จำนวนกิจกรรมก่อสร้างทั้งหมด
 n = จำนวนงวดงานทั้งหมด
 k = กิจกรรมก่อสร้าง
 j = งวดงานใดๆ
 p = ช่วงเวลา 1 period

3.5.5 การคำนวณค่าปรับในการใช้ทรัพยากรที่เกินกำหนด

การคำนวณค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งในแต่ละทางเลือกคำตอบแผนงานจะมีการคำนวณค่าปรับตามจำนวนข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่ได้กำหนดในขั้นต้นก่อนทำการทดสอบ มีทั้งหมด 3 ข้อจำกัด โดยทำการกระจายจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมแบบต่อเนื่องเท่ากันคงที่ตามจำนวนเวลาดำเนินงานของกิจกรรม ในรูปแบบของHistogram เพื่อคำนวณหาความผันผวนของทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละวันว่ามีค่ามากเกินกว่าค่าเฉลี่ยจำนวนทรัพยากรในแต่ละวันเป็นเท่าใด และแปลงให้อยู่ในเทอมค่าใช้จ่ายที่จะนำมาคำนวณหากำไรขั้นสุดท้าย ตามสมการ (3.2)

ตารางที่ 3.6 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 12 วัน

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9	9	9	9										
B	3	0	3	3	6	3	0	B	7	7	7											
C	4	3	7	6	10	3	3	C				7	7	7	7							
D	5	4	9	4	9	0	0	D					5	5	5	5	5	5				
E	2	10	12	10	12	0	0	E												6	6	
Rj									16	16	16	16	12	12	12	5	5	0	6	6		
Rj2									130	130	130	130	74	74	74	25	25	0	36	36		
Ravg	10																					
Mxmin	1,240																					
Mx	864																					
Q	1,062																					

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงสูตรคำนวณ Excel และตัวแปรค่าปรับด้านทรัพยากร

2	A	B
3	Activity	Duration
4	A	4
5	B	3
6	C	4
7	D	5
8	E	2
9	Rj	=SUM(\$K\$4:\$K\$8)
10	Rj2	=SUMSQ(\$K\$4:\$K\$8)
11	Ravg	=(SUM(\$K\$9:\$V\$9)/COUNT(\$K\$9:\$V\$9))
12	Mxmin	=COUNT(\$K\$9:\$V\$9)*\$C\$11^2
13	Mx	=SUM(\$K\$10:\$V\$10)
14	Q	=ABS((SUM(\$K\$10:\$V\$10)-\$C\$12)/\$C\$12)*Main!C8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 และ 3.7 เป็นการแจกแจงตารางการจัดสรรทรัพยากรและการคำนวณกิจกรรมเวลา ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกข้อจำกัดที่ 1 (จัดแผนงานแบบปกติ ไม่นำเรื่องการจัดสรรทรัพยากรมาพิจารณา) ระยะเวลารวมโครงการ 12 วัน โดยมีการกระจายจำนวนทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมตามจำนวนประเภททรัพยากรที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของกิจกรรมนั้นดำเนินงาน พบว่ากิจกรรม A และ B มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน (Formwork) และมีช่วงดำเนินงานของกิจกรรมซ้อนทับกัน ทำให้ผลรวมการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันมีค่ามากนั้นคือเกิดค่าใช้จ่ายสะสมเพิ่มขึ้น ช่วงเวลานี้ โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเท่ากับ 10 คน/วัน โมเมนต์ความผันผวนรอบแกน X ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1,240 และจะมีค่าปรับในการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดที่ตามสมการ (3.6) รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,062 บาท

ตารางที่ 3.8 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 15 วัน

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
A	4	0	4	3	7	3	0	A	9	9	9	9												
B	3	4	7	4	7	0	0	B					7	7	7									
C	4	9	13	9	13	0	0	C										7	7	7	7			
D	5	4	9	7	12	3	3	D					5	5	5	5	5							
E	2	13	15	13	15	0	0	E															6	6
Rj									9	9	9	9	12	12	12	5	5	7	7	7	7	7	6	6
Rj2									81	81	81	81	74	74	74	25	25	49	49	49	49	36	36	
Ravrg	8																							
Mxmin	992																							
Mx	864																							
Q	452																							

ตารางที่ 3.8 เป็นการแจกแจงตารางการจัดสรรทรัพยากร ตามข้อจำกัดที่ 3 (การเลื่อนวันเริ่มงานของกิจกรรมเพื่อไม่ให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกัน) มีการขยายระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 15 วัน เนื่องจากมีการเลื่อนเวลาเริ่มงานของกิจกรรม B ที่มีการซ้อนทับกับกิจกรรม A เพื่อลดจำนวนการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยมีการกระจายจำนวนทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมตามจำนวนประเภททรัพยากรที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของกิจกรรมนั้นดำเนินงาน โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเท่ากับ 8 คน/วัน โมเมนต์ความผันผวนรอบแกน X ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 992 และจะมีค่าปรับในการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดที่ 452 บาทซึ่งจะพบว่ากรณีหลังจะมีค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดน้อยกว่าระยะแรกเท่ากับ 452 บาท

3.6 การทดสอบ


งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบ 3 โครงการเพื่อหาโครงการที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและให้กำไรสูงสุดภายใต้วงเงินเครดิตที่ค่าต่างๆ โดยใช้ตัวอย่าง 5 กิจกรรม เพื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างโครงการให้ชัดเจนได้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ 1.กลุ่มเงื่อนไขทางการเงิน (FC) 2. กลุ่มด้านกิจกรรมก่อสร้าง (ACTS) และ 3. กลุ่มข้อจำกัดด้านทรัพยากร ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.9 ตารางเปรียบเทียบตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 โครงการ


	Project 1	Project 2	Project 3	Unit	Description
1. Financial Condition					
1.1 Billing Period	5	5	5	Day	
1.2 Advance payment	15.0%	15.0%	0.0%	percent	
1.3 Overhead	1000	1000	1000	bath/day	
1.4 Bonus	300	300	300	bath/day	
1.5 Resource Penalty	3500	3500	3500	bath/day	
1.6 Delay Penalty	350	350	350	bath/day	
1.7 Retainage	15.0%	15.0%	10.0%	percent	
1.8 Mark-up	5.0%	5.0%	5.0%	percent	
1.9 Loan	1.0%	1.0%	1.0%	percent	
1.10 Deposit	0.5%	0.5%	0.5%	percent	
2. Activities					
A	-	-	-	Predecessors	
B	-	-	-	Predecessors	
C	B	B	B	Predecessors	
D	A	A	A	Predecessors	
E	C,DFS+1	C,DFS+1	C,DFS+1	Predecessors	
2.2 Options	2	2	2	ทางเลือก	
2.3 Resources name	3	3	3	ประเภท	Formwork/ Rebar/ Mason
3. Resource Constraint					
3.1 Constraint	1,2,3	1,3	1,3		
** Constraints					
c1 = Normal relationship					
c2 = Level only within available on slack					
c3 = Leveling can adjust individual assignment on task					

การนำเข้าข้อมูลโครงการจะทำการเพิ่มข้อมูลที่ละโครงการจนครบจำนวนโครงการที่จะทำการเปรียบเทียบแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1. ป้อนข้อมูลโครงการโดยผ่านตารางแผ่นงานหลักในพื้นที่รับข้อมูล โดยใส่รายละเอียดข้อมูลให้ครบตามตารางที่ 3.10



Faculty of Engineering
Construction Management 15



By Arkom S. V.2018.07.23

Financial Conditions

Billing Period	5	Day	Delay Penalty	350	Bath/Day
Advance payment	15%		Retainage	15%	%
Overhead	1,000	Bath/Day	Mark-up	5%	%
Bonus	300	Bath/Day	Loan	1%	%
Resource Penalty	3,500	Bath/Used	Deposit	0.50%	%

Project name: Project 1

Resource Leveling Constraints

Type of Contract: Unit Price

Normal relationship

Level only within available on slack

Leveling can adjust individual assignments on task

ID	Activity	Predecessor	Normal durations		Compressed durations		Resource Name
			Duration	Direct cost per day	Duration	Direct cost per day	
1	A		6	2,000	4	4,000	Formwork
2	B		3	3,000	2	5,000	Formwork
3	C	2	6	4,000	4	7,000	Rebar
4	D	1	3	2,000	3	4,000	Rebar
5	E	3,4fs+1	1	3,000	1	7,000	Mason

รูปที่ 3.25 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลโครงการที่ 1

2. Click ปุ่ม Add Project ที่มุมบนขวาของตารางแผนงานหลัก จะแสดงหน้าต่างให้ป้อนข้อมูลโครงการดังรูปที่ 3.25 ทำการกำหนดชื่อและรายละเอียดโครงการ หรือใช้ค่าเริ่มต้นโครงการที่แสดงขึ้นมาให้โดยอัตโนมัติ Click ปุ่ม OK

Add New Project

Project Details

Project number: 20180423

Project Name: Project 1

Descriptions: Description 1|

Start Date: 4/23/2018 Finish Date: 5/3/2018

Owner: KMUTL

Cancel
OK

รูปที่ 3.26 หน้าต่างรายละเอียดการเพิ่มโครงการใหม่

Resource Leveling Constraints

Type of Contract: Unit Price

Normal relationship

Level only within available on slack

Leveling can adjust individual assignments on task

รูปที่ 3.27 กำหนดข้อจำกัดด้านทรัพยากร c1,c2 และ c3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การหาจำนวนคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้

เมื่อทำการป้อนข้อมูลโครงการครบทั้ง 3 โครงการแล้ว จากนั้น Click ปุ่ม Run เพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล โปรแกรมจะทำการคำนวณหาผลคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution) ทั้งหมดตามจำนวนโครงการที่ต้องการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.10 จำนวนชุดคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ในแต่ละโครงการ

No	Descriptions	Projects		
		Project 1	Project 2	Project 3
1	Activities (m)	5	5	5
2	Options (n)	2	2	2
3	Constraints ©	3	2	2
4	Alternative ($A=n^m$)	32	32	32
5	Feasible solution ($F=A \times ©$)	96	64	64

โดยให้

m = จำนวนกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ

n = จำนวนทางเลือกวิธีดำเนินงาน

© = จำนวนข้อจำกัดด้านทรัพยากร

A = ทางเลือกคำตอบของแต่ละโครงการ

F = จำนวนชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแต่ละโครงการ

จากตารางที่ 3.10 แสดงการหาจำนวนชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดย Project 1 จะมีจำนวนชุดคำตอบทั้งหมด 96 ชุด และ Project 2 และ Project 3 จะมีจำนวนชุดคำตอบโครงการละ 64 ชุดคำตอบ รวมจำนวนชุดตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 224 ชุดคำตอบ จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์โดยมี 5 ขั้นตอนคือ 1.คำนวณแผนงานตารางเวลา 2.ทำการจัดสรรทรัพยากรและปรับระดับทรัพยากร 3.คำนวณกระแสเงินสด 4.คำนวณค่าปรับเนื่องจากใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด และ 5. เป็นการนำกำไรขั้นต้นมาคำนวณปรับปรุงเพื่อหากำไรสุทธิ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย

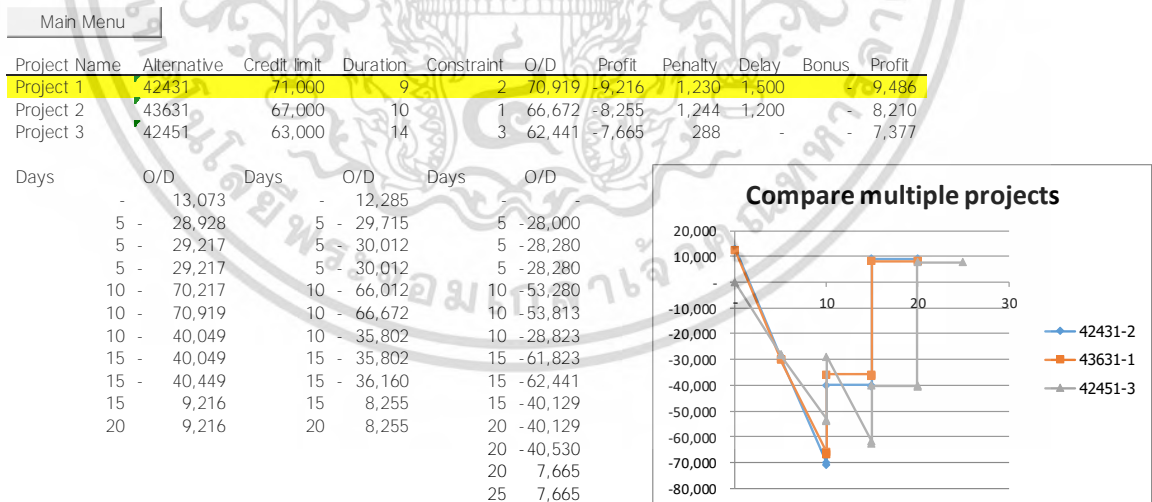
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 สรุปผลการคำนวณ

หลังจากทำการ Run โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ของแต่ละโครงการ โดยจะหาคำตอบที่ให้ผลปรับปรุงกำไรสุทธิมากที่สุด โดยไม่สนใจวงเงินเครดิต ดังตารางที่ 4.1 แสดงตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิทั้ง 3 โครงการโดยจะแสดงรายละเอียดทางเลือก (Alternative) วงเงินเครดิต (Credit Limit) เงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่เลือกใช้ (Constraint) กำไรขั้นต้น (Gross Profit) ค่าปรับด้านทรัพยากร (Resource Penalty) ค่าปรับล่าช้า (Delay) โบนัส (Bonus) และ กำไรสุทธิ (Adjust Profit) จากตารางสรุปผลโครงการที่ 1 จะให้ผลกำไรสุทธิมากที่สุดเท่ากับ 9,486 ที่วงเงินเครดิต 71,000 บาท โดยใช้ระยะเวลารวมโครงการ 9 วัน จากระยะเวลาโครงการปกติที่ 14 วัน ซึ่งจะได้รับผลตอบแทนที่เป็นโบนัสอีก 5 วันๆละ 300 บาท เป็นเงิน 1,500 บาท

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิทั้ง 3 โครงการ ที่วงเงินเครดิต 72,000 บาท



ผลที่ได้จากการทดสอบจะแสดงผลได้ทั้งตารางคำนวณและกราฟความสัมพันธ์กระแสเงินสด ซึ่งจะสามารถเลือกดูได้ทุกเขตคำตอบ จากจำนวนชุดคำตอบที่เป็นได้ทั้งหมด 224 ชุดคำตอบ อีกทั้งยังสามารถเลือกดูผลคำตอบที่วงเงินเครดิตค่าต่างๆได้อีกด้วย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกวงเงินเครดิต

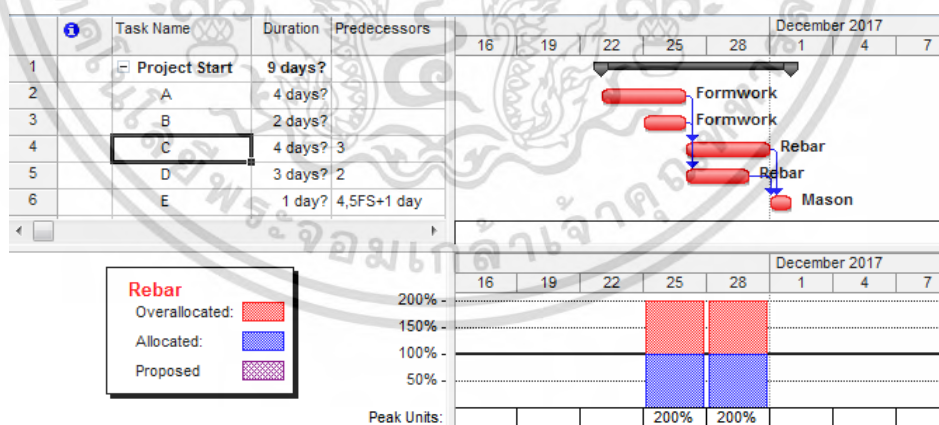
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องการได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ตัวอย่างการแสดงผลในหัวข้อนี้จะนำเสนอทั้ง 3 โครงการโดยรายละเอียดการแสดงผล ประกอบด้วย 7 ส่วนคือ

1. ตารางแผนงานสายงานวิกฤต
2. ตารางคำนวณกระแสเงินสด
3. ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ
4. กราฟความสัมพันธ์ของกระแสเงินสดระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย
5. ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Maximum negative cash flow) และกำไรสูง (Gross profit) ของชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด
6. ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิในแต่ละโครงการ
7. ตารางสรุปเปรียบเทียบ 3 โครงการ ตามวงเงินเครดิตที่ค่าต่างๆ

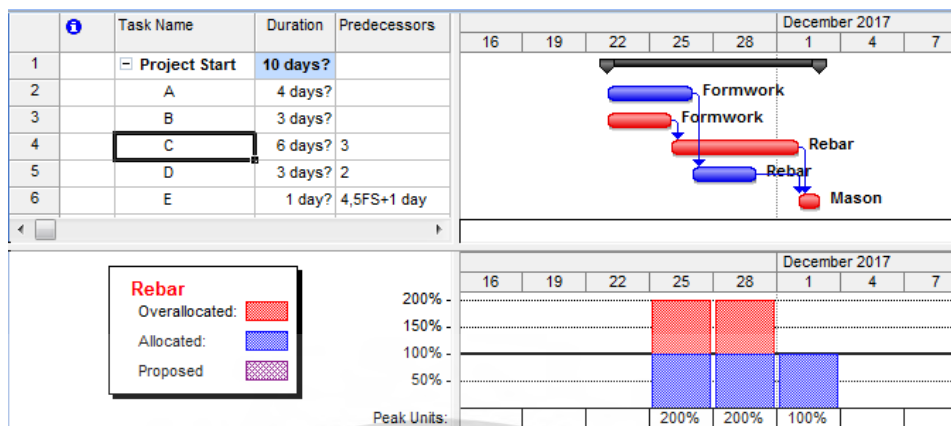
4.1.1 ตารางแผนงานสายงานวิกฤต

จะแสดงผลตารางแผนงานกิจกรรมในรูปแบบ Gantt chart ที่แสดงผลในโปรแกรม Microsoft Project โดยจะขึ้นอยู่กับในแต่ละเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่กำหนดในขั้นตอนการตั้งค่าและแสดงเส้นทางสายงานวิกฤตที่แสดงเป็นแถบสีแดงด้านขวามือ ดังรูปที่ 4.1-4.3

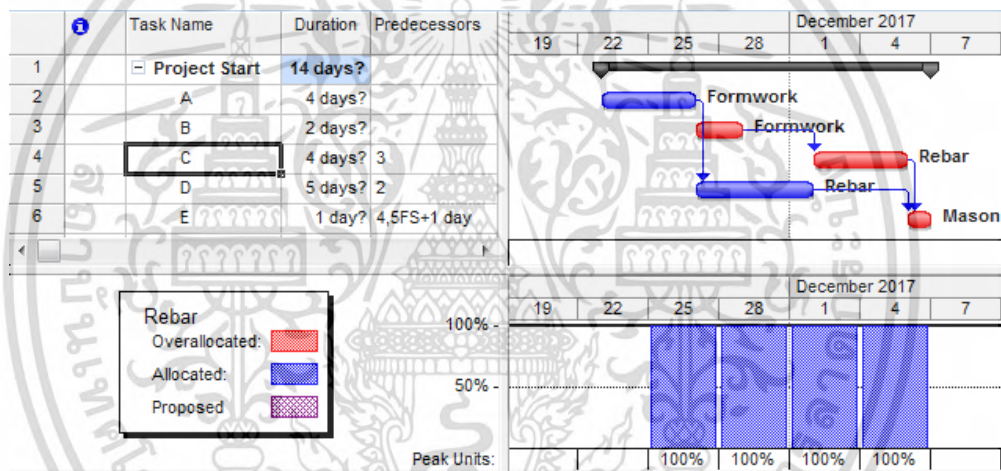


รูปที่ 4.1 แผนงานสายงานวิกฤต (CPM) ของ Project 1 Constraint 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนงานสายงานวิกฤติ (CPM) ของ Project 2 Constraint 1



รูปที่ 4.3 แผนงานสายงานวิกฤติ (CPM) ของ Project 3 Constraint 3

4.1.2 ตารางคำนวณกระแสเงินสด

แสดงตารางคำนวณแผนงานกระแสเงินสดที่แยกไว้ในแต่ละชุดคำตอบ โดยสามารถเลือกดูได้ผ่านแบบฟอร์มแสดงผล ในตารางจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1. แสดงการกระจายค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวันตามจำนวนเวลาดำเนินงานของแต่ละกิจกรรม 2. แสดงสูตรคำนวณทางด้านการเงินตามเงื่อนไขทางการเงิน ทำให้ทราบถึงช่วงเวลาที่มียอดเบิกเกินบัญชีสูงสุด และกำไรขั้นต้นของแต่ละชุดคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางคำนวณกระแสเงินสดของโครงการที่ 3 เปรียบเทียบ 2 ทางเลือก

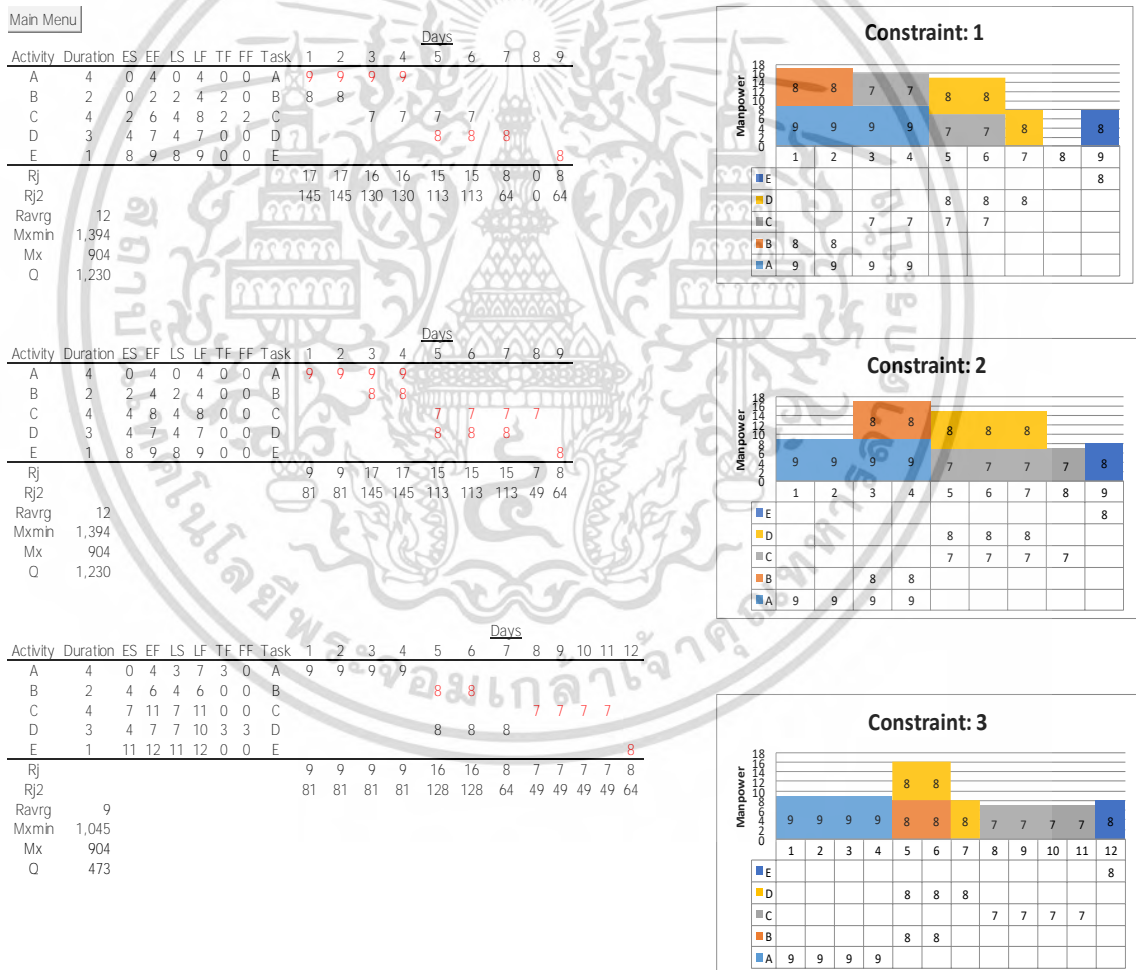
Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		5,000	5,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	7,000	7,000	7,000	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						49,000					15,000					7,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						54,000					20,000					12,000										
Markup						2,700					1,000					600										
Total Billed						56,700					21,000					12,600										
Retainage						8,505					3,150					1,890										
Payment						-					48,195					17,850						26,145				
Total Cost to date						54,000					74,000					86,000						86,000				86,000
Total bill to date						56,700					77,700					90,300						90,300				90,300
Total paid to date						-					48,195					66,045						92,190				-
Overdraft at end of week						54,000					74,540					39,090						21,631				- 4,297
Interest on overdraft						540					745					391						216				-
Total amount finance						54,540					75,285					39,481						21,848				-

		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		-	-	-	-	5,000	5,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	7,000	7,000	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						23,000					20,000					28,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						28,000					25,000					33,000										
Markup						1,400					1,250					1,650										
Total Billed						29,400					26,250					34,650										
Retainage						4,410					3,938					5,198										
Payment						-					24,990					22,313						48,195				
Total Cost to date						28,000					53,000					86,000						86,000				86,000
Total bill to date						29,400					55,650					90,300						90,300				90,300
Total paid to date						-					24,990					47,303						95,498				-
Overdraft at end of week						28,000					53,280					61,823						40,129				- 7,665
Interest on overdraft						280					533					618						401				-
Total amount finance						28,280					53,813					62,441						40,530				-

4.1.3 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ

แสดงการคำนวณตารางกิจกรรมเวลาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนงาน โดยจะมีสูตรคำนวณกิจกรรมเวลาในแต่ละแผนงานโดยแยกตามจำนวนทางเลือกคำตอบ และมีการกระจายจำนวนทรัพยากรแรงงานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมแบบคงที่ตามจำนวนระยะเวลาดำเนินงานของกิจกรรมนั้น จากนั้นจะคำนวณหาค่าปรับที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด ตามสมการ (2.3.3) ถึง (2.3.6) เพื่อนำไปคำนวณเป็นค่าปรับ

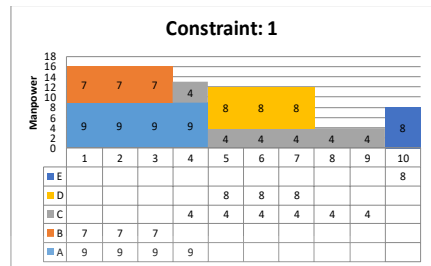
ตารางที่ 4.5 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 1



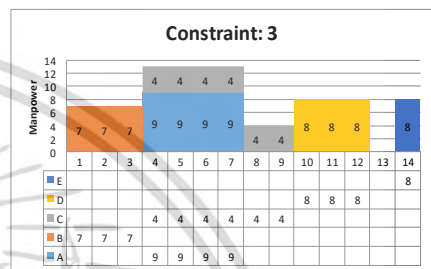
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2

Main Menu									
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days
A	4	0	4	1	5	1	0	A	9 9 9 9
B	3	0	3	0	3	0	0	B	7 7 7
C	6	3	9	3	9	0	0	C	4 4 4 4 4 4
D	3	4	7	5	8	1	1	D	8 8 8
E	1	9	10	9	10	0	0	E	8
Rj									16 16 16 13 12 12 12 4 4 8
Rj2									130 130 130 97 80 80 80 16 16 64
Ravrg	11								
Mxmin	1,277								
Mx	823								
Q	1,244								



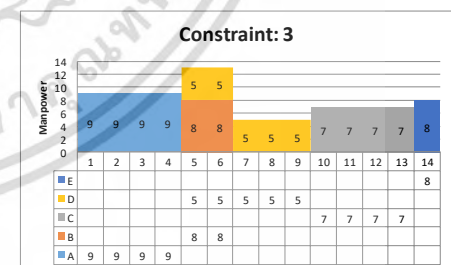
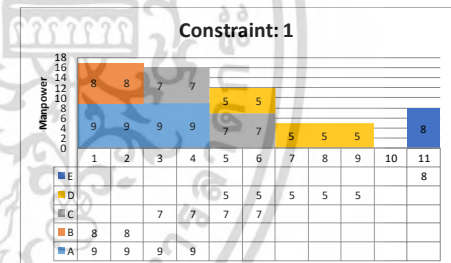
Main Menu														
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days					
A	4	3	7	3	7	0	0	A	9 9 9 9					
B	3	0	3	4	7	4	0	B	7 7 7					
C	6	3	9	7	13	4	4	C	4 4 4 4 4 4					
D	3	9	12	9	12	0	0	D	8 8 8					
E	1	13	14	13	14	0	0	E	8					
Rj									7 7 7 13 13 13 4 4 8 8 0 8					
Rj2									49 49 49 97 97 97 16 16 64 64 64 0 64					
Ravrg	8													
Mxmin	912													
Mx	823													
Q	342													



ตารางที่ 4.7 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 3

Main Menu										
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days	
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9 9 9 9	
B	2	0	2	4	6	4	0	B	8 8	
C	4	2	6	6	10	4	4	C	7 7 7 7	
D	5	4	9	4	9	0	0	D	5 5 5 5 5	
E	1	10	11	10	11	0	0	E	8	
Rj									17 17 16 16 12 12 5 5 5 0 8	
Rj2									145 145 130 130 74 74 25 25 25 0 64	
Ravrg	10									
Mxmin	1,161									
Mx	837									
Q	976									

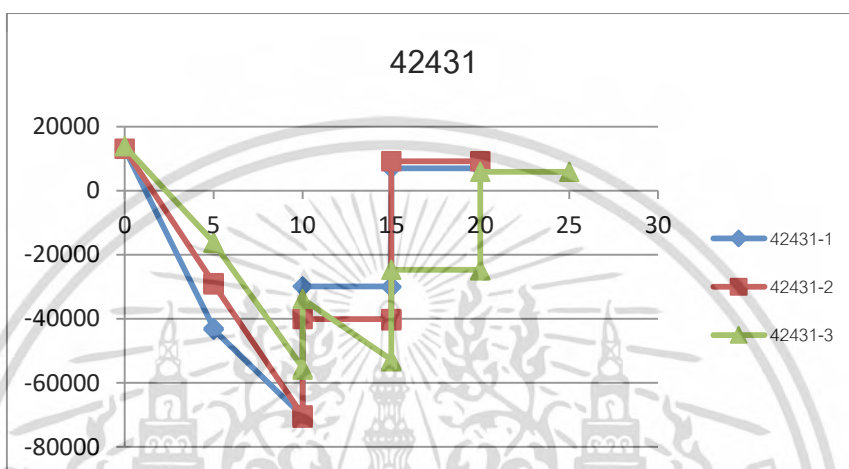
Main Menu														
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days					
A	4	0	4	3	7	3	0	A	9 9 9 9					
B	2	4	6	4	6	0	0	B	8 8					
C	4	9	13	9	13	0	0	C	7 7 7 7					
D	5	4	9	7	12	3	3	D	5 5 5 5 5					
E	1	13	14	13	14	0	0	E	8					
Rj									9 9 9 9 13 13 5 5 5 7 7 7 7 8					
Rj2									81 81 81 81 89 89 25 25 25 49 49 49 49 64					
Ravrg	8													
Mxmin	912													
Mx	837													
Q	288													



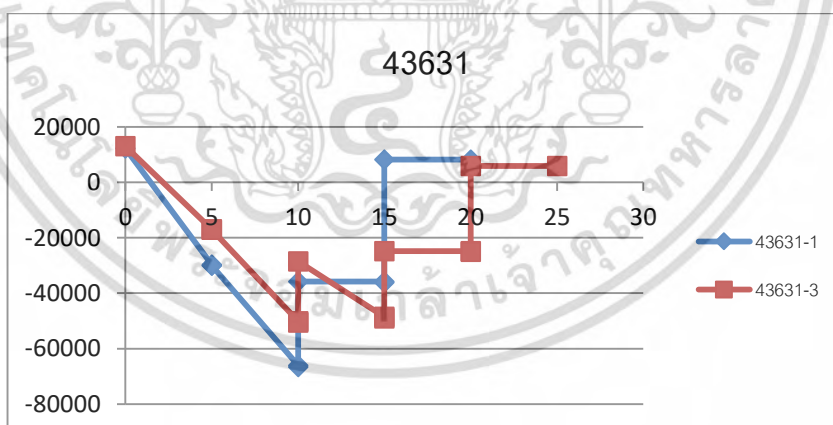
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 กราฟความสัมพันธ์ของกระแสเงินสดระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย

แสดงกราฟความสัมพันธ์กระแสเงินสดระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่วงต่างๆ ตามจำนวนชุดคำตอบทุกทางเลือก โดยเปรียบเทียบทุก Constraint ในแต่ละโครงการ

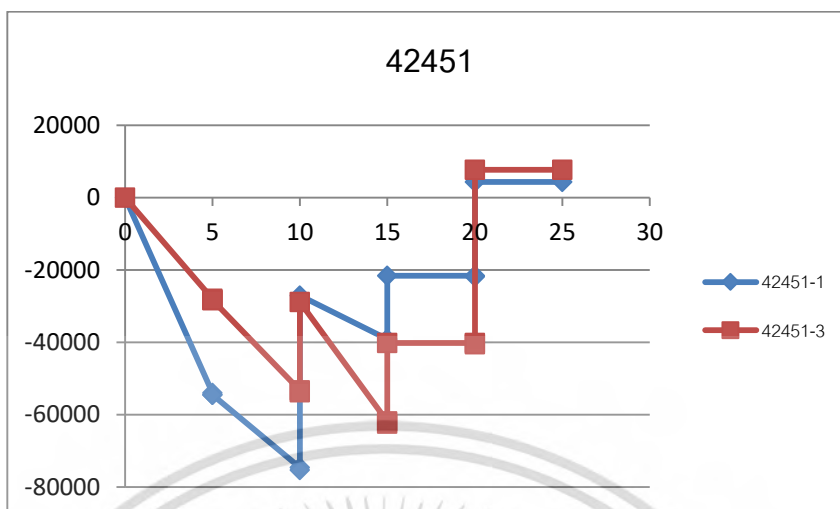


รูปที่ 4.4 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย Project 1



รูปที่ 4.5 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย Project 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟกระแสเงินสดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่าใช้จ่าย Project 3

4.1.5 สรุปผลวงเงินเครดิต ยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด และกำไรขั้นต้นของชุดคำตอบทั้งหมด

ตารางแสดงผลการคำนวณทุกชุดคำตอบที่เป็นไปได้ โดย Project 1 มี 96 คำตอบ Project 2 และ Project 3 มีอย่างละ 64 คำตอบ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดเป็นตารางคำนวณแผนงานเพื่อให้ทราบข้อมูลของแต่ละชุดคำตอบที่เป็นไปได้ มีระยะเวลารวมโครงการ ยอดเงินเบิกเกินบัญชี วงเงินเครดิต และ กำไรขั้นต้น ก่อนนำมาปรับปรุงผลกำไรสุทธิในขั้นตอนสุดท้าย ดังรูปที่ 4.13-4.15 โดยมีรายละเอียดตารางดังนี้

- a. ทางเลือก (Alternative)
- b. ข้อจำกัด (Constraint)
- c. ระยะเวลารวมโครงการ (Total duration)
- d. วงเงินเครดิต (credit limit)
- e. กิจกรรมก่อสร้าง (Activity)
 - i. ระยะเวลาดำเนินงาน (Duration)
 - ii. เวลาเริ่มกิจกรรม (Start Time)
- f. ยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด (Maximum Negative cash-flow)
- g. กำไรขั้นต้น (Gross Profit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด Project 1

Main Menu				Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum negative cash flow		Gross profit
Alternative	Constraint	Total Duration	Credit limit	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start			
63652	1	14	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	2	12	51,743	4,534	
63652	2	14	50,000	6	0	3	3	6	6	5	6	2	12	49,608	5,849	
63652	3	19	41,000	6	0	3	6	6	11	5	6	2	17	40,650	5,732	
63651	1	13	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	1	12	51,582	4,728	
63651	2	13	51,000	6	0	3	3	6	6	5	6	1	12	50,455	6,042	
63651	3	18	42,000	6	0	3	6	6	11	5	6	1	17	41,496	5,928	
63632	1	12	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	2	10	55,461	4,280	
63632	2	12	56,000	6	0	3	1	6	4	3	6	2	10	55,421	4,292	
63632	3	15	48,000	6	3	3	0	6	3	3	9	2	13	47,683	5,580	
63631	1	11	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	1	10	55,301	4,474	
63631	2	11	56,000	6	0	3	1	6	4	3	6	1	10	55,260	4,486	
63631	3	14	49,000	6	3	3	0	6	3	3	9	1	13	48,531	5,774	
63452	1	14	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	2	12	55,201	4,651	
63452	2	14	58,000	6	0	3	5	4	8	5	6	2	12	57,371	6,962	
63452	3	17	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	2	15	50,359	4,590	
63451	1	13	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	1	12	55,040	4,844	
63451	2	13	59,000	6	0	3	5	4	8	5	6	1	12	58,219	7,156	
63451	3	16	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	1	15	50,196	4,785	
63432	1	12	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	2	10	58,919	4,397	
63432	2	12	59,000	6	0	3	3	4	6	3	6	2	10	58,748	4,446	
63432	3	15	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	59,036	7,830	
63431	1	11	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	58,759	4,591	
63431	2	11	59,000	6	0	3	3	4	6	3	6	1	10	58,587	4,640	
63431	3	14	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	59,884	8,024	
62652	1	14	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	52,642	4,553	
62652	2	14	52,000	6	0	2	4	6	6	5	6	2	12	51,198	5,885	
62652	3	19	41,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	40,774	5,765	
62651	1	13	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	52,482	4,747	
62651	2	13	53,000	6	0	2	4	6	6	5	6	1	12	52,045	6,079	
62651	3	18	42,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	41,620	5,960	
62632	1	12	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	56,361	4,299	
62632	2	12	57,000	6	0	2	2	6	4	3	6	2	10	56,280	4,322	
62632	3	14	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	52,281	4,952	
62631	1	11	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	56,200	4,493	
62631	2	11	57,000	6	0	2	2	6	4	3	6	1	10	56,120	4,516	
62631	3	13	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	52,120	5,146	
62452	1	14	57,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	56,131	4,661	
62452	2	14	59,000	6	0	2	6	4	8	5	6	2	12	58,229	6,995	
62452	3	17	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	51,216	4,622	
62451	1	13	56,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	55,970	4,855	
62451	2	13	60,000	6	0	2	6	4	8	5	6	1	12	59,077	7,189	
62451	3	16	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	51,054	4,818	
62432	1	12	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	59,849	4,407	
62432	2	12	60,000	6	0	2	4	4	6	3	6	2	10	59,587	4,482	
62432	3	15	60,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	59,894	7,864	
62431	1	11	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	59,689	4,601	
62431	2	11	60,000	6	0	2	4	4	6	3	6	1	10	59,426	4,676	
62431	3	14	61,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	60,742	8,058	
43652	1	12	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	57,241	4,324	
43652	2	12	58,000	4	0	3	1	6	4	5	4	2	10	57,200	4,336	
43652	3	17	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	42,406	4,529	
43651	1	11	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	57,080	4,518	
43651	2	11	58,000	4	0	3	1	6	4	5	4	1	10	57,040	4,530	
43651	3	16	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	42,244	4,725	
43632	1	11	62,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	61,990	3,904	
43632	2	11	62,000	4	1	3	0	6	3	3	5	2	9	61,949	3,916	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด Project 2

Main Menu		Total		Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum	Maximum
Alternative	Constraint	Duration	Credit limit	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	negative cash flow	Gross profit
63652	1	14	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	2	12	51,743	4,534
63652	3	19	41,000	6	0	3	6	6	11	5	6	2	17	40,650	5,732
63651	1	13	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	1	12	51,582	4,728
63651	3	18	42,000	6	0	3	6	6	11	5	6	1	17	41,496	5,928
63632	1	12	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	2	10	55,461	4,280
63632	3	15	48,000	6	3	3	0	6	3	3	9	2	13	47,683	5,580
63631	1	11	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	1	10	55,301	4,474
63631	3	14	49,000	6	3	3	0	6	3	3	9	1	13	48,531	5,774
63452	1	14	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	2	12	55,201	4,651
63452	3	17	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	2	15	50,359	4,590
63451	1	13	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	1	12	55,040	4,844
63451	3	16	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	1	15	50,196	4,785
63432	1	12	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	2	10	58,919	4,397
63432	3	15	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	59,036	7,830
63431	1	11	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	58,759	4,591
63431	3	14	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	59,884	8,024
62652	1	14	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	52,642	4,553
62652	3	19	41,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	40,774	5,765
62651	1	13	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	52,482	4,747
62651	3	18	42,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	41,620	5,960
62632	1	12	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	56,361	4,299
62632	3	14	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	52,281	4,952
62631	1	11	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	56,200	4,493
62631	3	13	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	52,120	5,146
62452	1	14	57,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	56,131	4,661
62452	3	17	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	51,216	4,622
62451	1	13	56,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	55,970	4,855
62451	3	16	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	51,054	4,818
62432	1	12	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	59,849	4,407
62432	3	15	60,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	59,894	7,864
62431	1	11	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	59,689	4,601
62431	3	14	61,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	60,742	8,058
43652	1	12	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	57,241	4,324
43652	3	17	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	42,406	4,529
43651	1	11	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	57,080	4,518
43651	3	16	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	42,244	4,725
43632	1	11	62,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	61,990	3,904
43632	3	14	55,000	4	3	3	0	6	6	3	7	2	12	54,043	5,726
43631	1	10	67,000	4	0	3	0	6	3	3	4	1	9	66,672	8,255
43631	3	13	55,000	4	3	3	0	6	6	3	7	1	12	54,890	5,920
43452	1	12	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	2	10	60,699	4,441
43452	3	15	53,000	4	0	3	4	4	9	5	4	2	13	52,698	7,866
43451	1	11	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	1	10	60,538	4,635
43451	3	14	54,000	4	0	3	4	4	9	5	4	1	13	53,546	8,059
43432	1	10	70,000	4	0	3	0	4	3	3	4	2	8	69,281	7,869
43432	3	13	56,000	4	0	3	4	4	7	3	4	2	11	55,146	5,682
43431	1	9	71,000	4	0	3	0	4	3	3	4	1	8	70,130	8,061
43431	3	12	55,000	4	0	3	4	4	7	3	4	1	11	54,985	5,876
42652	1	12	59,000	4	0	2	0	6	2	5	4	2	10	58,141	4,343
42652	3	17	42,000	4	0	2	4	6	9	5	4	2	15	41,799	4,556
42651	1	11	58,000	4	0	2	0	6	2	5	4	1	10	57,980	4,537
42651	3	16	42,000	4	0	2	4	6	9	5	4	1	15	41,637	4,751
42632	1	10	67,000	4	0	2	0	6	2	3	4	2	8	66,723	7,453
42632	3	13	56,000	4	2	2	0	6	5	3	6	2	11	55,617	5,103
42631	1	9	68,000	4	0	2	0	6	2	3	4	1	8	67,572	7,645
42631	3	12	56,000	4	2	2	0	6	5	3	6	1	11	55,457	5,297
42452	1	12	62,000	4	0	2	0	4	2	5	4	2	10	61,629	4,451
42452	3	15	53,000	4	0	2	4	4	9	5	4	2	13	52,092	7,893
42451	1	11	62,000	4	0	2	0	4	2	5	4	1	10	61,468	4,645
42451	3	14	53,000	4	0	2	4	4	9	5	4	1	13	52,940	8,087
42432	1	10	71,000	4	0	2	0	4	2	3	4	2	8	70,211	6,778
42432	3	13	57,000	4	0	2	4	4	7	3	4	2	11	56,015	5,710
42431	1	9	72,000	4	0	2	0	4	2	3	4	1	8	71,060	6,971
42431	3	12	56,000	4	0	2	4	4	7	3	4	1	11	55,854	5,903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ตารางสรุปผลยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด Project 3

Main Menu		Total		Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum	Gross
Alternative	Constraint	Duration	Credit limit	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	negative cash flow	profit
63432	3	15	70,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	69,957	-7,409
63431	1	11	73,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	72,094	-4,232
63431	3	14	71,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	70,967	-7,596
62652	1	14	66,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	65,014	-4,220
62652	3	19	51,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	50,666	-5,293
62651	1	13	66,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	65,014	-4,408
62651	3	18	51,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	50,666	-5,480
62632	1	12	70,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	69,054	-3,960
62632	3	14	65,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	64,973	-4,600
62631	1	11	70,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	69,054	-4,148
62631	3	13	65,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	64,973	-4,788
62452	1	14	70,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	69,145	-4,323
62452	3	17	63,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	62,786	-4,137
62451	1	13	70,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	69,145	-4,511
62451	3	16	63,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	62,786	-4,325
62432	1	12	74,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	73,185	-4,063
62432	3	15	71,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	70,977	-7,437
62431	1	11	74,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	73,185	-4,250
62431	3	14	72,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	71,987	-7,625
43652	1	12	71,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	70,094	-3,985
43652	3	17	53,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	52,063	-4,083
43651	1	11	71,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	70,094	-4,172
43651	3	16	53,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	52,063	-4,270
43632	1	11	76,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	75,164	-3,563
43632	3	15	64,000	4	3	3	0	6	3	3	9	2	13	63,933	-5,325
43631	1	10	80,000	4	0	3	0	6	3	3	4	1	9	79,204	-7,949
43631	3	14	64,000	4	3	3	0	6	3	3	9	1	13	63,933	-5,513
43452	1	12	75,000	4	0	3	0	4	3	5	4	2	10	74,195	-4,092
43452	3	15	63,000	4	0	3	4	4	9	5	4	2	13	62,193	-7,452
43451	1	11	75,000	4	0	3	0	4	3	5	4	1	10	74,195	-4,279
43451	3	14	64,000	4	0	3	4	4	9	5	4	1	13	63,203	-7,639
43432	1	10	83,000	4	0	3	0	4	3	3	4	2	8	82,295	-7,558
43432	3	13	69,000	4	0	3	4	4	7	3	4	2	11	68,963	-5,284
43431	1	9	84,000	4	0	3	0	4	3	3	4	1	8	83,305	-7,746
43431	3	12	69,000	4	0	3	4	4	7	3	4	1	11	68,963	-5,471
42652	1	12	72,000	4	0	2	0	6	2	5	4	2	10	71,155	-4,007
42652	3	17	52,000	4	0	2	4	6	9	5	4	2	15	51,301	-4,107
42651	1	11	72,000	4	0	2	0	6	2	5	4	1	10	71,155	-4,194
42651	3	16	52,000	4	0	2	4	6	9	5	4	1	15	51,301	-4,295
42632	1	10	80,000	4	0	2	0	6	2	3	4	2	8	79,255	-7,155
42632	3	14	70,000	4	2	2	0	6	2	3	8	2	12	69,074	-4,707
42631	1	9	81,000	4	0	2	0	6	2	3	4	1	8	80,265	-7,342
42631	3	13	70,000	4	2	2	0	6	2	3	8	1	12	69,074	-4,895
42452	1	12	76,000	4	0	2	0	4	2	5	4	2	10	75,285	-4,110
42452	3	15	62,000	4	0	2	4	4	9	5	4	2	13	61,431	-7,478
42451	1	11	76,000	4	0	2	0	4	2	5	4	1	10	75,285	-4,297
42451	3	14	63,000	4	0	2	4	4	9	5	4	1	13	62,441	-7,665
42432	1	10	84,000	4	0	2	0	4	2	3	4	2	8	83,386	-6,475
42432	3	13	70,000	4	0	2	4	4	7	3	4	2	11	69,993	-5,310
42431	1	9	85,000	4	0	2	0	4	2	3	4	1	8	84,396	-6,663
42431	3	12	70,000	4	0	2	4	4	7	3	4	1	11	69,993	-5,497

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิ

ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิ โดยการนำค่ากำไรขั้นต้น (Gross Profit) และค่าปรับมาปรับปรุงเพื่อกำไรสุทธิโดยวิธี Integer Programming: IP ซึ่งหนึ่งทางเลือกจะเลือกค่าที่มีกำไรสุทธิมากที่สุดจากจำนวนข้อจำกัดของแต่ละโครงการ แต่ต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด โดยแสดงผลตามจำนวนทางเลือกทั้งหมดของโครงการของ 5 กิจกรรม คือ 32 ทางเลือก

ตารางที่ 4.11 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 1

Alternative	Credit Limit	Project Time			Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
		c.1	c.2	c.3		Penalty	Delay	Bonus	
63652	50,000	14	14	19	5,849	1,191	-		4,657
63651	51,000	13	13	18	6,042	1,231		300	5,111
63632	48,000	12	12	15	5,580	727	350		4,503
63631	49,000	11	11	14	5,774	756	-		5,018
63452	58,000	14	14	17	6,962	1,011	-		5,951
63451	59,000	13	13	16	7,156	1,056		300	6,400
63432	60,000	12	12	15	7,830	549	350		6,932
63431	60,000	11	11	14	8,024	583	-		7,442
62652	52,000	14	14	19	5,885	1,056	-		4,829
62651	53,000	13	13	18	6,079	1,091		300	5,287
62632	53,000	12	12	14	4,952	750	-		4,202
62631	53,000	11	11	13	5,146	785		300	4,661
62452	59,000	14	14	17	6,995	862	-		6,133
62451	60,000	13	13	16	7,189	902		300	6,587
62432	60,000	12	12	15	7,864	363	350		7,151
62431	61,000	11	11	14	8,058	391	-		7,667
43652	58,000	12	12	17	4,336	1,196		600	3,740
43651	58,000	11	11	16	4,530	1,260		900	4,169
43632	51,000	11	11	15	5,703	313	350		5,040
43631	67,000	10	10	14	8,896	1,244		1,200	8,852
43452	53,000	12	12	15	7,866	453	350		7,063
43451	54,000	11	11	14	8,059	488	-		7,572
43432	70,000	10	10	13	8,992	1,274		1,200	8,917
43431	71,000	9	9	12	9,184	1,376		1,500	9,308
42652	59,000	12	12	17	4,366	1,050		600	3,917
42651	58,000	11	11	16	4,560	1,112		900	4,348
42632	67,000	10	10	14	7,453	1,234		1,200	7,419
42631	68,000	9	9	13	7,645	1,329		1,500	7,817
42452	53,000	12	12	15	7,893	259	350		7,284
42451	53,000	11	11	14	8,087	288	-		7,799
42432	71,000	10	10	13	9,023	1,128		1,200	9,096
42431	71,000	9	9	12	9,216	1,230		1,500	9,486

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 2

Main Menu		Project Time		Gross	Resource	Adjusted		
Alternative	Credit Limit	c.1	c.3	Profit	Penalty	Delay	Bonus	Profit
63652	41,000	14	19	5,732	367	1,750		3,615
63651	42,000	13	18	5,928	359	1,400		4,169
63632	48,000	12	15	5,580	727	350		4,503
63631	49,000	11	14	5,774	756	-		5,018
63452	56,000	14	17	4,651	1,011	-		3,640
63451	56,000	13	16	4,844	1,056		300	4,089
63432	60,000	12	15	7,830	549	350		6,932
63431	60,000	11	14	8,024	583	-		7,442
62652	41,000	14	19	5,765	183	1,750		3,832
62651	42,000	13	18	5,960	165	1,400		4,396
62632	53,000	12	14	4,952	750	-		4,202
62631	53,000	11	13	5,146	785		300	4,661
62452	57,000	14	17	4,661	862	-		3,799
62451	56,000	13	16	4,855	902		300	4,253
62432	60,000	12	15	7,864	363	350		7,151
62431	61,000	11	14	8,058	391	-		7,667
43652	58,000	12	17	4,324	1,196		600	3,729
43651	58,000	11	16	4,518	1,260		900	4,158
43632	51,000	11	15	5,703	313	350		5,040
43631	67,000	10	14	8,255	1,244		1,200	8,210
43452	53,000	12	15	7,866	453	350		7,063
43451	54,000	11	14	8,059	488	-		7,572
43432	70,000	10	13	7,869	1,274		1,200	7,795
43431	71,000	9	12	8,061	1,376		1,500	8,185
42652	59,000	12	17	4,343	1,050		600	3,894
42651	58,000	11	16	4,537	1,112		900	4,325
42632	67,000	10	14	7,453	1,234		1,200	7,419
42631	68,000	9	13	7,645	1,329		1,500	7,817
42452	53,000	12	15	7,893	259	350		7,284
42451	53,000	11	14	8,087	288	-		7,799
42432	71,000	10	13	6,778	1,128		1,200	6,851
42431	72,000	9	12	6,971	1,230		1,500	7,241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิของ Project 3

Main Menu		Project Time		Gross Profit	Resource Penalty	Delay	Bonus	Adjusted Profit
Alternative	Credit Limit	c.1	c.3					
63652	50,000	14	<u>19</u>	5,266	367	1,750		3,148
63651	50,000	13	<u>18</u>	5,453	359	1,400		3,694
63632	60,000	12	<u>15</u>	5,216	727	350		4,139
63631	60,000	11	<u>14</u>	5,403	756	-		4,647
63452	69,000	<u>14</u>	17	4,305	1,011	-		3,294
63451	69,000	<u>13</u>	16	4,492	1,056		300	3,737
63432	70,000	12	<u>15</u>	7,409	549	350		6,510
63431	71,000	11	<u>14</u>	7,596	583	-		7,013
62652	51,000	14	<u>19</u>	5,293	183	1,750		3,360
62651	51,000	13	<u>18</u>	5,480	165	1,400		3,916
62632	65,000	12	<u>14</u>	4,600	750	-		3,850
62631	65,000	11	<u>13</u>	4,788	785		300	4,303
62452	70,000	<u>14</u>	17	4,323	862	-		3,461
62451	70,000	<u>13</u>	16	4,511	902		300	3,908
62432	71,000	12	<u>15</u>	7,437	363	350		6,724
62431	72,000	11	<u>14</u>	7,625	391	-		7,234
43652	71,000	<u>12</u>	17	3,985	1,196		600	3,389
43651	71,000	<u>11</u>	16	4,172	1,260		900	3,812
43632	64,000	11	<u>15</u>	5,325	313	350		4,662
43631	64,000	10	<u>14</u>	5,513	342	-		5,171
43452	63,000	12	<u>15</u>	7,452	521	350		6,581
43451	64,000	11	<u>14</u>	7,639	488	-		7,152
43432	69,000	10	<u>13</u>	5,284	607		300	4,977
43431	69,000	9	<u>12</u>	5,471	668		600	5,403
42652	72,000	<u>12</u>	17	4,007	1,050		600	3,557
42651	72,000	<u>11</u>	16	4,194	1,112		900	3,983
42632	70,000	10	<u>14</u>	4,707	328	-		4,379
42631	70,000	9	<u>13</u>	4,895	364		300	4,831
42452	62,000	12	<u>15</u>	7,478	259	350		6,868
42451	63,000	11	<u>14</u>	7,665	288	-		7,377
42432	70,000	10	<u>13</u>	5,310	416		300	5,193
42431	70,000	9	<u>12</u>	5,497	473		600	5,624

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 ตารางสรุปเปรียบเทียบกำไรทั้ง 3 โครงการ

แสดงเปรียบเทียบกำไรทั้ง 3 โครงการโดยแยกตามวงเงินเครดิตจากมากไปหาน้อย เพื่อหาโครงการที่ให้ผลกำไรมากที่สุดโดยใช้ต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่ค่าต่างๆ

ตารางที่ 4.14 ตารางสรุปเปรียบเทียบกำไรสูงสุด 3 โครงการ ที่วงเงินเครดิตค่าต่างๆ

Main Menu		Project	Alternative	Credit Limit	Project Time			Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
					c.1	c.2	c.3		Penalty	Delay	Bonus	
		Credit limit 72,000										
กลุ่มที่ 1	*1	42431	71,000	9	9	12	9,216	1,230		1,500	9,486	
	2	43631	67,000	10	-	14	8,255	1,244		1,200	8,210	
	3	42451	63,000	11	-	14	7,665	288			7,377	
		Credit limit 67,000										
กลุ่มที่ 2	*1	43631	67,000	10	10	14	8,896	1,244		1,200	8,852	
	2	43631	67,000	10	-	14	8,255	1,244		1,200	8,210	
	3	42451	63,000	11	-	14	7,665	288	-		7,377	
		Credit limit 63,000										
กลุ่มที่ 3	*1	42451	53,000	11	11	14	8,087	288	-		7,799	
	*2	42451	53,000	11	-	14	8,087	288	0		7,799	
	3	42451	63,000	11	-	14	7,665	288	0		7,377	
		Credit limit 52,000										
กลุ่มที่ 4	*1	43631	51,000	10	10	14	5,896	342	-		5,555	
	*2	43631	51,000	10	-	14	5,896	342	-		5,555	
	3	62651	51,000	13	-	18	5,480	165	1,400		3,916	
		Credit limit 50,000										
กลุ่มที่ 5	*1	63631	49,000	11	11	14	5,774	756	-		5,018	
	*2	63631	49,000	11	-	14	5,774	756	-		5,018	
	3	63651	50,000	13	-	18	5,453	359	1,400		3,694	
		Credit limit 48,000										
กลุ่มที่ 6	*1	63632	48,000	12	12	15	5,580	727	350		4,503	
	*2	63632	48,000	12	-	15	5,580	727	350		4,503	
	3										** Nor found solution**	
		Credit limit 47,000										
กลุ่มที่ 7	*1	62651	42,000	13	13	18	5,960	165	1,400		4,396	
	*2	62651	42,000	13	-	18	5,960	165	1,400		4,396	
	3										** Nor found solution**	
		Credit limit 41,000										
กลุ่มที่ 8	*1	62652	41,000	14	14	19	5,765	183	1,750		3,832	
	*2	62652	41,000	14	-	19	5,765	183	1,750		3,832	
	3										** Nor found solution**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อภิปรายผลทดสอบ

จากผลการทดสอบเมื่อนำทั้ง 3 โครงการมาทำการเปรียบเทียบกันโดยจัดเรียงลำดับตามกลุ่มของวงเงินเครดิตที่ค่าต่างๆ จากมากไปหาน้อย จะแบ่งได้เป็น 8 กลุ่ม ดังตารางที่ 4.2 โดยจะแสดงรายละเอียดต่างๆของตารางดังนี้

- Project จะแสดงหมายเลขโครงการและเครื่องหมายดอกจัน (*) ที่หน้าตัวเลขหมายถึงโครงการที่ให้กำไรสุทธิสูงสุด
- Alternative แสดงทางเลือกของคำตอบที่เป็นไปได้
- Credit limit แสดงวงเงินเครดิตที่ได้จากยอดเงินเบิกเกินบัญชีของทางเลือกของคำตอบ
- Project Time จะแสดงระยะเวลารวมโครงการที่ถูกเลือก จะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อจำกัดที่แต่ละโครงการกำหนด
- Gross Profit ช่องแสดงกำไรขั้นต้นได้จากตารางคำนวณกระแสเงินสดในช่องOverdraft at end of week ที่ช่วง period สุดท้าย
- Resource Penalty ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด
- Delay ค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้ากว่าแผนงานตามสัญญา
- Bonus ผลตอบแทนที่ทำงานแล้วเสร็จเร็วกว่าแผนงานตามสัญญา
- Adjust Profit ช่องแสดงกำไรสุทธิหลังหักค่าปรับทั้งหมด

จากผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

- Project 1 ซึ่งโครงการที่เลือกใช้ 3 constraints พบว่าช่วง 2 กลุ่มแรก ที่วงเงินเครดิต 72,000 และ 67,000 ตามลำดับ Project 1 จะให้กำไรสุทธิที่ดีกว่า โดย Project 1 จะเลือกทางเลือก 42431 ซึ่งเป็นกรณีที่ทุกกิจกรรมก่อสร้างใช้ทางเลือกวิธีดำเนินงานที่ 2 (Compressed duration) ในการดำเนินงานวางแผนโครงการและใช้วิธีการปรับระดับทรัพยากรให้มีค่าเช่าใกล้ค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวม (TF) จนทำให้ทุกกิจกรรมมีเวลาลอยตัวรวม (TF) เท่า ศูนย์ ซึ่งทำให้ทุกกิจกรรมเป็นกิจกรรมวิกฤตและทุกสายงานเป็นสายงานวิกฤติ ทำให้ระยะเวลารวมโครงการเท่ากับ 9 วันซึ่งเร็วกว่าแผนงานตามสัญญาที่ 14 วัน เป็นไปตามหลักการ TCT เพื่อลดต้นทุนในส่วน of ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect cost)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Project 2 เป็นโครงการที่มีเงื่อนไขทางการเงินและค่าใช้จ่ายดำเนินงานจะเหมือนกับProject 1 แต่เลือกข้อจำกัด 1 และ 3 ซึ่งเป็นการเลื่อนกิจกรรมที่มีการแข่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกัน ออกไปเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางตรงที่จะเกิดขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายรวมสะสมในแต่ละช่วงคาบเวลา สูงขึ้น พบว่ากลุ่มที่ 3 ถึง 8 จะได้คำตอบเดียวกันกับ Project 1 พบว่าวงเงินเครดิตจากกลุ่ม 3 ไปถึง กลุ่ม 8 มีแนวโน้มลดลงและเป็นสัดส่วนกับระยะเวลารวมโครงการที่มีการขยายเวลาออกไป อีกทั้ง ทางเลือกวิธีดำเนินงานยังมีแนวโน้มเข้าสู่ทางเลือกที่ 1 (Normal durations) ตามลำดับ และผล คำตอบทุกคำตอบจะเลือกใช้แผนงานข้อจำกัดที่ 3 ซึ่งเป็นการเลื่อนวันเริ่มกิจกรรมออกไปเพื่อไม่ให้เกิด การใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันที่วันและเวลาเดียวกัน ทำให้ผลรวมค่าใช้จ่ายทางตรงในแต่ละ คาบเวลามีค่าน้อย ทำให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดมีค่าน้อยลง อีกทั้งค่าปรับที่เกิดจากการใช้ ทรัพยากรเกินขีดจำกัดก็มียกเลิกด้วยเช่นกัน จะเห็นได้ว่าจากส่วนผสมทางเลือกและข้อจำกัดแนว ทางการจัดการโดยการขยายระยะเวลาโครงการออกไปโดยใช้ข้อจำกัดที่ 3 จะทำให้วงเงินเครดิตมีค่า ลดลงตามไปด้วยอีกทั้งยังเป็นส่วนผสมทางเลือกที่ให้กำไรมากที่สุดอีกด้วย
- Project 3 ซึ่งเป็นโครงการเดียวที่มีการจ่ายเงินแบบ Unit Price หรือไม่มีการจ่ายเงิน ล่วงหน้า พบว่าจะให้กำไรสุทธิน้อยกว่ากรณีที่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้าซึ่งมีสาเหตุมาจากต้องเสีย ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากดอกเบี้ยจ่ายเงินเบิกเกินบัญชี (Interest on overdraft) สูงกว่า เนื่องจาก ผู้รับเหมาต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในช่วงดำเนินงานเองทั้งหมดทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าในกรณี เงื่อนไขที่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า อีกทั้งยังพบว่าวงเงินเครดิตที่เท่ากับหรือน้อยกว่า 48,000 บาทไม่ สามารถหาคำตอบได้ ความหมายคือค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ได้คือที่วงเงินเครดิตที่ 50,000 ของกลุ่ม 5 ซึ่งเป็นการเลือกวิธีขยายแผนงานโดยเลือกวิธีดำเนินงานวิธีที่ 1 เพื่อต้องการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายแต่ ยอมเสียค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้าไปอีก 4 วันซึ่งเป็นเงิน 1,400 บาท และเพื่อเป็นการลดค่าปรับด้าน ทรัพยากรให้เหลือน้อยที่สุดที่ 359 บาท ทำให้ได้กำไรสุทธิที่ดีที่สุดที่ 3,694 บาท

ตารางสรุปผลปรับปรุงกำไรสุทธิ จะนำเอากำไรขั้นตอนที่ได้จากการคำนวณกระแสเงินสดซึ่ง จะนำผลคำตอบทั้งหมดซึ่งรวมถึงจำนวนเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร เช่น Project 1 มีจำนวน 3 constraints จะทำการคำนวณผลคำตอบทั้งหมดเท่ากับ $n^m \times 3 = 2^5 \times 3 = 96$ คำตอบ จากนั้น นำผลคำตอบแต่ละชุดไปคำนวณค่าปรับตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สมการ (3.2) โดยค่าปรับแบ่ง ออกเป็น 3 ส่วนคือ ค่าปรับเนื่องจากความล่าช้า ค่าปรับเนื่องจากใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด และ ผลตอบแทนจากการทำงานเร็วกว่าแผนที่วางไว้ ซึ่งรายละเอียดตารางจะแสดงผลของทางเลือกที่ดี ที่สุดในแต่ละชุดคำตอบ จากการทดสอบเปรียบเทียบ 3 โครงการ ทางเลือกกิจกรรม 43431 เป็น ทางเลือกคำตอบที่ดีที่สุด โดยเลือกใช้ข้อจำกัด c2 (พยายามเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวมเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับระดับสมมูลทรัพยากรให้คงที่ แต่ยังคงรักษาระยะเวลารวมโครงการไว้คงเดิม) มีระยะเวลารวมโครงการ 9 วัน พบว่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดเท่ากับ 70,719 บาท โดยปิดเศษขึ้นทีละ 1,000 เพื่อกำหนดเป็นวงเงินเครดิตจะได้ 71,000 บาท และกำไรขั้นต้นเท่ากับ 9,216 บาท หลังจากปรับค่าแล้วจะเสียค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัดเนื่องจากชุดคำตอบนี้ได้เลือกวิธีดำเนินงานที่เป็นการเร่งงานทั้งหมด ซึ่งจะเกิดต้นทุนที่สูงขึ้น ทำให้ต้องเสียค่าปรับเพิ่มเท่ากับ 1,230 บาท แต่เนื่องจากระยะเวลารวมโครงการเสร็จเร็วกว่าแผนงานตามสัญญาจึงได้รับผลตอบแทนเป็น Bonus ที่ 5 วัน รวมเป็นจำนวนเงิน Bonus เท่ากับ $5 \times 300 = 1,500$ บาท รวมกำไรสุทธิเท่ากับ 9,486 บาท ซึ่งเป็นคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้วงเงินเครดิต 71,000 บาท

ข้อจำกัดด้านวงเงินเครดิต เป็นเงื่อนไขที่สำคัญที่มีผลต่อกำไรของโครงการและยอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุด การยืดขยายเวลาโครงการออกไปจึงเป็นวิธีที่ทำได้และเหมาะสมเพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายโครงการลง โดยเลือกข้อจำกัด c3 ซึ่งเป็นการเลื่อนวันเริ่มงานของกิจกรรมออกไปเพื่อพยายามลดค่าใช้จ่ายที่เป็น Total cost ในแต่ละช่วง period ให้น้อย โดยรักษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมไว้คงเดิมจะเห็นได้ว่าผลคำตอบที่ได้ กลุ่ม 3 ถึง กลุ่ม 8 กำไรที่ดีที่สุดในแต่ละวงเงินเครดิตจะเกิดจากข้อจำกัด c1 ทั้งหมด

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการพัฒนาเทคนิคการสร้างโมเดลปัญหาการจัดตารางเวลางานก่อสร้าง (Construction scheduling problems) ที่สามารถบูรณาการเงื่อนไขด้านทรัพยากรหลักของโครงการก่อสร้าง ได้แก่ เวลา ต้นทุน วัสดุ แรงงาน/เครื่องจักร และเงินสด ซึ่งทรัพยากรหลักของโครงการเหล่านี้มีอยู่อย่างจำกัด หน้าที่สำคัญของการบริหารโครงการก่อสร้างจึงเป็นการวางแผนงานและควบคุมการใช้ทรัพยากรต่างๆ เหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามทรัพยากรหลักเหล่านี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างกันอยู่อย่างซับซ้อนทั้งทางตรงและทางอ้อม การเปลี่ยนแปลงของจำนวนทรัพยากรหลักประเภทใดประเภทหนึ่งจะส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้ทรัพยากรหลักประเภทอื่นๆ ทั้งในลักษณะที่แปรผันตามและแปรผกผัน ดังนั้นการวางแผนการใช้ทรัพยากรหลักเหล่านี้จึงเป็นงานที่ต้องใช้ทักษะและการคำนวณขั้นสูง อาจจะต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยงาน

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการสร้างโมเดลปัญหาการวางแผนงานแบบบูรณาการทรัพยากรหลักของโครงการเรียกว่า (Integrated Common Resource Project Scheduling Problem: ICRPSP) และทดสอบโมเดลนี้ เพื่อให้ได้แผนงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น โมเดลปัญหาการวางแผนมีลักษณะทั่วไปเป็นการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization problems) ส่วนประกอบหลักของโมเดล ได้แก่ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และฟังก์ชันข้อจำกัด ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นในรูปแบบการทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นตัวกำหนดลักษณะคำตอบ ใช้ประเมินผลคำตอบ และใช้สร้างขอบเขตจำกัดของคำตอบที่ต้องการ

หลักการ ICRPSP เป็นการนำรวมเทคนิคโมเดลปัญหา 2 ส่วน คือ โมเดลปัญหาทางด้านต้นทุนค่าใช้จ่าย (TCT) และ โมเดลปัญหาด้านบริหารจัดการด้านทรัพยากรในโครงการ (Resource-constrained project scheduling problem: RCPS) เข้าไว้ด้วยกันโดยงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงโจทย์ตัวอย่างงานวิจัยของ Elazouni and Fikry G. Metwally โดยใช้ตัวอย่าง 5 กิจกรรมย่อย ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีทางเลือกได้ 2 วิธีคือ 1. Normal duration และ 2. Compressed duration ในแต่ละทางเลือกประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน คือ 1. ระยะเวลา 2. ค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวัน และ 3. จำนวนทรัพยากรที่ใช้ต่อวัน การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมหรือกิจกรรมก่อนหน้า Predecessor สามารถกำหนดได้ 4 รูปแบบความสัมพันธ์ ในแต่ละกิจกรรมสามารถกำหนดประเภทการใช้ทรัพยากร

ได้ ซึ่งทำให้แบบจำลองโมเดลปัญหาใกล้เคียงกับปัญหาในการทำงานจริงให้มากยิ่งขึ้น จากนั้นได้สร้างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลที่ทำงานบนโปรแกรมคำนวณพื้นฐาน Microsoft Excel โดยใช้ VBA เป็นเครื่องมือในการสร้างโมเดลเชิงวัตถุ Object Model ตามหลักการของ OOP เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานร่วมกันของ 3 ส่วน คือ 1. Microsoft Excel 2. Visual Basic for Application (VBA) และ 3. Microsoft Project จากนั้นออกแบบพื้นที่นำเข้าข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานและสร้างปุมคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยวิธี Linear Programming (LP) เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดสอบโมเดลต่อไป

ผลจากการทดสอบโมเดลเปรียบเทียบ 3 โครงการ ตามตารางที่ 4.14 โดยให้โครงการที่ 1 และ 2 มีการจ่ายเงิน Advanced payment ส่วน project 3 ไม่มีการจ่ายเงิน Advanced payment พิจารณาตามความสัมพันธ์ระหว่าง วงเงินเครดิต ระยะเวลาโครงการ กำไรสุทธิ สรุปผลได้ดังนี้

1. วงเงินเครดิตมีผลต่อระยะเวลาโครงการและกำไรสุทธิของโครงการ โดยวงเงินเครดิตที่สูงโครงการจะเลือกเทคนิค TCT ในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายโครงการให้น้อยที่สุด และเป็นการลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Overhead) ที่เกิดขึ้นซึ่งจะแปรผันตรงกับระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการเพื่อให้เกิดกำไรสูงสุด ในขณะที่เดียวกันกรณีที่ยอดวงเงินเครดิตต่ำ โครงการจะเลือกใช้เทคนิค Resource allocation และ Resource leveling ในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายสะสมรวมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน และเลือกใช้กิจกรรมที่มีค่าใช้จ่ายน้อยสุดในการวางแผนงาน นั่นคือพยายามใช้เลือกใช้ “ทางเลือก” (Option) ของเวลาทำงานปกติ (Normal duration) ในการควบคุมค่าใช้จ่าย ซึ่งจะมีผลทำให้ระยะเวลารวมโครงการขยายเพิ่มขึ้นมากกว่าแผนงานปกติ เพื่อรักษายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดไม่เกินวงเงินเครดิตที่กำหนด จากตาราง 4.14 พิจารณาที่วงเงินเครดิต 72,000 บาท โครงการที่ 1 ให้ผลกำไรสุทธิสูงสุดที่ 9,486 และใช้ระยะเวลาโครงการ 9 วัน ซึ่งเร็วกว่าแผนงานปกติที่ 14 วัน ถึง 5 วัน โดยเลือกใช้วิธีการจัดแผนงานทางเลือก 42431 ซึ่งแต่ละกิจกรรมเป็นทางเลือกที่เป็นการเร่งงานทั้งหมด ในขณะที่เดียวกันถ้าพิจารณาวงเงินเครดิตที่ 50,000 บาท โครงการที่ 1 และ 2 จะให้ผลกำไรสูงสุดที่ 5,018 บาท ระยะเวลาโครงการ 14 วัน ซึ่งเท่ากับระยะเวลาแผนงานปกติ พบว่าใช้การจัดแผนงานทางเลือก 63631 ซึ่งเป็นกิจกรรมในกลุ่ม เวลาทำงานปกติ (Normal duration) จึงสรุปได้ว่าวงเงินเครดิตมีผลกับระยะเวลาโครงการและทางเลือกของแผนงาน รวมไปถึงกำไรที่เกิดขึ้นด้วย
2. “เงินเบิกเกินล่วงหน้า” (Advanced payment) มีผลต่อกำไรของโครงการ โครงการที่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้า จะมีกำไรมากกว่าโครงการที่ไม่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้า สาเหตุมาจากโครงการที่ไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่เกิดจากดอกเบี้ยจ่ายเงินเบิกเกินบัญชี (Interest on overdraft) สูงกว่า เนื่องมาจากผู้รับเหมาต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในช่วงดำเนินงานเองทั้งหมดทำให้ต้องจ่ายดอกเบี้ยเงินกู้มากกว่า จากตาราง 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาวงเงินเครดิตที่ 72,000 เปรียบเทียบระหว่าง โครงการที่ 1 กับ โครงการที่ 3 พบว่า โครงการที่ 1 จะให้กำไรสูงกว่าโครงการที่ 2 ซึ่ง Gross profit โครงการที่ 1 ให้กำไรขั้นต้นเท่ากับ 9,216 ส่วนโครงการที่ 3 ให้กำไรขั้นต้นเท่ากับ 7,665 จึงสรุปได้ว่าโครงการที่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า (Advanced payment) จะให้ผลกำไรสุทธิมากกว่าโครงการที่ไม่มีการจ่ายเงินล่วงหน้า

นอกจากนี้ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ยังสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้หลายประเภท เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยแสดงผลบนแผ่นงาน (Sheet) ในโปรแกรม Excel ดังนี้ 1. ตารางคำนวณกระแสเงินสด 2. กราฟกระแสเงินสด 3. ตารางคำนวณค่าปรับด้านทรัพยากร และ 4. ตารางแผนงานสายงานวิกฤต Gantt chart ในรูปแบบ Microsoft project โดยสามารถกำหนดวงเงินเครดิตที่ต้องการเพื่อค้นหาแผนงานที่ให้กำไรสูงสุด อีกทั้งยังสามารถเลือกแสดงผลเปรียบเทียบหลายโครงการได้เพื่อหาโครงการที่ให้แผนงานกำไรสูงสุดภายใต้วงเงินเครดิต โดยจะแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบตารางเปรียบเทียบและกราฟกระแสเงินสด ดังตาราง 4.1 สามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการเพื่อให้นำไปขอสินเชื่อเงินกู้ประเภท “เงินเบิกเกินบัญชี” (O/D) จากสถาบันการเงินได้ด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิเคราะห์จะมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการประเมินค่าใช้จ่ายทางตรงที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของแต่ละกิจกรรม ระยะเวลาของกิจกรรม และการประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเร่งงาน ซึ่งอาจจะได้จากข้อมูลสถิติของบริษัทเองหรือจากประสบการณ์ของคนประเมิน อีกทั้งการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและกำหนดประเภททรัพยากรยังมีผลต่อคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งผู้ใช้งานจะต้องตรวจสอบข้อมูลนำเข้าให้มีความถูกต้อง

ควรเพิ่มประเภทของค่าใช้จ่ายของทรัพยากร เช่น แรงงาน วัสดุ/อุปกรณ์ และกำหนดค่าใช้จ่ายให้กับทรัพยากรดำเนินงานความแยกเป็นค่าใช้จ่ายที่เป็นอัตรามาตรฐาน (Standard rate) อัตราล่วงเวลา (Overtime Rate) และ เป็นค่าใช้จ่าย (Cost) อีกทั้งช่วงเวลาและเงื่อนไขการจ่ายเงินให้แต่ละทรัพยากรควรจะสามารถกำหนดเป็นช่วงเวลาได้ เช่น เป็นค่าใช้จ่ายเมื่อกิจกรรมเริ่มทำงาน ค่าใช้จ่ายค่าแรงวันต่อวัน หรือ ค่าใช้จ่ายเมื่อทำงานแล้วเสร็จตามสัญญา ซึ่งรายละเอียดที่เพิ่มเข้ามาจะทำให้ได้แผนงานที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2553) การบริหารงานก่อสร้าง, เอกสารประกอบการสอนวิชาการบริหารงานก่อสร้าง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พิมพ์ครั้งที่ 5, 180.

Chan, W.T., Chua D.K.H., and Kannan G. (1996) Construction Resource Scheduling with Genetic Algorithms, *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), 125-132.

Chen, P.H., and Weng H. (2009) A two-phase GA model for resource-constrained project scheduling, *Automation in Construction*, 18(4), 485-498.

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

Eshtehardian, E., Afshar, A., and Abbasnia, R. (2008) Time-cost optimization: using GA and fuzzy sets theory for uncertainties in cost, *Construction Management and Economics* 26(7), 679-91.

Harris, R.B. (1978) *Precedence and Arrow Networking Techniques for Construction*, Wiley.

Hegazy, T. (1999) Optimization of resource allocation and leveling using genetic algorithms, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(3), 167-175.

Hegazy, T. and Ersahin, T. (2001) Simplified spreadsheet solutions II: overall schedule optimization, *Journal of Construction Engineering and Management* 127(6), 469-75.

Leu, S.S., and Yang, C.H. (1999) GA-Based Multicriteria Optimal Model for Construction Scheduling, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(6), 420-427.

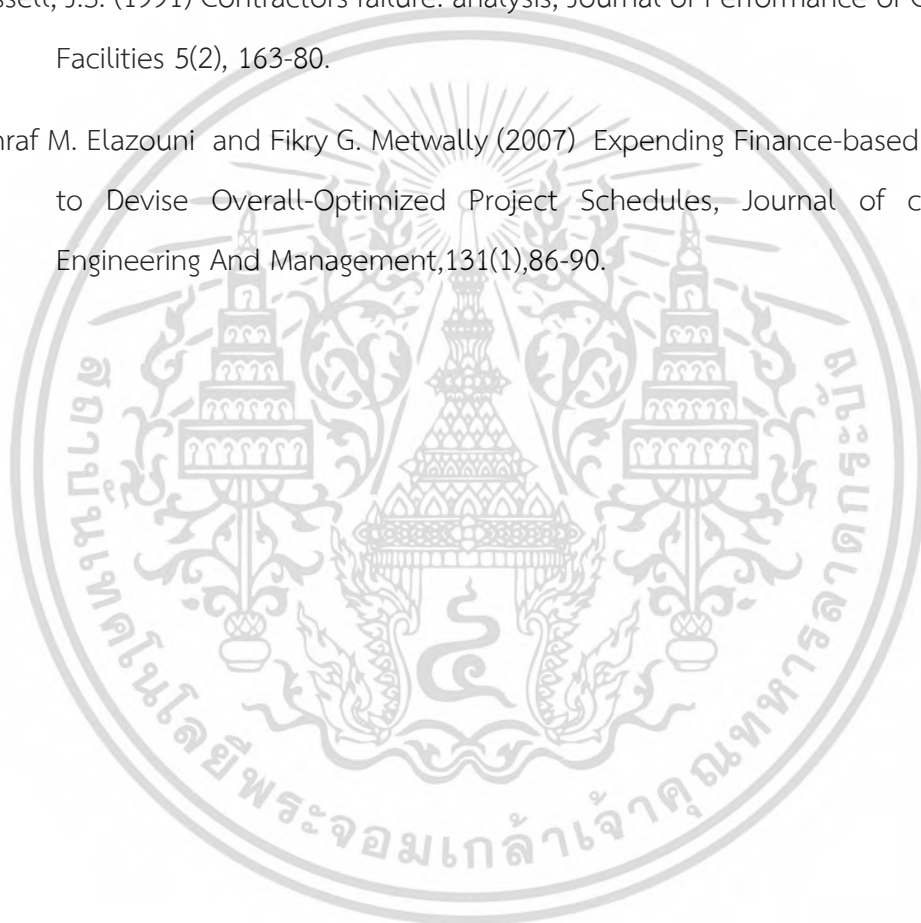
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leu, S.S., Yang, C.H., and Huang, J.C. (2000) Resource leveling in construction by genetic algorithm-based optimization and its decision support system application, *Automation in Construction*, 10(1), 27-41.

Liu, S.S. and Wang, C.J. (2008) Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization considering cash flow, *Automation in Construction* 17(8), 966-74.

Russell, J.S. (1991) Contractors failure: analysis, *Journal of Performance of Constructed Facilities* 5(2), 163-80.

Ashraf M. Elazouni and Fikry G. Metwally (2007) Expending Finance-based Scheduling to Devise Overall-Optimized Project Schedules, *Journal of construction Engineering And Management*,131(1),86-90.





ภาคผนวก ก.

ตารางคำนวณกระแสเงินสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ตารางคำนวณกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 Constraints ของ Project 1 ทางเลือก 63632

Main Menu																										
Activity	Days																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						27,000					30,000					6,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						32,000					35,000					11,000										
Markup						1,600					1,750					550										
Total Billed						33,600					36,750					11,550										
Retainage						5,040					5,513					1,733										
Advance payment Reimburse						5,040					5,513					1,733										
Payment	12,285					-					23,520					25,725						22,103				
Total Cost to date						32,000					67,000					78,000						78,000				78,000
Total bill to date						33,600					70,350					81,900						81,900				81,900
Total paid to date	12,285					12,285					35,805					61,530						83,633				83,633
Overdraft at end of week						19,715					54,912					42,941						17,646			-	4,280
Interest on overdraft						197					549					429						176				176
Total amount finance						19,912					55,461					43,371						17,822				17,822

Activity	Days																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						23,000					34,000					6,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						28,000					39,000					11,000										
Markup						1,400					1,950					550										
Total Billed						29,400					40,950					11,550										
Retainage						4,410					6,143					1,733										
Advance payment Reimburse						4,410					6,143					1,733										
Payment	12,285					-					20,580					28,665						22,103				
Total Cost to date						28,000					67,000					78,000						78,000				78,000
Total bill to date						29,400					70,350					81,900						81,900				81,900
Total paid to date	12,285					12,285					32,865					61,530						83,633				83,633
Overdraft at end of week						15,715					54,872					45,841						17,634			-	4,292
Interest on overdraft						157					549					458						176				176
Total amount finance						15,872					55,421					46,299						17,811				17,811

Activity	Days																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						21,000					28,000					14,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000										
Total Cost						26,000					33,000					19,000										
Markup						1,300					1,650					950										
Total Billed						27,300					34,650					19,950										
Retainage						4,095					5,198					2,993										
Advance payment Reimburse						4,095					5,198					2,993										
Payment	12,285					-					19,110					24,255						29,243				
Total Cost to date						26,000					59,000					78,000						78,000				78,000
Total bill to date						27,300					61,950					81,900						81,900				81,900
Total paid to date	12,285					12,285					31,395					55,650						84,893				84,893
Overdraft at end of week						13,715					46,852					47,211						23,428			-	5,580
Interest on overdraft						137					469					472						234				234
Total amount finance						13,852					47,321					47,683						23,662				23,662

ตารางที่ ก-5 ตารางคำนวณกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 Constraints ของ Project 1 ทางเลือก 63652

Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost		-	-	-	-	27,000	-	-	-	-	30,000	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indirect Cost		-	-	-	-	5,000	-	-	-	-	5,000	-	-	-	5,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Cost		-	-	-	-	32,000	-	-	-	-	35,000	-	-	-	12,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Markup		-	-	-	-	1,600	-	-	-	-	1,750	-	-	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Billed		-	-	-	-	33,600	-	-	-	-	36,750	-	-	-	12,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retainage		-	-	-	-	5,040	-	-	-	-	5,513	-	-	-	1,890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Advance payment Reimburse		-	-	-	-	5,040	-	-	-	-	5,513	-	-	-	1,890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Payment	12,443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,520	-	-	-	25,725	-	-	-	-	-	23,153	-	-	-	-	-
Total Cost to date		-	-	-	-	32,000	-	-	-	-	67,000	-	-	-	79,000	-	-	-	-	-	79,000	-	-	-	-	79,000
Total bill to date		-	-	-	-	33,600	-	-	-	-	70,350	-	-	-	82,950	-	-	-	-	-	82,950	-	-	-	-	82,950
Total paid to date	12,443	-	-	-	-	12,443	-	-	-	-	35,963	-	-	-	61,688	-	-	-	-	-	84,840	-	-	-	-	84,840
Overdraft at end of week		-	-	-	-	19,558	-	-	-	-	54,753	-	-	-	43,781	-	-	-	-	-	18,493	-	-	-	-	- 4,474
Interest on overdraft		-	-	-	-	196	-	-	-	-	548	-	-	-	438	-	-	-	-	-	185	-	-	-	-	-
Total amount finance		-	-	-	-	19,753	-	-	-	-	55,301	-	-	-	44,218	-	-	-	-	-	18,678	-	-	-	-	-

Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		-	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost		-	-	-	-	23,000	-	-	-	-	34,000	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indirect Cost		-	-	-	-	5,000	-	-	-	-	5,000	-	-	-	5,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Cost		-	-	-	-	28,000	-	-	-	-	39,000	-	-	-	12,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Markup		-	-	-	-	1,400	-	-	-	-	1,950	-	-	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Billed		-	-	-	-	29,400	-	-	-	-	40,950	-	-	-	12,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retainage		-	-	-	-	4,410	-	-	-	-	6,143	-	-	-	1,890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Advance payment Reimburse		-	-	-	-	4,410	-	-	-	-	6,143	-	-	-	1,890	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Payment	12,443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,580	-	-	-	28,665	-	-	-	-	-	23,153	-	-	-	-	-
Total Cost to date		-	-	-	-	28,000	-	-	-	-	67,000	-	-	-	79,000	-	-	-	-	-	79,000	-	-	-	-	79,000
Total bill to date		-	-	-	-	29,400	-	-	-	-	70,350	-	-	-	82,950	-	-	-	-	-	82,950	-	-	-	-	82,950
Total paid to date	12,443	-	-	-	-	12,443	-	-	-	-	33,023	-	-	-	61,688	-	-	-	-	-	84,840	-	-	-	-	84,840
Overdraft at end of week		-	-	-	-	15,558	-	-	-	-	54,713	-	-	-	46,680	-	-	-	-	-	18,482	-	-	-	-	- 4,486
Interest on overdraft		-	-	-	-	156	-	-	-	-	547	-	-	-	467	-	-	-	-	-	185	-	-	-	-	-
Total amount finance		-	-	-	-	15,713	-	-	-	-	55,260	-	-	-	47,147	-	-	-	-	-	18,667	-	-	-	-	-

Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost		-	-	-	-	21,000	-	-	-	-	28,000	-	-	-	15,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indirect Cost		-	-	-	-	5,000	-	-	-	-	5,000	-	-	-	5,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Cost		-	-	-	-	26,000	-	-	-	-	33,000	-	-	-	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Markup		-	-	-	-	1,300	-	-	-	-	1,650	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Billed		-	-	-	-	27,300	-	-	-	-	34,650	-	-	-	21,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retainage		-	-	-	-	4,095	-	-	-	-	5,198	-	-	-	3,150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Advance payment Reimburse		-	-	-	-	4,095	-	-	-	-	5,198	-	-	-	3,150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Payment	12,443	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,110	-	-	-	24,255	-	-	-	-	-	30,293	-	-	-	-	-
Total Cost to date		-	-	-	-	26,000	-	-	-	-	59,000	-	-	-	79,000	-	-	-	-	-	79,000	-	-	-	-	79,000
Total bill to date		-	-	-	-	27,300	-	-	-	-	61,950	-	-	-	82,950	-	-	-	-	-	82,950	-	-	-	-	82,950
Total paid to date	12,443	-	-	-	-	12,443	-	-	-	-	31,553	-	-	-	55,808	-	-	-	-	-	86,100	-	-	-	-	86,100
Overdraft at end of week		-	-	-	-	13,558	-	-	-	-	46,693	-	-	-	48,050	-	-	-	-	-	24,276	-	-	-	-	- 5,774
Interest on overdraft		-	-	-	-	136	-	-	-	-	467	-	-	-	481	-	-	-	-	-	243	-	-	-	-	-
Total amount finance		-	-	-	-	13,693	-	-	-	-	47,160	-	-	-	48,531	-	-	-	-	-	24,518	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก-14 ตารางคำนวณกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 Constraints ของ Project 2 ทางเลือก 63631 (c1, c3)

Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						27,000					30,000				7,000											
Indirect Cost						5,000					5,000				5,000											
Total Cost						32,000					35,000				12,000											
Markup						1,600					1,750				600											
Total Billed						33,600					36,750				12,600											
Retainage						5,040					5,513				1,890											
Advance payment Reimburse						5,040					5,513				1,890											
Payment	12,443										23,520				25,725							23,153				
Total Cost to date						32,000					67,000				79,000							79,000			79,000	
Total bill to date						33,600					70,350				82,950							82,950			82,950	
Total paid to date	12,443					12,443					35,963				61,688							84,840				
Overdraft at end of week						19,558					54,753				43,781							18,493			- 4,474	
Interest on overdraft						196					548				438							185				
Total amount finance						19,753					55,301				44,218							18,678				

Main Menu		Days																								
Activity	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						21,000					28,000				15,000											
Indirect Cost						5,000					5,000				5,000											
Total Cost						26,000					33,000				20,000											
Markup						1,300					1,650				1,000											
Total Billed						27,300					34,650				21,000											
Retainage						4,095					5,198				3,150											
Advance payment Reimburse						4,095					5,198				3,150											
Payment	12,443										19,110				24,255							30,293				
Total Cost to date						26,000					59,000				79,000							79,000			79,000	
Total bill to date						27,300					61,950				82,950							82,950			82,950	
Total paid to date	12,443					12,443					31,553				55,808							86,100				
Overdraft at end of week						13,558					46,693				48,050							24,276			- 5,774	
Interest on overdraft						136					467				481							243				
Total amount finance						13,693					47,160				48,531							24,518				

ตารางที่ ก-17 ตารางคำนวณกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 Constraints ของ Project 2 ทางเลือก 43652 (c1, c3)

Main Menu		Days																									
Activity		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A			4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B			3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C			-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D			-	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						35,000					24,000					6,000											
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000											
Total Cost						40,000					29,000					11,000											
Markup						2,000					1,450					550											
Total Billed						42,000					30,450					11,550											
Retainage						6,300					4,568					1,733											
Advance payment Reimburse						6,300					4,568					1,733											
Payment	12,600										29,400					21,315						22,418					
Total Cost to date						40,000					69,000					80,000						80,000				80,000	
Total bill to date						42,000					72,450					84,000						84,000				84,000	
Total paid to date	12,600					12,600					42,000					63,315						85,733					
Overdraft at end of week						27,400					56,674					38,841						17,914				- 4,324	
Interest on overdraft						274					567					388						179					
Total amount finance						27,674					57,241					39,229						18,093					

		Days																														
Activity		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A			4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B			-	-	-	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C			-	-	-	-	-	-	-	-	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D			-	-	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,000	3,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direct Cost						21,000					18,000					20,000						6,000										
Indirect Cost						5,000					5,000					5,000						5,000										
Total Cost						26,000					23,000					25,000						11,000										
Markup						1,300					1,150					1,250						550										
Total Billed						27,300					24,150					26,250						11,550										
Retainage						4,095					3,623					3,938						1,733										
Advance payment Reimburse						4,095					3,623					3,938						1,733										
Payment	13,388										19,110					16,905						18,375						23,205				
Total Cost to date						26,000					49,000					74,000						85,000					85,000					85,000
Total bill to date						27,300					51,450					77,700						89,250					89,250					89,250
Total paid to date	13,388					13,388					32,498					49,403						67,778					90,983					
Overdraft at end of week						12,613					35,739					41,986						36,501					18,491				- 4,529	
Interest on overdraft						126					357					420						365					185					
Total amount finance						12,739					36,096					42,406						36,866					18,676					



ภาคผนวก ข.

ตารางคำนวณค่าปรับจากการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 1 ทางเลือกที่ 63632 (c1,c2 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days															
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6										
B	3	0	3	1	4	1	0	B	7	7	7													
C	6	3	9	4	10	1	1	C			4	4	4	4	4	4								
D	3	6	9	6	9	0	0	D						8	8	8								
E	2	10	12	10	12	0	0	E														6	6	

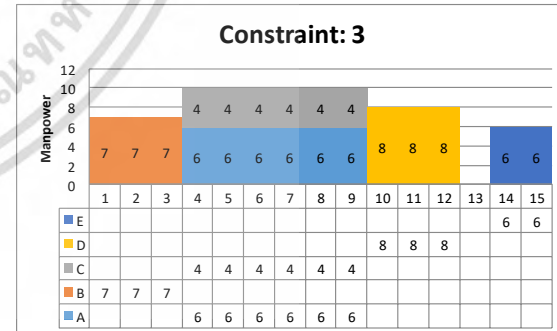
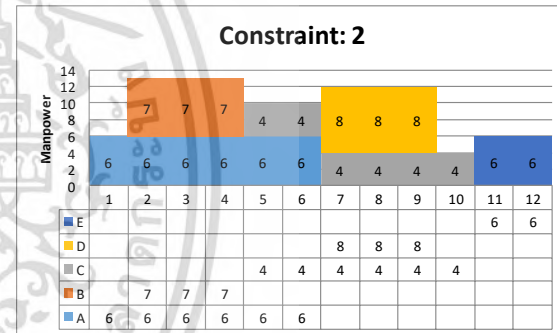
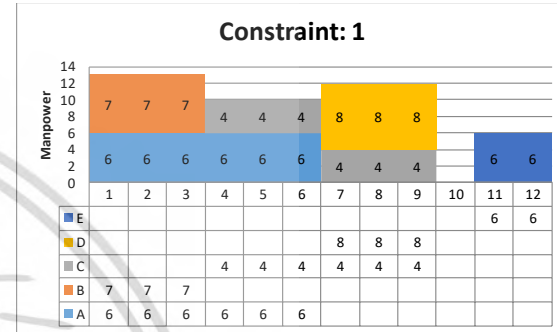
Rj									13	13	13	10	10	10	12	12	12	0	6	6				
Rj2									85	85	85	52	52	52	80	80	80	0	36	36				
Ravrg	10																							
Mxmin	1,141																							
Mx	723																							
Q	1,282																							

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days															
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6										
B	3	1	4	1	4	0	0	B	7	7	7													
C	6	4	10	4	10	0	0	C				4	4	4	4	4	4							
D	3	6	9	6	9	0	0	D						8	8	8								
E	2	10	12	10	12	0	0	E														6	6	

Rj									6	13	13	13	10	10	12	12	12	4	6	6				
Rj2									36	85	85	85	52	52	80	80	80	16	36	36				
Ravrg	10																							
Mxmin	1,141																							
Mx	723																							
Q	1,282																							

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
A	6	3	9	3	9	0	0	A				6	6	6	6	6	6								
B	3	0	3	4	7	4	0	B	7	7	7														
C	6	3	9	7	13	4	4	C				4	4	4	4	4	4								
D	3	9	12	9	12	0	0	D														8	8	8	
E	2	13	15	13	15	0	0	E																6	6

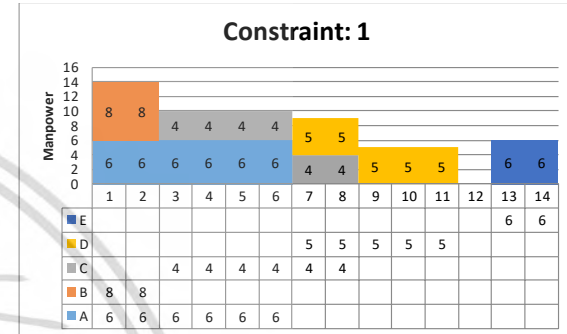
Rj									7	7	7	10	10	10	10	10	10	8	8	8	0	6	6		
Rj2									49	49	49	52	52	52	52	52	52	64	64	64	0	36	36		
Ravrg	8																								
Mxmin	913																								
Mx	723																								
Q	727																								



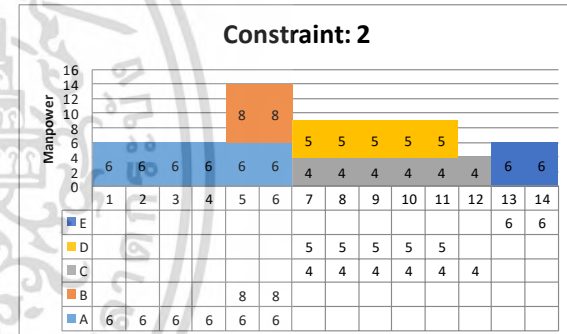
ตารางที่ ข-5 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 1 ทางเลือกที่ 62652 (c1,c2 และ c3)

Main Menu

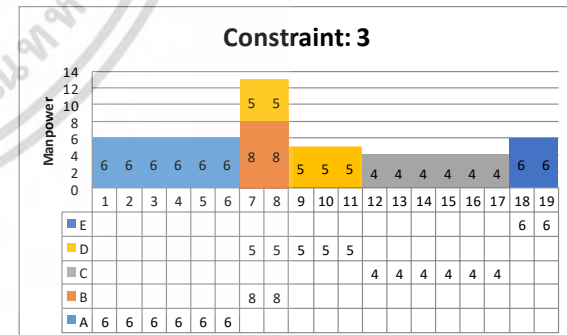
		Days																					
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6	6								
B	2	0	2	4	6	4	0	B	8	8													
C	6	2	8	6	12	4	4	C			4	4	4	4	4	4							
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5				
E	2	12	14	12	14	0	0	E													6	6	
Rj									14	14	10	10	10	10	9	9	5	5	5	0	6	6	
Rj2									100	100	52	52	52	52	41	41	25	25	25	0	36	36	
Ravrg	8																						
Mxmin	912																						
Mx	637																						
Q	1,056																						



		Days																					
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6	6								
B	2	4	6	4	6	0	0	B					8	8									
C	6	6	12	6	12	0	0	C							4	4	4	4	4	4			
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5				
E	2	12	14	12	14	0	0	E													6	6	
Rj									6	6	6	6	14	14	9	9	9	9	9	4	6	6	
Rj2									36	36	36	36	100	100	41	41	41	41	41	16	36	36	
Ravrg	8																						
Mxmin	912																						
Mx	637																						
Q	1,056																						



		Days																									
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	6	0	6	5	11	5	0	A	6	6	6	6	6	6	6												
B	2	6	8	6	8	0	0	B							8	8											
C	6	11	17	11	17	0	0	C											4	4	4	4	4	4			
D	5	6	11	11	16	5	5	D							5	5	5	5	5								
E	2	17	19	17	19	0	0	E																	6	6	
Rj									6	6	6	6	6	6	13	13	5	5	5	4	4	4	4	4	4	6	6
Rj2									36	36	36	36	36	36	89	89	25	25	25	16	16	16	16	16	16	36	36
Ravrg	6																										
Mxmin	672																										
Mx	637																										
Q	183																										



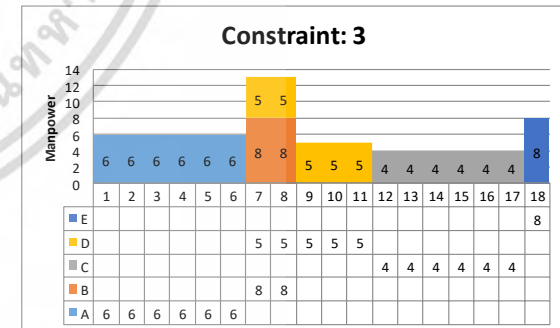
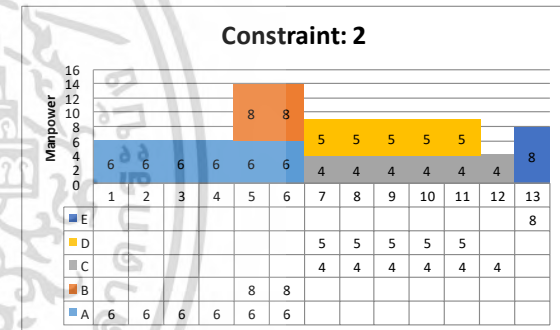
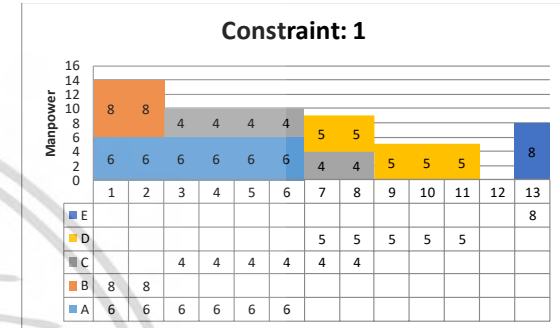
ตารางที่ ข-6 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 1 ทางเลือกที่ 62651 (c1,c2 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days														
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6	6								
B	2	0	2	4	6	4	0	B	8	8													
C	6	2	8	6	12	4	4	C			4	4	4	4	4	4							
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5				
E	1	12	13	12	13	0	0	E															8
Rj									14	14	10	10	10	10	9	9	5	5	5	5	0	8	
Rj2									100	100	52	52	52	52	41	41	25	25	25	0	64		
Ravrg	8																						
Mxmin	914																						
Mx	629																						
Q	1,091																						

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days														
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6	6								
B	2	4	6	4	6	0	0	B					8	8									
C	6	6	12	6	12	0	0	C			4	4	4	4	4	4	4	4	4				
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5				
E	1	12	13	12	13	0	0	E															8
Rj									6	6	6	6	14	14	9	9	9	9	9	4	8		
Rj2									36	36	36	36	100	100	41	41	41	41	41	16	64		
Ravrg	8																						
Mxmin	914																						
Mx	629																						
Q	1,091																						

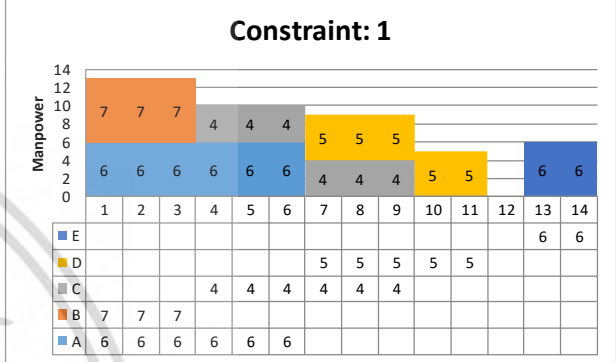
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																		
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
A	6	0	6	5	11	5	0	A	6	6	6	6	6	6													
B	2	6	8	6	8	0	0	B									8	8									
C	6	11	17	11	17	0	0	C														4	4	4	4	4	4
D	5	6	11	11	16	5	5	D									5	5	5	5	5						
E	1	17	18	17	18	0	0	E																			8
Rj									6	6	6	6	6	6	6	13	13	5	5	4	4	4	4	4	4	4	8
Rj2									36	36	36	36	36	36	36	89	89	25	25	25	16	16	16	16	16	16	64
Ravrg	6																										
Mxmin	660																										
Mx	629																										
Q	165																										



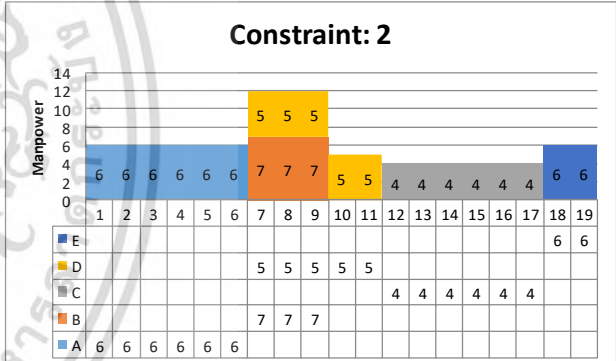
ตารางที่ ข-11 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 63652 (c1 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																			
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14						
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6														
B	3	0	3	3	6	3	0	B	7	7	7																	
C	6	3	9	6	12	3	3	C				4	4	4	4	4	4											
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5									
E	2	12	14	12	14	0	0	E														6	6					
Rj									13	13	13	10	10	10	9	9	9	9	5	5	0	6	6					
Rj2									85	85	85	52	52	52	41	41	41	25	25	0	36	36						
Ravrg	8																											
Mxmin	995																											
Mx	656																											
Q	1,191																											



Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																			
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
A	6	0	6	5	11	5	0	A	6	6	6	6	6	6														
B	3	6	9	6	9	0	0	B							7	7	7											
C	6	11	17	11	17	0	0	C										4	4	4	4	4	4					
D	5	6	11	11	16	5	5	D							5	5	5	5	5									
E	2	17	19	17	19	0	0	E																		6	6	
Rj									6	6	6	6	6	6	12	12	12	5	5	4	4	4	4	4	4	6	6	
Rj2									36	36	36	36	36	36	74	74	74	25	25	16	16	16	16	16	16	36	36	
Ravrg	6																											
Mxmin	733																											
Mx	656																											
Q	367																											



ตารางที่ ข-13 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 63632 (c1 และ c3)

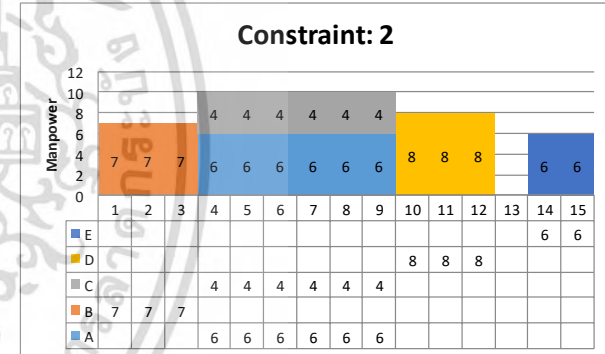
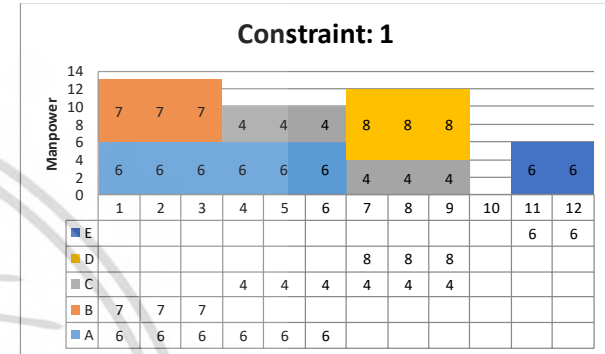
Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6								
B	3	0	3	1	4	1	0	B	7	7	7											
C	6	3	9	4	10	1	1	C				4	4	4	4	4	4					
D	3	6	9	6	9	0	0	D							8	8	8					
E	2	10	12	10	12	0	0	E												6	6	

Rj									13	13	13	10	10	10	12	12	12	0	6	6			
Rj2									85	85	85	52	52	52	80	80	80	0	36	36			
Ravg	10																						
Mxmin	1,141																						
Mx	723																						
Q	1,282																						

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
A	6	3	9	3	9	0	0	A							6	6	6	6	6	6					
B	3	0	3	4	7	4	0	B	7	7	7														
C	6	3	9	7	13	4	4	C				4	4	4	4	4	4	4							
D	3	9	12	9	12	0	0	D													8	8	8		
E	2	13	15	13	15	0	0	E																6	6

Rj									7	7	7	10	10	10	10	10	10	8	8	8	0	6	6		
Rj2									49	49	49	52	52	52	52	52	52	64	64	64	0	36	36		
Ravg	8																								
Mxmin	913																								
Mx	723																								
Q	727																								

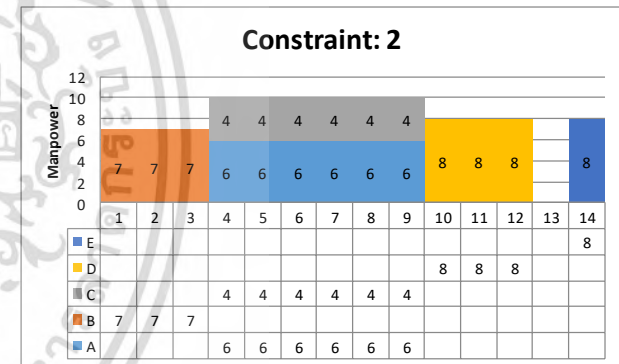
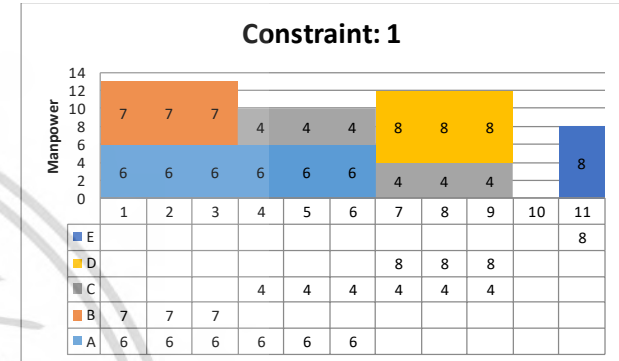


ตารางที่ ข-14 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 63631 (c1 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6	6							
B	3	0	3	1	4	1	0	B	7	7	7											
C	6	3	9	4	10	1	1	C			4	4	4	4	4	4	4					
D	3	6	9	6	9	0	0	D						8	8	8						
E	1	10	11	10	11	0	0	E														8
Rj									13	13	13	10	10	10	12	12	12	0	8			
Rj2									85	85	85	52	52	52	80	80	80	0	64			
Ravrg	10																					
Mxmin	1,161																					
Mx	715																					
Q	1,344																					

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days														
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	6	3	9	3	9	0	0	A				6	6	6	6	6	6						
B	3	0	3	4	7	4	0	B	7	7	7												
C	6	3	9	7	13	4	4	C			4	4	4	4	4	4	4						
D	3	9	12	9	12	0	0	D										8	8	8			
E	1	13	14	13	14	0	0	E															8
Rj									7	7	7	10	10	10	10	10	10	8	8	8	0	8	
Rj2									49	49	49	52	52	52	52	52	52	64	64	64	0	64	
Ravrg	8																						
Mxmin	912																						
Mx	715																						
Q	756																						



ตารางที่ ข-17 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 43652 (c1 และ c3)

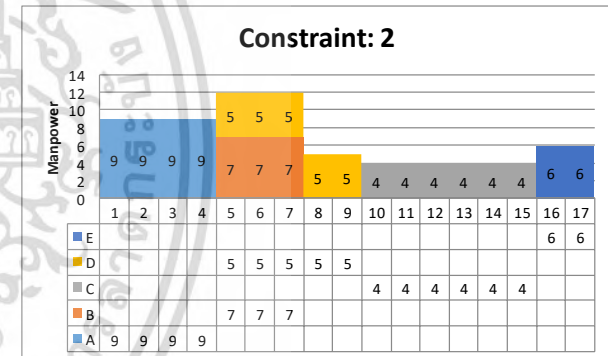
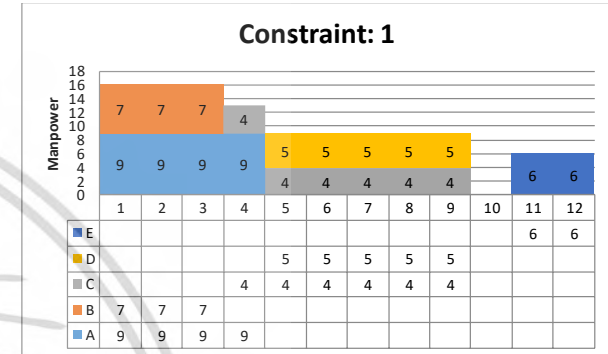
Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days														
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9	9	9	9											
B	3	0	3	1	4	1	0	B	7	7	7												
C	6	3	9	4	10	1	1	C				4	4	4	4	4	4						
D	5	4	9	4	9	0	0	D				5	5	5	5	5	5						
E	2	10	12	10	12	0	0	E										6	6				

Rj		16	16	16	13	9	9	9	9	9	9	0	6	6
Rj2		130	130	130	97	41	41	41	41	41	0	36	36	
Ravg	10													
Mxmin	1,160													
Mx	764													
Q	1,195													

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	4	0	4	5	9	5	0	A	9	9	9	9													
B	3	4	7	4	7	0	0	B				7	7	7											
C	6	9	15	9	15	0	0	C										4	4	4	4	4	4		
D	5	4	9	9	14	5	5	D				5	5	5	5	5									
E	2	15	17	15	17	0	0	E															6	6	

Rj		9	9	9	9	12	12	12	5	5	4	4	4	4	4	4	6	6
Rj2		81	81	81	81	74	74	74	25	25	16	16	16	16	16	16	36	36
Ravg	7																	
Mxmin	819																	
Mx	764																	
Q	235																	



ตารางที่ ข-18 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 43651 (c1 และ c3)

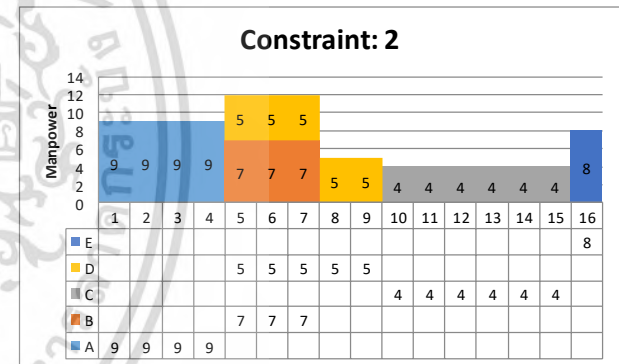
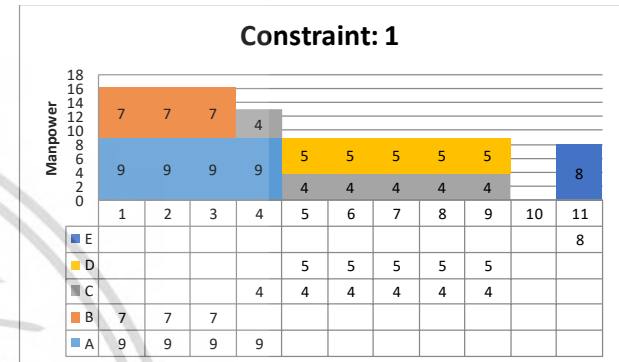
Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days												
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9	9	9	9									
B	3	0	3	1	4	1	0	B	7	7	7										
C	6	3	9	4	10	1	1	C				4	4	4	4	4	4				
D	5	4	9	4	9	0	0	D				5	5	5	5	5					
E	1	10	11	10	11	0	0	E									8				

Rj		16	16	16	13	9	9	9	9	9	0	8
Rj2		130	130	130	97	41	41	41	41	41	0	64
Ravrg	10											
Mxmin	1,181											
Mx	756											
Q	1,260											

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
A	4	0	4	5	9	5	0	A	9	9	9	9													
B	3	4	7	4	7	0	0	B				7	7	7											
C	6	9	15	9	15	0	0	C							4	4	4	4	4	4					
D	5	4	9	9	14	5	5	D				5	5	5	5	5									
E	1	15	16	15	16	0	0	E												8					

Rj		9	9	9	9	12	12	12	5	5	4	4	4	4	4	4	8
Rj2		81	81	81	81	74	74	74	25	25	16	16	16	16	16	16	64
Ravrg	7																
Mxmin	812																
Mx	756																
Q	242																



ตารางที่ ข-19 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 2 ทางเลือกที่ 42652 (c1 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9	9	9	9										
B	2	0	2	2	4	2	0	B	8	8												
C	6	2	8	4	10	2	2	C			4	4	4	4	4	4						
D	5	4	9	4	9	0	0	D					5	5	5	5	5					
E	2	10	12	10	12	0	0	E												6	6	

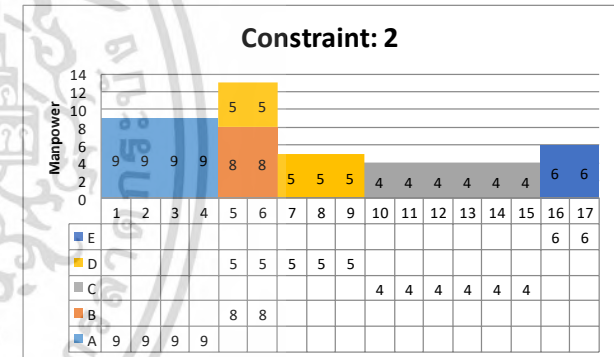
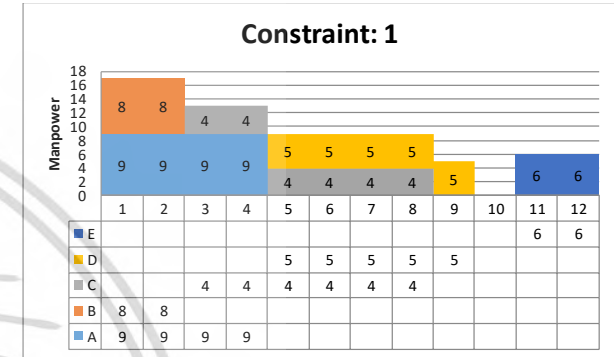
Rj		17	17	13	13	9	9	9	9	5	0	6	6
Rj2		145	145	97	97	41	41	41	41	25	0	36	36

Ravrg 9
 Mxmin 1,064
 Mx 745
 Q 1,050

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	4	0	4	5	9	5	0	A	9	9	9	9													
B	2	4	6	4	6	0	0	B					8	8											
C	6	9	15	9	15	0	0	C												4	4	4	4	4	4
D	5	4	9	9	14	5	5	D					5	5	5	5	5								
E	2	15	17	15	17	0	0	E																6	6

Rj		9	9	9	9	13	13	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	6	6
Rj2		81	81	81	81	89	89	25	25	25	16	16	16	16	16	16	36	36	

Ravrg 7
 Mxmin 751
 Mx 745
 Q 29

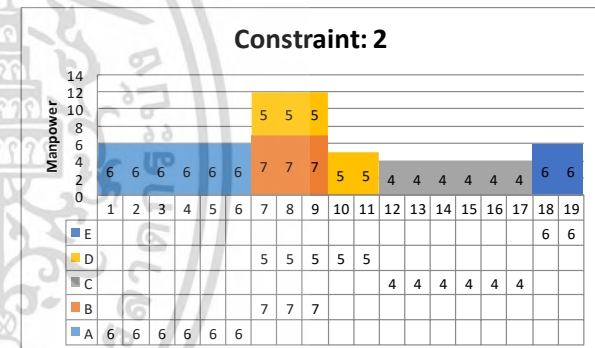
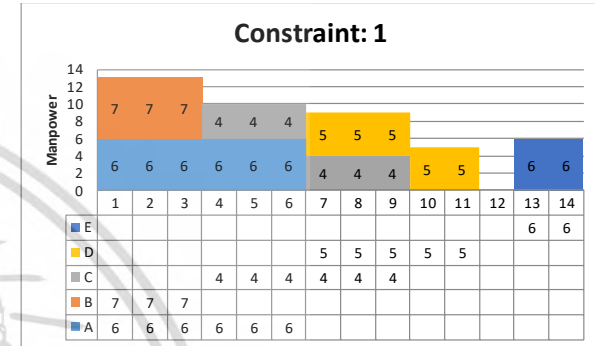


ตารางที่ ข-21 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 3 ทางเลือกที่ 63652 (c1 และ c3)

Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																		
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6													
B	3	0	3	3	6	3	0	B	7	7	7																
C	6	3	9	6	12	3	3	C				4	4	4	4	4	4										
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5								
E	2	12	14	12	14	0	0	E															6	6			
Rj									13	13	13	10	10	10	9	9	9	9	5	5	0	6	6				
Rj2									85	85	85	52	52	52	41	41	41	25	25	0	36	36					
Ravrg	8																										
Mxmin	995																										
Mx	656																										
Q	1,191																										

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																			
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
A	6	0	6	5	11	5	0	A	6	6	6	6	6	6														
B	3	6	9	6	9	0	0	B							7	7	7											
C	6	11	17	11	17	0	0	C										4	4	4	4	4	4					
D	5	6	11	11	16	5	5	D							5	5	5	5	5									
E	2	17	19	17	19	0	0	E																		6	6	
Rj									6	6	6	6	6	6	12	12	12	5	5	4	4	4	4	4	4	4	6	6
Rj2									36	36	36	36	36	36	74	74	74	25	25	16	16	16	16	16	16	16	36	36
Ravrg	6																											
Mxmin	733																											
Mx	656																											
Q	367																											



ตารางที่ ข-21 ตารางคำนวณกิจกรรมเวลาและค่าปรับ Project 3 ทางเลือกที่ 63651 (c1 และ c3)

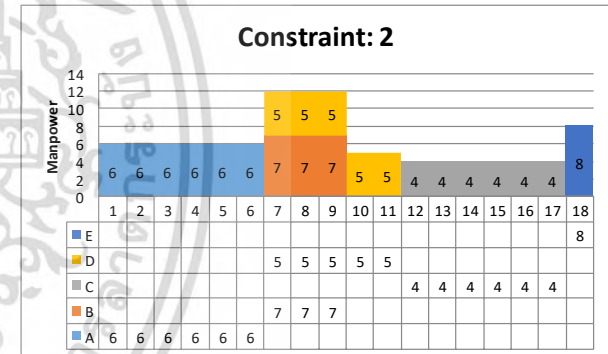
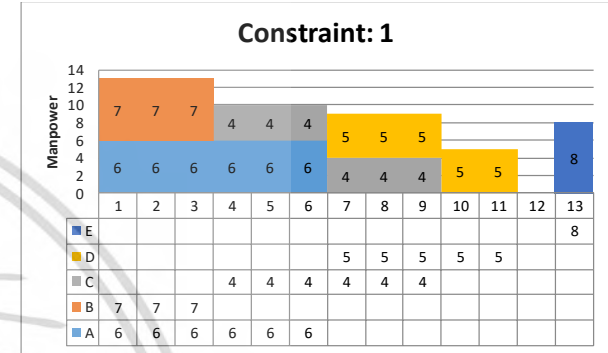
Main Menu

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																			
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
A	6	0	6	0	6	0	0	A	6	6	6	6	6	6														
B	3	0	3	3	6	3	0	B	7	7	7																	
C	6	3	9	6	12	3	3	C				4	4	4														
D	5	6	11	6	11	0	0	D							5	5	5	5	5									
E	1	12	13	12	13	0	0	E																				8

Rj									13	13	13	10	10	10	9	9	9	5	5	0	8
Rj2									85	85	85	52	52	52	41	41	41	25	25	0	64
Ravg	9																				
Mxmin	1,000																				
Mx	648																				
Q	1,231																				

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	Days																			
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
A	6	0	6	5	11	5	0	A	6	6	6	6	6	6														
B	3	6	9	6	9	0	0	B							7	7	7											
C	6	11	17	11	17	0	0	C													4	4	4	4	4	4		
D	5	6	11	11	16	5	5	D							5	5	5	5	5									
E	1	17	18	17	18	0	0	E																				8

Rj									6	6	6	6	6	6	12	12	12	5	5	4	4	4	4	4	4	4	8	
Rj2									36	36	36	36	36	36	74	74	74	25	25	16	16	16	16	16	16	16	64	
Ravg	6																											
Mxmin	722																											
Mx	648																											
Q	359																											

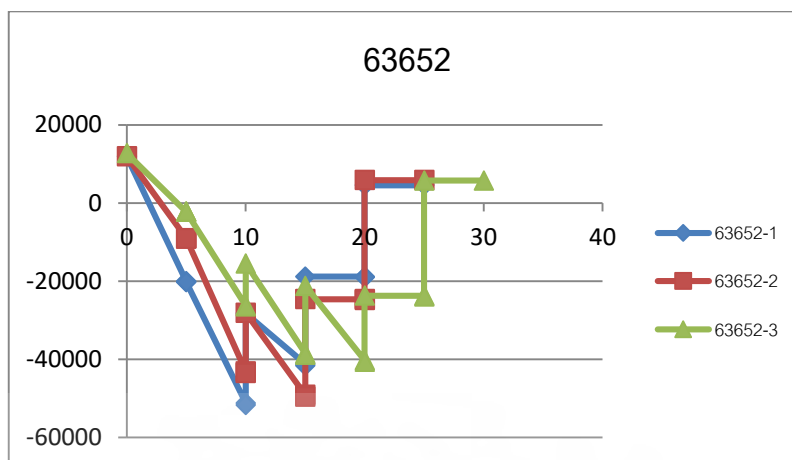




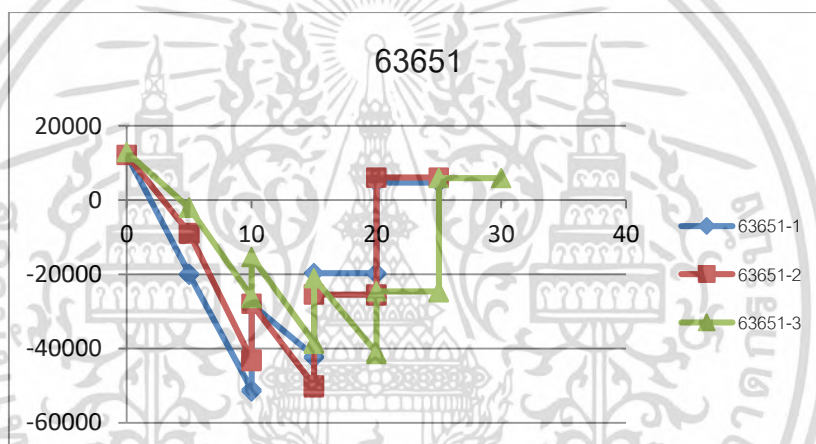
ภาคผนวก ค.

กราฟกระแสเงินสด

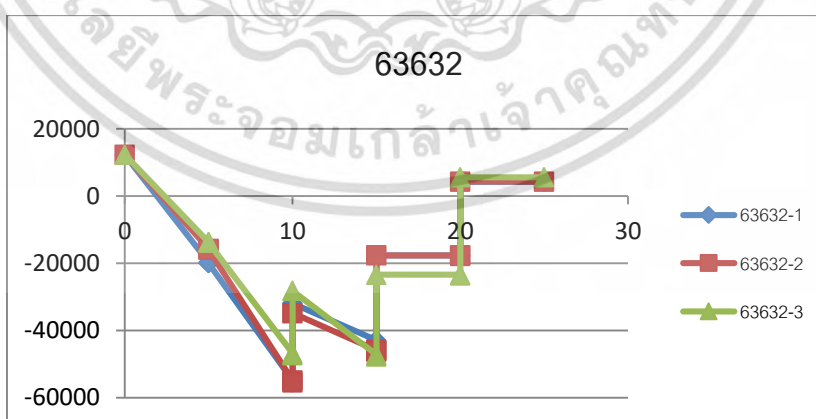
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-1 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 63652

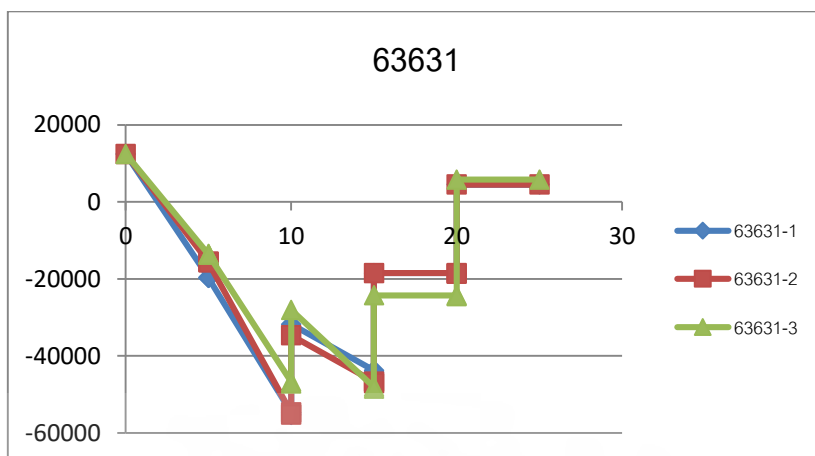


รูปที่ ค-2 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 63651

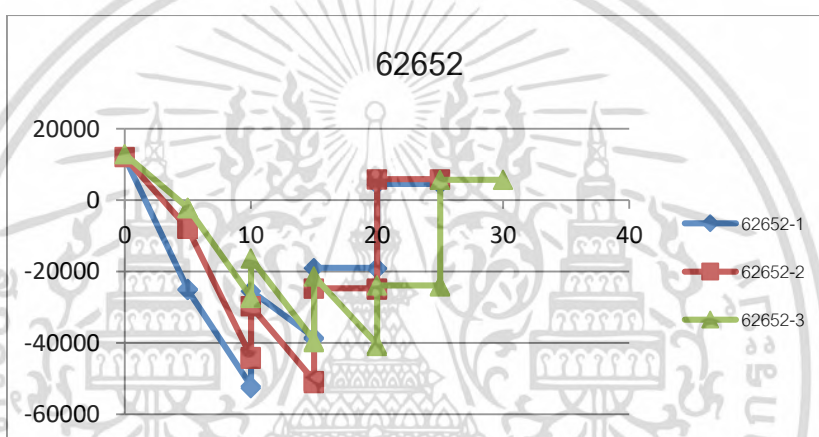


รูปที่ ค-3 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 63632

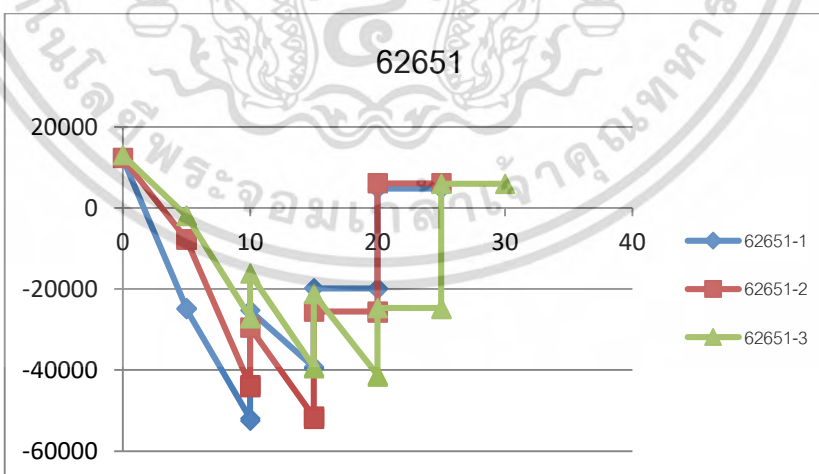
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-4 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 63631

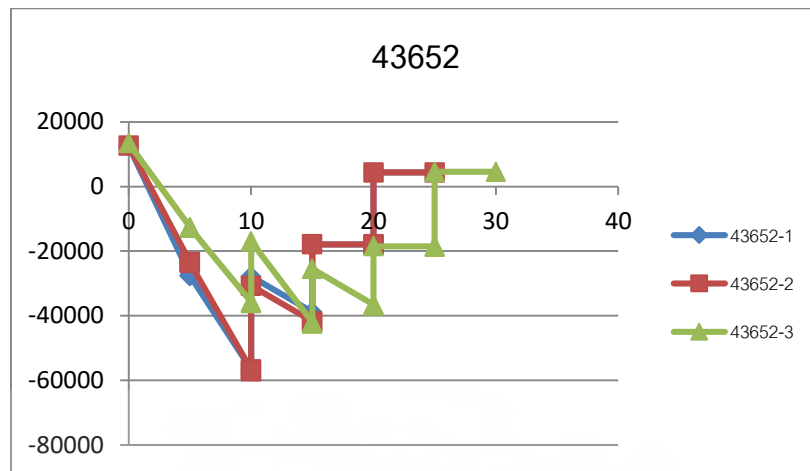


รูปที่ ค-5 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 62652

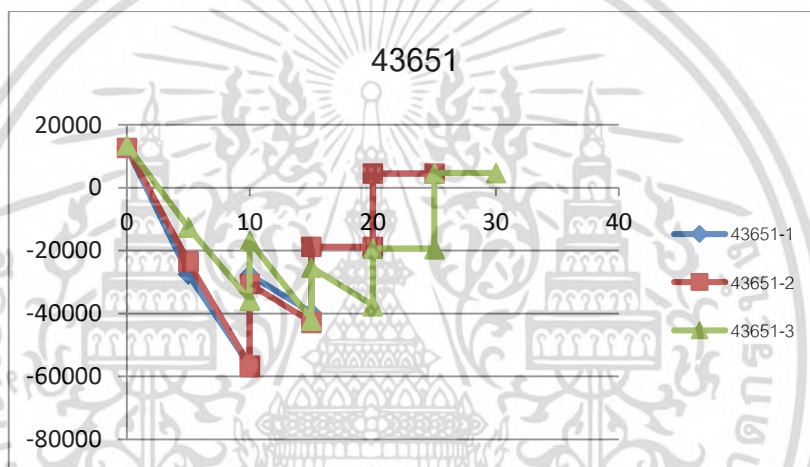


รูปที่ ค-6 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 62651

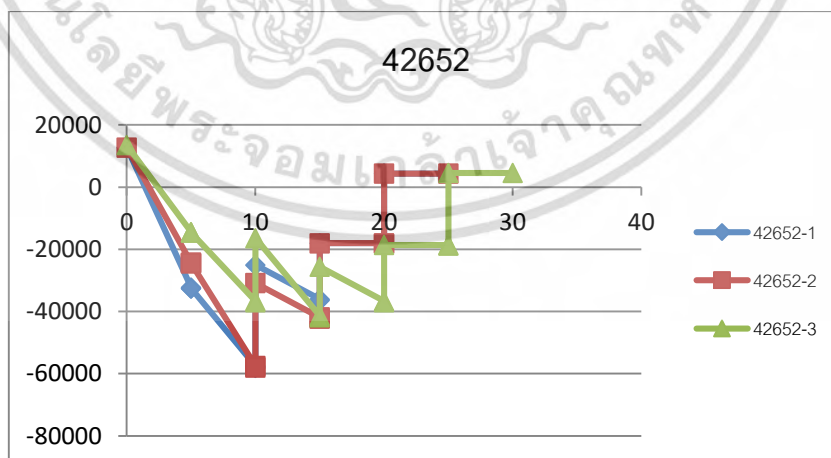
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-7 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 43652

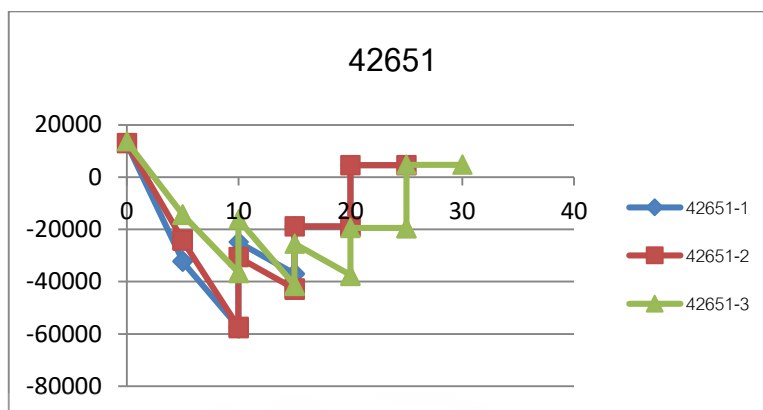


รูปที่ ค-8 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 43651

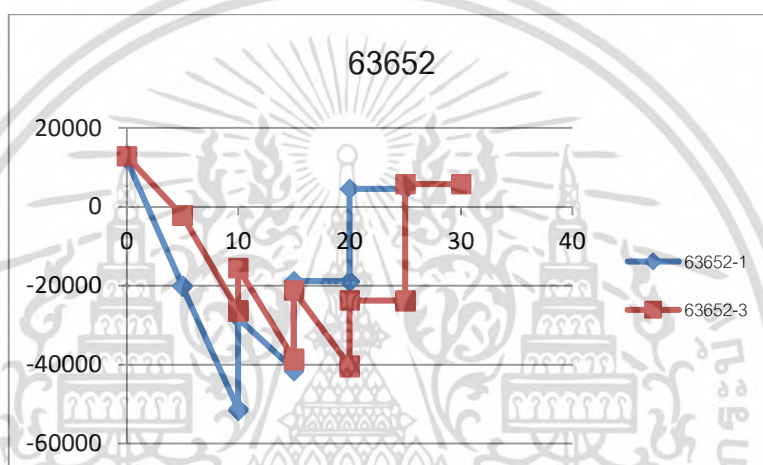


รูปที่ ค-9 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 42652

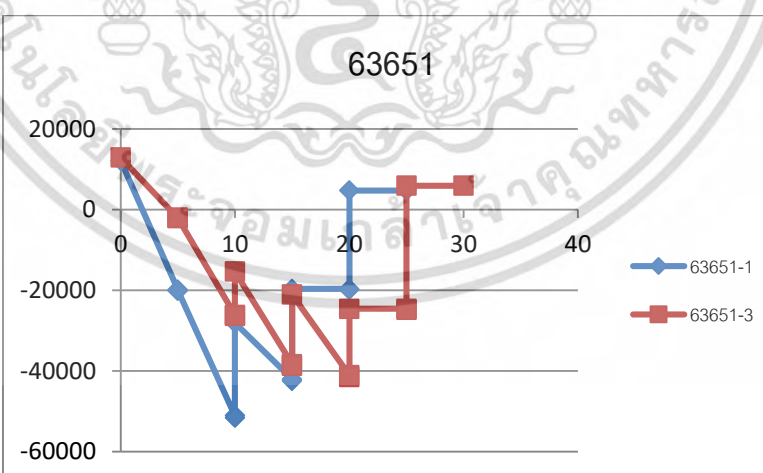
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-10 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 3 constraints Project 1 ทางเลือก 42651

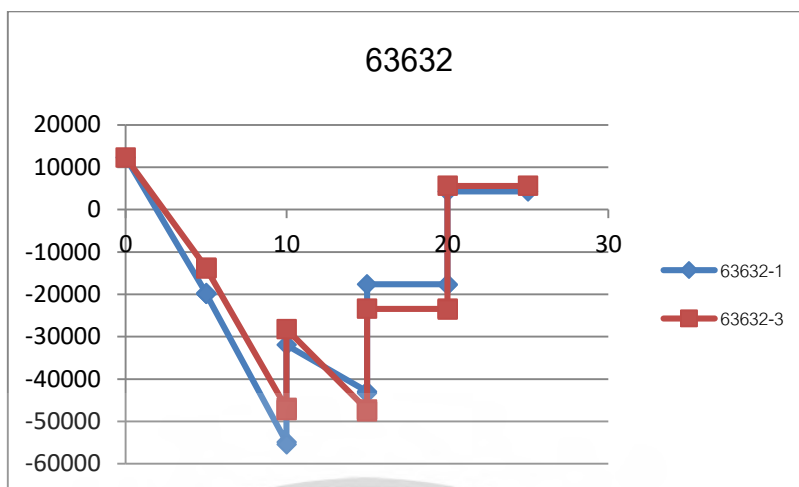


รูปที่ ค-11 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 63652

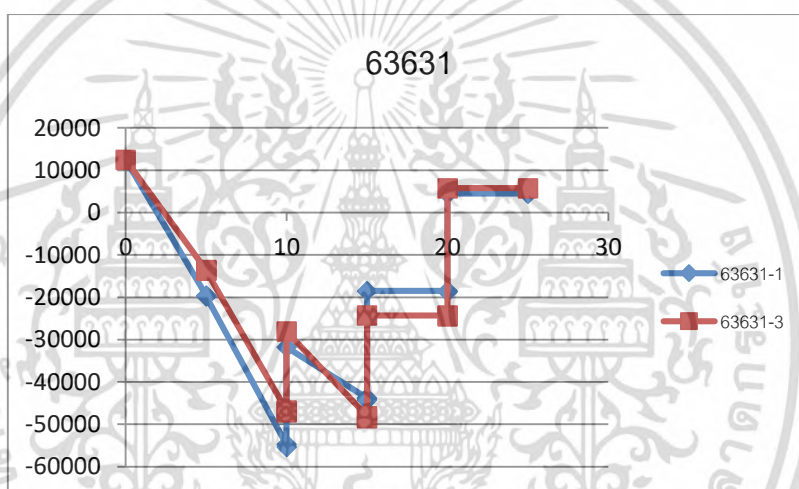


รูปที่ ค-12 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 63651

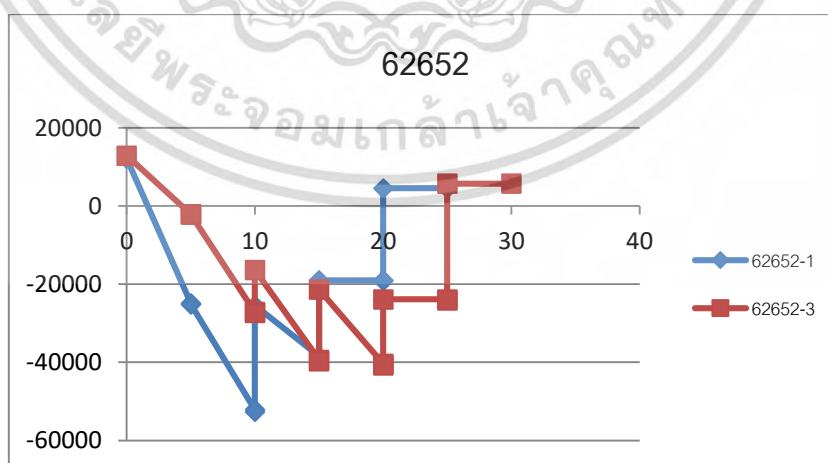
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-13 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 63632

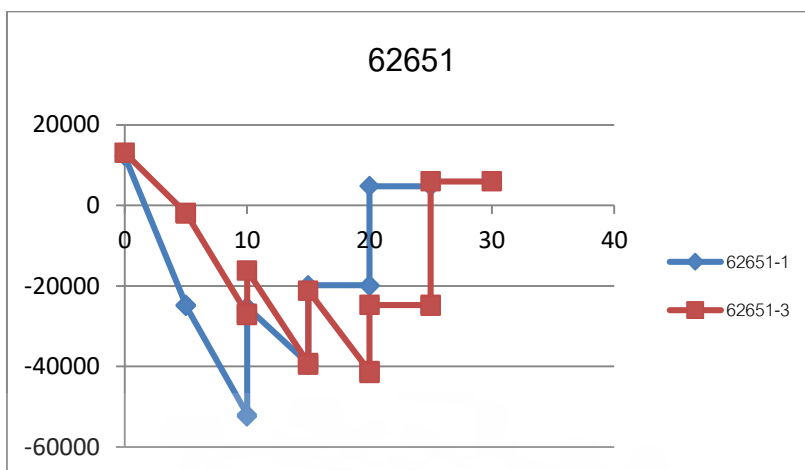


รูปที่ ค-14 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 63631

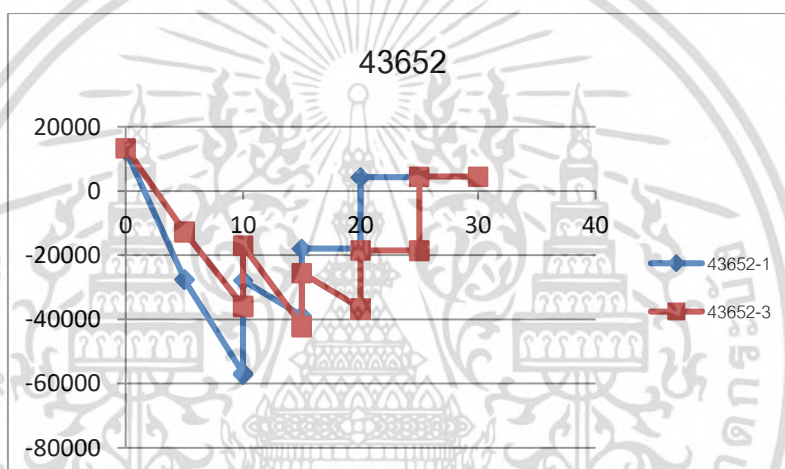


รูปที่ ค-15 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 62652

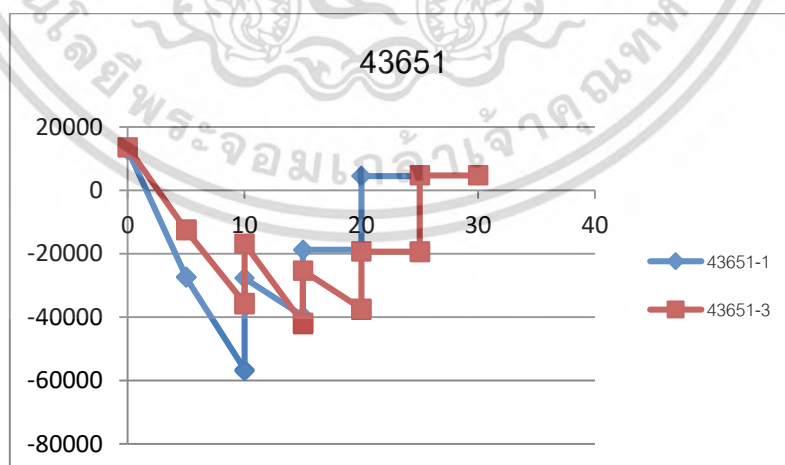
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-16 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 62651

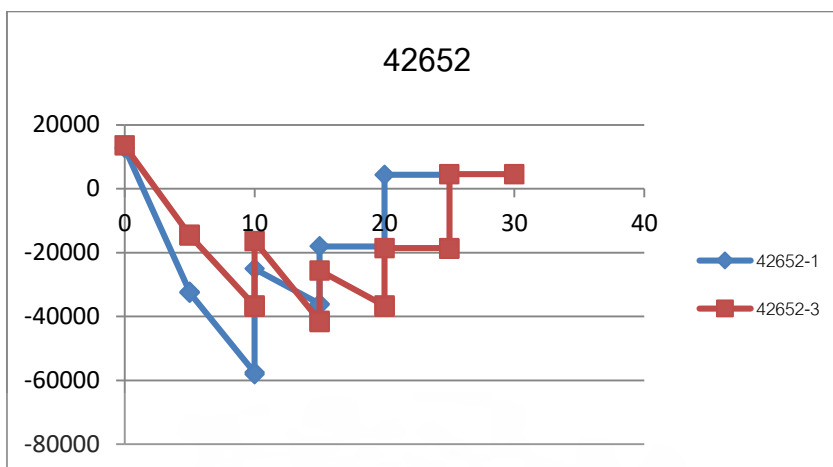


รูปที่ ค-17 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 43652

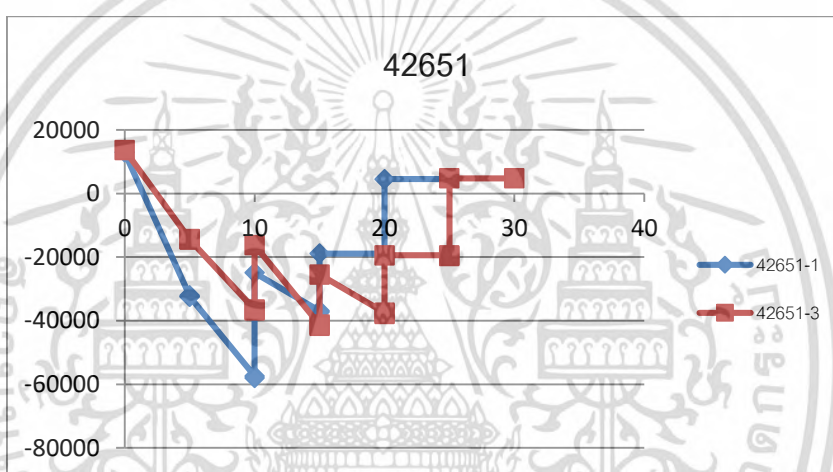


รูปที่ ค-18 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 43651

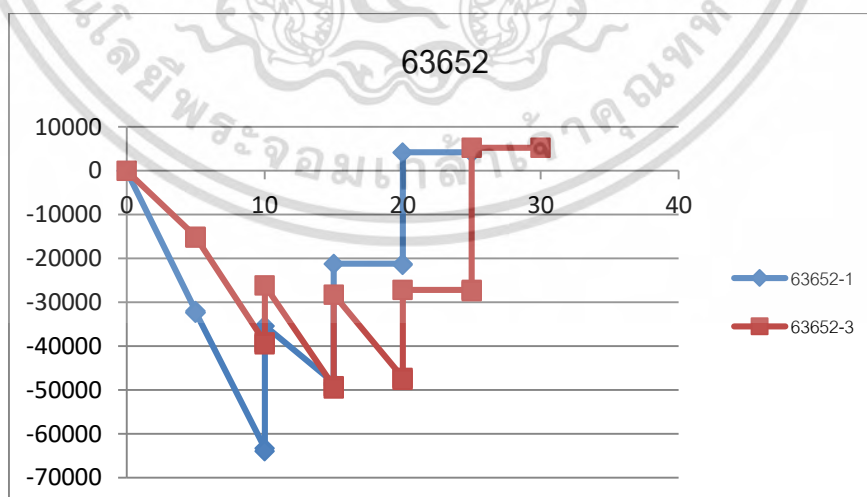
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-19 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 42652

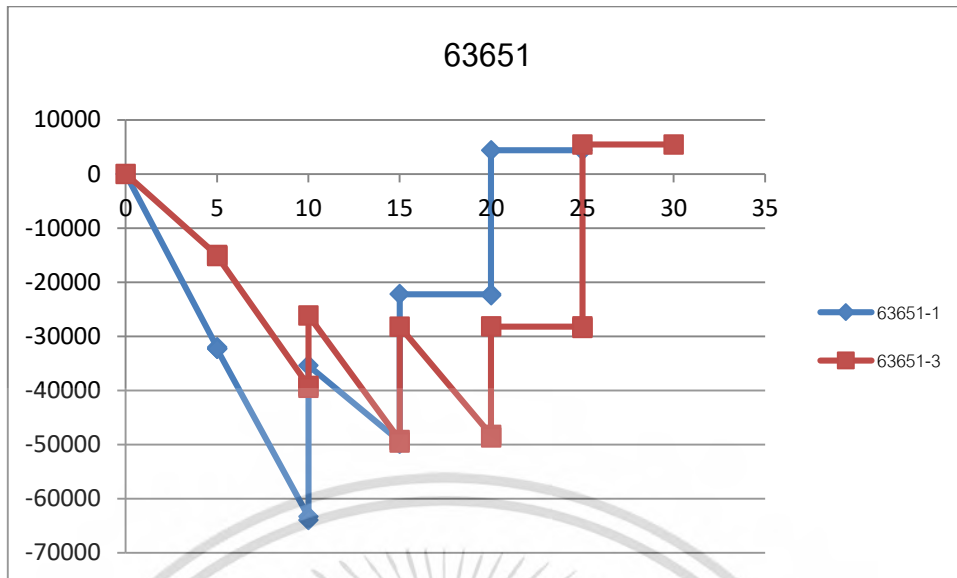


รูปที่ ค-20 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 2 ทางเลือก 42651



รูปที่ ค-21 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 3 ทางเลือก 63652

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-22 กราฟกระแสเงินสดเปรียบเทียบ 2 constraints Project 3 ทางเลือก 63651

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1 ตารางสรุปกำไรขั้นต้น วันเริ่มงานของกิจกรรม และวงเงินเครดิต ของ Project 1

Main Menu		Total Duration	Credit limit	Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum negative cash flow	Gross profit
Alternative	Constraint			Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start		
63652	1	14	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	2	12	51,743	-4,534
63652	2	14	50,000	6	0	3	3	6	6	5	6	2	12	49,608	-5,849
63652	3	19	41,000	6	0	3	6	6	11	5	6	2	17	40,650	-5,732
63651	1	13	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	1	12	51,582	-4,728
63651	2	13	51,000	6	0	3	3	6	6	5	6	1	12	50,455	-6,042
63651	3	18	42,000	6	0	3	6	6	11	5	6	1	17	41,496	-5,928
63632	1	12	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	2	10	55,461	-4,280
63632	2	12	56,000	6	0	3	1	6	4	3	6	2	10	55,421	-4,292
63632	3	15	48,000	6	3	3	0	6	3	3	9	2	13	47,683	-5,580
63631	1	11	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	1	10	55,301	-4,474
63631	2	11	56,000	6	0	3	1	6	4	3	6	1	10	55,260	-4,486
63631	3	14	49,000	6	3	3	0	6	3	3	9	1	13	48,531	-5,774
63452	1	14	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	2	12	55,201	-4,651
63452	2	14	58,000	6	0	3	5	4	8	5	6	2	12	57,371	-6,962
63452	3	17	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	2	15	50,359	-4,590
63451	1	13	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	1	12	55,040	-4,844
63451	2	13	59,000	6	0	3	5	4	8	5	6	1	12	58,219	-7,156
63451	3	16	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	1	15	50,196	-4,785
63432	1	12	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	2	10	58,919	-4,397
63432	2	12	59,000	6	0	3	3	4	6	3	6	2	10	58,748	-4,446
63432	3	15	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	59,036	-7,830
63431	1	11	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	58,759	-4,591
63431	2	11	59,000	6	0	3	3	4	6	3	6	1	10	58,587	-4,640
63431	3	14	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	59,884	-8,024
62652	1	14	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	52,642	-4,553
62652	2	14	52,000	6	0	2	4	6	6	5	6	2	12	51,198	-5,885
62652	3	19	41,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	40,774	-5,765
62651	1	13	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	52,482	-4,747
62651	2	13	53,000	6	0	2	4	6	6	5	6	1	12	52,045	-6,079
62651	3	18	42,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	41,620	-5,960
62632	1	12	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	56,361	-4,299
62632	2	12	57,000	6	0	2	2	6	4	3	6	2	10	56,280	-4,322
62632	3	14	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	52,281	-4,952
62631	1	11	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	56,200	-4,493
62631	2	11	57,000	6	0	2	2	6	4	3	6	1	10	56,120	-4,516
62631	3	13	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	52,120	-5,146
62452	1	14	57,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	56,131	-4,661
62452	2	14	59,000	6	0	2	6	4	8	5	6	2	12	58,229	-6,995
62452	3	17	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	51,216	-4,622
62451	1	13	56,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	55,970	-4,855
62451	2	13	60,000	6	0	2	6	4	8	5	6	1	12	59,077	-7,189
62451	3	16	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	51,054	-4,818
62432	1	12	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	59,849	-4,407
62432	2	12	60,000	6	0	2	4	4	6	3	6	2	10	59,587	-4,482
62432	3	15	60,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	59,894	-7,864
62431	1	11	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	59,689	-4,601
62431	2	11	60,000	6	0	2	4	4	6	3	6	1	10	59,426	-4,676
62431	3	14	61,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	60,742	-8,058
43652	1	12	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	57,241	-4,324
43652	2	12	58,000	4	0	3	1	6	4	5	4	2	10	57,200	-4,336
43652	3	17	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	42,406	-4,529
43651	1	11	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	57,080	-4,518
43651	2	11	58,000	4	0	3	1	6	4	5	4	1	10	57,040	-4,530
43651	3	16	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	42,244	-4,725
43632	1	11	62,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	61,990	-3,904
43632	2	11	62,000	4	1	3	0	6	3	3	5	2	9	61,949	-3,916

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 ตารางสรุปกำไรขั้นต้น วันเริ่มงานของกิจกรรม และวงเงินเครดิต ของ Project 2

Main Menu		Total		Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum	Gross
Alternative	Constraint	Duration	Credit limit	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	cash flow	profit
63652	1	14	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	2	12	51,743	-4,534
63652	3	19	41,000	6	0	3	6	6	11	5	6	2	17	40,650	-5,732
63651	1	13	52,000	6	0	3	0	6	3	5	6	1	12	51,582	-4,728
63651	3	18	42,000	6	0	3	6	6	11	5	6	1	17	41,496	-5,928
63632	1	12	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	2	10	55,461	-4,280
63632	3	15	48,000	6	3	3	0	6	3	3	9	2	13	47,683	-5,580
63631	1	11	56,000	6	0	3	0	6	3	3	6	1	10	55,301	-4,474
63631	3	14	49,000	6	3	3	0	6	3	3	9	1	13	48,531	-5,774
63452	1	14	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	2	12	55,201	-4,651
63452	3	17	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	2	15	50,359	-4,590
63451	1	13	56,000	6	0	3	0	4	3	5	6	1	12	55,040	-4,844
63451	3	16	51,000	6	0	3	6	4	11	5	6	1	15	50,196	-4,785
63432	1	12	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	2	10	58,919	-4,397
63432	3	15	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	59,036	-7,830
63431	1	11	59,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	58,759	-4,591
63431	3	14	60,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	59,884	-8,024
62652	1	14	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	52,642	-4,553
62652	3	19	41,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	40,774	-5,765
62651	1	13	53,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	52,482	-4,747
62651	3	18	42,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	41,620	-5,960
62632	1	12	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	56,361	-4,299
62632	3	14	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	52,281	-4,952
62631	1	11	57,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	56,200	-4,493
62631	3	13	53,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	52,120	-5,146
62452	1	14	57,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	56,131	-4,661
62452	3	17	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	51,216	-4,622
62451	1	13	56,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	55,970	-4,855
62451	3	16	52,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	51,054	-4,818
62432	1	12	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	59,849	-4,407
62432	3	15	60,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	59,894	-7,864
62431	1	11	60,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	59,689	-4,601
62431	3	14	61,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	60,742	-8,058
43652	1	12	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	57,241	-4,324
43652	3	17	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	42,406	-4,529
43651	1	11	58,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	57,080	-4,518
43651	3	16	43,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	42,244	-4,725
43632	1	11	62,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	61,990	-3,904
43632	3	15	51,000	4	3	3	0	6	3	3	9	2	13	50,758	-5,703
43631	1	10	67,000	4	0	3	0	6	3	3	4	1	9	66,672	-8,255
43631	3	14	51,000	4	3	3	0	6	3	3	9	1	13	50,598	-5,896
43452	1	12	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	2	10	60,699	-4,441
43452	3	15	53,000	4	0	3	4	4	9	5	4	2	13	52,698	-7,866
43451	1	11	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	1	10	60,538	-4,635
43451	3	14	54,000	4	0	3	4	4	9	5	4	1	13	53,546	-8,059
43432	1	10	70,000	4	0	3	0	4	3	3	4	2	8	69,281	-7,869
43432	3	13	56,000	4	0	3	4	4	7	3	4	2	11	55,146	-5,682
43431	1	9	71,000	4	0	3	0	4	3	3	4	1	8	70,130	-8,061
43431	3	12	55,000	4	0	3	4	4	7	3	4	1	11	54,985	-5,876
42652	1	12	59,000	4	0	2	0	6	2	5	4	2	10	58,141	-4,343
42652	3	17	42,000	4	0	2	4	6	9	5	4	2	15	41,799	-4,556
42651	1	11	58,000	4	0	2	0	6	2	5	4	1	10	57,980	-4,537
42651	3	16	42,000	4	0	2	4	6	9	5	4	1	15	41,637	-4,751
42632	1	10	67,000	4	0	2	0	6	2	3	4	2	8	66,723	-7,453
42632	3	14	56,000	4	2	2	0	6	2	3	8	2	12	55,739	-5,069
42631	1	9	68,000	4	0	2	0	6	2	3	4	1	8	67,572	-7,645
42631	3	13	56,000	4	2	2	0	6	2	3	8	1	12	55,578	-5,263
42452	1	12	62,000	4	0	2	0	4	2	5	4	2	10	61,629	-4,451
42452	3	15	53,000	4	0	2	4	4	9	5	4	2	13	52,092	-7,893
42451	1	11	62,000	4	0	2	0	4	2	5	4	1	10	61,468	-4,645
42451	3	14	53,000	4	0	2	4	4	9	5	4	1	13	52,940	-8,087
42432	1	10	71,000	4	0	2	0	4	2	3	4	2	8	70,211	-6,778
42432	3	13	57,000	4	0	2	4	4	7	3	4	2	11	56,015	-5,710
42431	1	9	72,000	4	0	2	0	4	2	3	4	1	8	71,060	-6,971
42431	3	12	56,000	4	0	2	4	4	7	3	4	1	11	55,854	-5,903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 ตารางสรุปกำไรขั้นต้น วันเริ่มงานของกิจกรรม และวงเงินเครดิต ของ Project 3

Main Menu		Total		Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum	Gross
Alternative	Constraint	Duration	Credit limit	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	negative cash flow	profit
63652	1	14	64,000	6	0	3	0	6	3	5	6	2	12	63,953	-4,198
63652	3	19	50,000	6	0	3	6	6	11	5	6	2	17	49,646	-5,266
63651	1	13	64,000	6	0	3	0	6	3	5	6	1	12	63,953	-4,386
63651	3	18	50,000	6	0	3	6	6	11	5	6	1	17	49,646	-5,453
63632	1	12	68,000	6	0	3	0	6	3	3	6	2	10	67,993	-3,938
63632	3	15	60,000	6	3	3	0	6	3	3	9	2	13	59,853	-5,216
63631	1	11	68,000	6	0	3	0	6	3	3	6	1	10	67,993	-4,125
63631	3	14	60,000	6	3	3	0	6	3	3	9	1	13	59,853	-5,403
63452	1	14	69,000	6	0	3	0	4	3	5	6	2	12	68,054	-4,305
63452	3	17	62,000	6	0	3	6	4	11	5	6	2	15	61,766	-4,110
63451	1	13	69,000	6	0	3	0	4	3	5	6	1	12	68,054	-4,492
63451	3	16	62,000	6	0	3	6	4	11	5	6	1	15	61,766	-4,297
63432	1	12	73,000	6	0	3	0	4	3	3	6	2	10	72,094	-4,045
63432	3	15	70,000	6	0	3	6	4	9	3	6	2	13	69,957	-7,409
63431	1	11	73,000	6	0	3	0	4	3	3	6	1	10	72,094	-4,232
63431	3	14	71,000	6	0	3	6	4	9	3	6	1	13	70,967	-7,596
62652	1	14	66,000	6	0	2	0	6	2	5	6	2	12	65,014	-4,220
62652	3	19	51,000	6	0	2	6	6	11	5	6	2	17	50,666	-5,293
62651	1	13	66,000	6	0	2	0	6	2	5	6	1	12	65,014	-4,408
62651	3	18	51,000	6	0	2	6	6	11	5	6	1	17	50,666	-5,480
62632	1	12	70,000	6	0	2	0	6	2	3	6	2	10	69,054	-3,960
62632	3	14	65,000	6	2	2	0	6	2	3	8	2	12	64,973	-4,600
62631	1	11	70,000	6	0	2	0	6	2	3	6	1	10	69,054	-4,148
62631	3	13	65,000	6	2	2	0	6	2	3	8	1	12	64,973	-4,788
62452	1	14	70,000	6	0	2	0	4	2	5	6	2	12	69,145	-4,323
62452	3	17	63,000	6	0	2	6	4	11	5	6	2	15	62,786	-4,137
62451	1	13	70,000	6	0	2	0	4	2	5	6	1	12	69,145	-4,511
62451	3	16	63,000	6	0	2	6	4	11	5	6	1	15	62,786	-4,325
62432	1	12	74,000	6	0	2	0	4	2	3	6	2	10	73,185	-4,063
62432	3	15	71,000	6	0	2	6	4	9	3	6	2	13	70,977	-7,437
62431	1	11	74,000	6	0	2	0	4	2	3	6	1	10	73,185	-4,250
62431	3	14	72,000	6	0	2	6	4	9	3	6	1	13	71,987	-7,625
43652	1	12	71,000	4	0	3	0	6	3	5	4	2	10	70,094	-3,985
43652	3	17	53,000	4	0	3	4	6	9	5	4	2	15	52,063	-4,083
43651	1	11	71,000	4	0	3	0	6	3	5	4	1	10	70,094	-4,172
43651	3	16	53,000	4	0	3	4	6	9	5	4	1	15	52,063	-4,270
43632	1	11	76,000	4	0	3	0	6	3	3	4	2	9	75,164	-3,563
43632	3	15	64,000	4	3	3	0	6	3	3	9	2	13	63,933	-5,325
43631	1	10	80,000	4	0	3	0	6	3	3	4	1	9	79,204	-7,949
43631	3	14	64,000	4	3	3	0	6	3	3	9	1	13	63,933	-5,513
43452	1	12	75,000	4	0	3	0	4	3	5	4	2	10	74,195	-4,092
43452	3	15	63,000	4	0	3	4	4	9	5	4	2	13	62,193	-7,452
43451	1	11	75,000	4	0	3	0	4	3	5	4	1	10	74,195	-4,279
43451	3	14	64,000	4	0	3	4	4	9	5	4	1	13	63,203	-7,639
43432	1	10	83,000	4	0	3	0	4	3	3	4	2	8	82,295	-7,558
43432	3	13	69,000	4	0	3	4	4	7	3	4	2	11	68,963	-5,284
43431	1	9	84,000	4	0	3	0	4	3	3	4	1	8	83,305	-7,746
43431	3	12	69,000	4	0	3	4	4	7	3	4	1	11	68,963	-5,471
42652	1	12	72,000	4	0	2	0	6	2	5	4	2	10	71,155	-4,007
42652	3	17	52,000	4	0	2	4	6	9	5	4	2	15	51,301	-4,107
42651	1	11	72,000	4	0	2	0	6	2	5	4	1	10	71,155	-4,194
42651	3	16	52,000	4	0	2	4	6	9	5	4	1	15	51,301	-4,295
42632	1	10	80,000	4	0	2	0	6	2	3	4	2	8	79,255	-7,155
42632	3	14	70,000	4	2	2	0	6	2	3	8	2	12	69,074	-4,707
42631	1	9	81,000	4	0	2	0	6	2	3	4	1	8	80,265	-7,342
42631	3	13	70,000	4	2	2	0	6	2	3	8	1	12	69,074	-4,895
42452	1	12	76,000	4	0	2	0	4	2	5	4	2	10	75,285	-4,110
42452	3	15	62,000	4	0	2	4	4	9	5	4	2	13	61,431	-7,478
42451	1	11	76,000	4	0	2	0	4	2	5	4	1	10	75,285	-4,297
42451	3	14	63,000	4	0	2	4	4	9	5	4	1	13	62,441	-7,665
42432	1	10	84,000	4	0	2	0	4	2	3	4	2	8	83,386	-6,475
42432	3	13	70,000	4	0	2	4	4	7	3	4	2	11	69,993	-5,310
42431	1	9	85,000	4	0	2	0	4	2	3	4	1	8	84,396	-6,663
42431	3	12	70,000	4	0	2	4	4	7	3	4	1	11	69,993	-5,497

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ.

ตารางสรุปกำไรสุทธิภายใต้วงเงินเครดิต 50,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ตารางสรุปกำไรสุทธิหลักหักค่าปรับ Project 1 ภายใต้วงเงินเครดิต 50,000 บาท

Main Menu		Project Time			Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
Alternative	Credit Limit	c.1	c.2	c.3	Profit	Penalty	Delay	Bonus	Profit
63652	50,000	14	<u>14</u>	19	5,849	1,191	-		4,657
63651	42,000	13	13	<u>18</u>	5,928	359	1,400		4,169
63632	48,000	12	12	<u>15</u>	5,580	727	350		4,503
63631	49,000	11	11	<u>14</u>	5,774	756	-		5,018
62652	41,000	14	14	<u>19</u>	5,765	183	1,750		3,832
62651	42,000	13	13	<u>18</u>	5,960	165	1,400		4,396
43652	43,000	12	12	<u>17</u>	4,529	235	1,050		3,244
43651	43,000	11	11	<u>16</u>	4,725	243	700		3,782
42652	42,000	12	12	<u>17</u>	4,556	28	1,050		3,477
42651	42,000	11	11	<u>16</u>	4,751	26	700		4,025

ตารางที่ จ-2 ตารางสรุปกำไรสุทธิหลักหักค่าปรับ Project 2 ภายใต้วงเงินเครดิต 50,000 บาท

Main Menu		Project Time		Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
Alternative	Credit Limit	c.1	c.3	Profit	Penalty	Delay	Bonus	Profit
63652	41,000	14	<u>19</u>	5,732	367	1,750		3,615
63651	42,000	13	<u>18</u>	5,928	359	1,400		4,169
63632	48,000	12	<u>15</u>	5,580	727	350		4,503
63631	49,000	11	<u>14</u>	5,774	756	-		5,018
62652	41,000	14	<u>19</u>	5,765	183	1,750		3,832
62651	42,000	13	<u>18</u>	5,960	165	1,400		4,396
43652	43,000	12	<u>17</u>	4,529	235	1,050		3,244
43651	43,000	11	<u>16</u>	4,725	243	700		3,782
42652	42,000	12	<u>17</u>	4,556	28	1,050		3,477
42651	42,000	11	<u>16</u>	4,751	26	700		4,025

ตารางที่ จ-3 ตารางสรุปกำไรสุทธิหลักหักค่าปรับ Project 3 ภายใต้วงเงินเครดิต 50,000 บาท

Main Menu		Project Time		Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
Alternative	Credit Limit	c.1	c.3	Profit	Penalty	Delay	Bonus	Profit
63652	50,000	14	<u>19</u>	5,266	367	1,750		3,148
63651	50,000	13	<u>18</u>	5,453	359	1,400		3,694

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ-1 ตารางเปรียบเทียบสรุปกำไรสุทธิสูงสุด 3 โครงการ

				Project Time			Gross	Resource	Adjusted	
		Credit Limit	c.1	c.2	c.3	Profit	Penalty	Delay	Bonus	Profit
		Credit limit	72,000							
กลุ่มที่ 1	*1	42431	71,000	9	9	12	9,216	1,230	1,500	9,486
	2	43631	67,000	10	-	14	8,255	1,244	1,200	8,210
	3	42451	63,000	11	-	14	7,665	288		7,377
		Credit limit	67,000							
กลุ่มที่ 2	*1	43631	67,000	10	10	14	8,896	1,244	1,200	8,852
	2	43631	67,000	10		14	8,255	1,244	1,200	8,210
	3	42451	63,000	11		14	7,665	288	-	7,377
		Credit limit	63,000							
กลุ่มที่ 3	*1	42451	53,000	11	11	14	8,087	288	-	7,799
	*2	42451	53,000	11		14	8,087	288	0	7,799
	3	42451	63,000	11		14	7,665	288	0	7,377
		Credit limit	52,000							
กลุ่มที่ 4	*1	43631	51,000	10	10	14	5,896	342	-	5,555
	*2	43631	51,000	10		14	5,896	342	-	5,555
	3	62651	51,000	13		18	5,480	165	1,400	3,916
		Credit limit	50,000							
กลุ่มที่ 5	*1	63631	49,000	11	11	14	5,774	756	-	5,018
	*2	63631	49,000	11		14	5,774	756	-	5,018
	3	63651	50,000	13		18	5,453	359	1,400	3,694
		Credit limit	48,000							
กลุ่มที่ 6	*1	63632	48,000	12	12	15	5,580	727	350	4,503
	*2	63632	48,000	12		15	5,580	727	350	4,503
	3						** Nor found solution**			
		Credit limit	47,000							
กลุ่มที่ 7	*1	62651	42,000	13	13	18	5,960	165	1,400	4,396
	*2	62651	42,000	13		18	5,960	165	1,400	4,396
	3						** Nor found solution**			
		Credit limit	41,000							
กลุ่มที่ 8	*1	62652	41,000	14	14	19	5,765	183	1,750	3,832
	*2	62652	41,000	14		19	5,765	183	1,750	3,832
	3						** Nor found solution**			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างอ้างอิงการเงินเพื่อหากำไรสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร และวงเงินเครดิต

Finance based scheduling of construction projects model to maximize profit under resources constraints and credit limits

อาคม สุวรรณไตร¹ ภัทร หวกิจรังสรรค์² และ แหลมทอง เหล่าคงถาวร³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

^{*}Corresponding author; E-mail address: rcoms@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการค้นหาแผนงานก่อสร้างโครงการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยการนำเทคนิคการบริหารโครงการมาปรับใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างโครงการ ซึ่งจะแก้ปัญหาแบบบูรณาการทั้งทางด้าน การแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน การจัดสรรทรัพยากร การปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากร กระแสเงินสดกับวงเงินเครดิต ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองบนโปรแกรมสำนักงานพื้นฐาน Microsoft Excel 2010 และ Visual Basic for Application (VBA) เพื่อวิเคราะห์แผนงานก่อสร้างโครงการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากเงื่อนไขของยอดกระแสเงินสดรวมสะสมสูงสุด (Overdraft) ต้องไม่เกินวงเงินเครดิตที่ใช้ โดยทรัพยากรต่างๆของโครงการที่นำมาใช้จะถูกแปรออกมาในรูปต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงานของแต่ละกิจกรรม และใช้เทคนิควิธีการค้นหาค่าที่ดีที่สุดแบบ Genetic Algorithms เพื่อหาแผนงานก่อสร้างโครงการในรูปแบบความสัมพันธ์ต่างๆ โดยใช้เครื่องมือ Visual Basic for Application (VBA) ร่วมกับโปรแกรมวางแผนงาน Microsoft Project 2007 ในการวิเคราะห์กระแสเงินสด และปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากรเพื่อหากำไรสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดด้านวงเงินเครดิต ผลการทดสอบแบบจำลองทำให้ได้แผนงานก่อสร้างที่มีกำไรของโครงการที่ดีที่สุดภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัดสามารถนำไปใช้ควบคุมและดำเนินโครงการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : การวางแผนงานอ้างอิงกระแสเงินสด, วงเงินเครดิต, เงินกู้เบิกเกินบัญชี, การจัดสรรทรัพยากร, ปรับระดับทรัพยากร, วิธีการเชิงพันธุกรรม

Abstract

This research was used as a tool to find effective and appropriate project planning by applying project management techniques to project planning. This will solve the problem all off integrated. Time cost trade-off, resource allocation, resource leveling and Cash flow with credit limit. This research had developed a model based on the Microsoft Excel 2010 and Visual Basic for basic office applications to analyze the construction schedule project and the appropriate costs based on the terms of the maximum cumulative cash flow or overdrafts. Not exceed used credit line. The resources of the project are transformed into the cost of each activity. Optimization search using with Genetic Algorithms was used to find the project plan in the form of relationships. Visual Basic for application was used together with Microsoft Project 2007 to analyze cash flow and to do resource leveling. This was to attain max profit within credit line limitation. The model was tested and gave the project plan which it yielded max. Profit under credit constraint and could be effectively used for project control.

Keywords: Finance base scheduling, credit limit, overdraft, Resource allocation, Resources leveling, Genetic algorithms

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่สำคัญในธุรกิจงานก่อสร้างอย่างหนึ่งคือการจัดหาเงินทุนหมุนเวียนให้เพียงพอเพื่อใช้ในการดำเนินงานโครงการ การขาดสภาพคล่องในเรื่องค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในช่วงเวลาต่างๆเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงการเกิดความล่าช้ากว่าแผนงานซึ่งจะทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสถานะต้นทุนเกินงบประมาณ Russel, 1991 [1] ชี้ว่าผู้รับเหมาก่อสร้างมากกว่า 60% ต้องเลิกกิจการโดยมีสาเหตุมาจากปัญหาทางการเงิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเงินสด เป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้รับเหมาก่อสร้างจำเป็นต้องมีการวางแผนการใช้จ่ายให้เพียงพอกับความต้องการตลอดช่วงเวลาของโครงการรวมถึงให้เพียงพอกับการดำเนินการของบริษัท

การบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพนั้น นอกจากจะมีการจัดทำแผนตารางเวลาที่เหมาะสมแล้วยังจะต้องคำนึงถึงจำนวนเงินที่จะต้องจัดสรรไว้เพื่อให้มีใช้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดโครงการ ในการพิจารณาเรื่องเงินทุนหมุนเวียนในโครงการนั้นนอกจากจะพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายของโครงการซึ่งถือว่าเป็นกระแสเงินสดออก (Cash Out Flow) แล้ว ยังต้องพิจารณาถึงกระแสเงินสดเข้า (Cash In Flow) หรือรายรับของโครงการ ซึ่งจะได้มาจากการเบิกจ่ายเงินงวดงาน (Progress Payment) ในแต่ละงวดงาน โดยอาจพิจารณาจากผลงานที่ทำได้ที่ได้รับการตรวจสอบแล้วโดยผู้ควบคุมงาน โดยวิธีการจ่ายเงินนั้นจะขึ้นอยู่กับแต่ละประเภทของสัญญา เช่น สัญญาแบบเหมารวม (Lump sum) หรือสัญญาแบบต่อหน่วย (Unit Price) วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการจัดทำตารางแผนการเงินคือเพื่อที่จะหาผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมสูงสุด (Overdraft) ที่ทางผู้บริหารงานจะต้องไปทำการจัดหาเพื่อเป็นเงินทุนในการดำเนินโครงการ เพื่อที่จะทำให้สามารถมีเงินใช้ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ให้โครงการต้องหยุดชะงัก

S-S Leu and C-H Yang, 1999 [2] ได้บูรณาการโมเดลปัญหาการวางแผนงานที่เรียกว่า Multi criteria construction scheduling model ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนที่ต่อเนื่องกันโดยส่วนแรกได้รวมเอาโมเดลปัญหาแบบ TCT และ Resource allocation ไว้ด้วยกัน และส่วนที่สองหลังจากได้คำตอบจากส่วนแรกเป็นโมเดลปัญหาแบบ Resource Leveling

Elazouni and Fikry G. Metawally, 2005 [3] ได้สร้างโมเดลบูรณาการ Resource allocation, Resource leveling และ Cash flow โดยให้ Objective function เป็นการ Maximize total project profit ที่ได้สะท้อนเป้าหมายด้านต่างๆดังกล่าวด้วยการใช้ Penalty เพื่อแปลงทุกเทอมให้อยู่ในรูปแบบ Project cost ที่รวมกันได้

S-S Liu and Wang, 2008 [4] ได้สร้างโมเดลที่บูรณาการ Resource Allocation, Resource Leveling และ Cash flow โดยให้ Objective function เป็นการ Maximize total project profit โดยใช้วิธี Constraint Programming (CP) ซึ่งเป็นการรวมปัญหาการจัดสรรทรัพยากรและกระแสเงินสดไว้ด้วยกัน

งานวิจัยที่ผ่านมามักนำเสนอวิเคราะห์ปัญหาเฉพาะด้าน เช่น TCT, Resource allocation, Resource leveling โดยไม่ได้รวมข้อจำกัดในทุกด้านเข้าด้วยกัน อีกทั้งเงื่อนไขต่างๆของกิจกรรมก็มักถูกสมมติให้ง่าย

ได้แก่ ประเภทความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม, ข้อจำกัดของกิจกรรม, และข้อจำกัดทางด้านเวลา จึงไม่ได้สะท้อนถึงปัญหาที่แท้จริงของแผนงานก่อสร้าง ปัจจุบันมีเครื่องมือช่วยในการวางแผนงานที่มีประสิทธิภาพเช่น Microsoft project, primavera ที่สามารถจัดการกับเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคของ Genetic Algorithm (GAs) ในการค้นหาตารางแผนงานที่เหมาะสมทำให้ได้แผนงานที่มีการจัดลำดับกิจกรรมใหม่และมีความยืดหยุ่นในการวางแผนด้านการเงิน ใช้เครื่องมือ Visual Basic for Application และ Microsoft Project ช่วยในการวิเคราะห์แบบจำลองโมเดลปัญหาและตารางแผนงาน ทำให้ได้ตารางแผนงานที่อ้างอิงการเงินภายใต้วงเงินเครดิตที่จำกัด ด้วยการพิจารณาเงื่อนไขในทุกด้านพร้อมกัน ได้แก่ ระยะเวลา ต้นทุน และทรัพยากรต่างๆของโครงการ เพื่อให้สะท้อนสภาพใกล้เคียงความเป็นจริงที่เหมาะสมของโครงการก่อสร้าง พร้อมทั้งพัฒนาโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลคำตอบถูกต้องและรวดเร็วสามารถนำไปใช้ในการดำเนินงานได้จริง

2. โมเดลปัญหากระแสเงินสดโครงการ

Au and Hendrickson, 1986 [4] ได้เสนอแนวคิดของปัญหาของกระแสของเงินสดหมุนเวียนที่มีลักษณะการไหลเข้าและออกเหมือนกระแสน้ำจึงเรียกการเคลื่อนไหวของเงินสดว่า "กระแสเงินสด" (Cash flows) โดยมีกระแสเงินสดเข้า (Cash inflows) และ กระแสเงินสดออก (Cash outflows) งานวิจัย Elazouni and Gab-Allah, 2004 [5] ได้เสนอแบบจำลองปัญหากระแสเงินสดที่มีวงเงินเครดิตจำกัดในรูปแบบ Integer programming model โดยใช้แบบจำลองค้นหาวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อให้ได้ระยะเวลาโครงการน้อยที่สุดภายใต้ข้อจำกัดด้านวงเงินเครดิต จากนั้น Elazouni and Metwally, 2005 [6] ได้ปรับปรุงเงื่อนไขด้านวงเงินเครดิตอีกเล็กน้อยและได้ปรับปรุงรูปแบบของแบบจำลองโดยใช้วิธี Genetic algorithms (GAs) เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สมการที่ใช้ในแบบจำลองจะคำนวณการเปลี่ยนแปลงของยอดเงินเบิกเกินบัญชี (overdrafts) และ แบบจำลองยังพิจารณาแบ่งประเภทต้นทุนของโครงการออกเป็น ต้นทุนทางตรง ต้นทุนทางอ้อม ค่าดำเนินการ ภาษีและส่วนเพิ่มในการทำการำ โดยมีส่วนฐานอัตราดอกเบี้ยต้นทุนแบบสม่ำเสมอ

การปรับปรุงกำไรขั้นต้นหลังจากมีการคำนวณกระแสเงินสดโดยแปลงต้นทุนหลักของโครงการให้อยู่ในรูปแบบค่าใช้จ่ายและหากำไรที่เกิดขึ้นหลังจบโครงการ "กำไรขั้นต้น" คือ ผลต่างระหว่างผลรวมกระแสเงินสดเข้าและกระแสเงินสดออก ณ ช่วงเวลาสุดท้ายของโครงการ ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินกว่ากำหนดเนื่องจากทรัพยากรแรงงานเป็นทรัพยากรที่มีความผันผวนไม่คงที่ที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาดำเนินงาน ซึ่งได้นำเสนอโดย Hegazy and Ersahin, 2001 [7] อธิบายได้ตามสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้นี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเมนต์รอบแกน x หรือ Minimum Moment Method (M_x) คือผลรวมกำลังสองของจำนวนการใช้ทรัพยากรในแต่ละวัน ซึ่งการเลื่อนกิจกรรมที่ไม่วิกฤตแต่ละครั้งค่า M_x ภายหลังการเลื่อนควรมีค่าลดลงโดยค่า M_x ที่น้อยที่สุดจะทำให้ Resource Profile มีลักษณะเข้าใกล้รูปทรงสี่เหลี่ยม (1)

$$M_x = \sum_{j=1}^n (R_j)^2 \quad (1)$$

ความต้องการใช้ทรัพยากรโดยเฉลี่ยในแต่ละวัน คือผลรวมจำนวนความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันของกิจกรรมก่อสร้างทั้งหมดหารด้วยระยะเวลาโครงการ (2)

$$R_{avg} = \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{n} \quad (2)$$

ค่าประมาณการความต้องการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันน้อยที่สุด (3)

$$M_{x(min)} = n(R_{avg})^2 \quad (3)$$

ค่าปรับที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดเกินกว่ากำหนด (4)

$$Q = \frac{M_x - M_{x(min)}}{M_{x(min)}} \times U \quad (4)$$

นอกจากนี้ยังมีค่าปรับอื่นๆที่จะต้องนำไปคิดรวมเป็นค่าใช้จ่ายด้วย นั่นก็คือ ค่าปรับเนื่องจากการทำงานล่าช้ากว่าแผนงานตามสัญญาผลตอบแทนที่สามารถทำงานเร็วกว่าแผนตามสัญญาในรูปแบบการจ่ายโบนัส งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม สมการทั่วไปของโมเดลปัญหา มีดังนี้

Decision variables: ES_i = เวลาเริ่มที่เร็วที่สุด (Earliest start) ของกิจกรรมที่ i

Objective functions:

$$\text{Maximize Profit} = G \pm B/P - Q \quad (5)$$

Subject to:

$$\text{ทรัพยากรดำเนินงาน} \quad \sum_i rr_{ikt} \leq RR_k; \forall t$$

$$\text{วงเงินเครดิต} \quad \text{Max}(OD) \leq CL$$

โดยให้

G = กำไรขั้นต้น

B = โบนัส เท่ากับ 300 บาท/วัน

P = ค่าปรับเนื่องจากความล่าช้ากว่าแผน เท่ากับ 350 บาท/วัน

U = ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากร เท่ากับ 3,500 บาท

OD = กระแสเงินสดรวมสะสมสูงสุด (Overdraft)

CL = วงเงินเครดิต (Credit limit)

R_j = จำนวนทรัพยากรทุกกิจกรรม ณ วันที่ j

rr_{ikt} = จำนวนทรัพยากรประเภท k ที่กิจกรรม i ต้องการใช้ในวันที่ t

RR_k = จำนวนทรัพยากรประเภท k ที่มีอยู่

3. ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล ที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อผู้เขียนได้เห็นเว็บไซต์ของเอเจนซีการศึกษาค้นคว้าวิจัย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเข้าข้อมูลจัดทำโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปประเภท Spreadsheet ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือเงื่อนไขด้านการเงินซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณกระแสเงินสด และข้อมูลกิจกรรมก่อสร้าง มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ข้อมูลนำเข้าเงื่อนไขด้านการเงิน

การนำเข้าข้อมูลเข้าเงื่อนไขด้านการเงิน เพื่อใช้ในการคำนวณกระแสเงินสดในการคำนวณหายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดและกำไรขั้นต้น สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ทั้งกรณีที่มีการจ่ายเงินเบิกเกินล่วงหน้า (Advance payment) และกรณีไม่มีการจ่าย ดังรูปที่ 3.1-1

Finance Conditions

Billing Period	5 Day	Delay Penalty	350 Bath/Day
Advance payment	15% %	Retainage	15% %
Overhead	1,000 Bath/Day	Mark-up	5% %
Bonus	300 Bath/Day	Loan	1% %
Resource Penalty	3,500 Bath/Day	Deposit	0.5% %

รูปที่ 3.1-1 ข้อมูลนำเข้าเงื่อนไขด้านการเงิน

3.2 ข้อมูลนำเข้ากิจกรรมก่อสร้าง

การนำเข้าข้อมูลกิจกรรมก่อสร้างเพื่อใช้ในการคำนวณตารางแผนงานเวลาและตารางประมาณการกระแสเงินสด โดยใช้ตัวอย่าง 5 กิจกรรม คือ A,B,C,D และ E ตามลำดับ และมีการกำหนดเงื่อนไขความสัมพันธ์กิจกรรมก่อนหน้า ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมี "วิธีดำเนินการ" (Execute methods) อยู่ 2 "ทางเลือก" (Options) คือ แบบระยะเวลาปกติ (Normal durations) และ แบบเร่งรัดเวลา (Compressed durations) ในแต่ละทางเลือกจะประกอบไปด้วย ระยะเวลา ค่าใช้จ่ายทางตรงต่อวัน จำนวนแรงงานที่ใช้ต่อวัน และ ประเภทของทรัพยากร ดังรูปที่ 3.1-2

ID	Activity	Predecessor	Duration	Normal durations		Compressed durations		Resource Name	
				Direct cost per day	Number of crews per day	Direct cost per day	Number of crews per day		
1	A		6	2,000	6	4	4,000	9	Formwork
2	B		3	3,000	7	2	5,000	8	Formwork
3	C	2	6	4,000	4	4	7,000	7	Rebar
4	D	1	5	2,000	5	3	4,000	8	Rebar
5	E	3,4FS+1	2	3,000	6	1	7,000	8	Mason

รูปที่ 3.1-2 กำหนดข้อมูลนำเข้ากิจกรรมก่อสร้าง

4. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

4.1 Optimization Search Using Genetic Algorithms

เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution) โดยใช้หลักการของ Genetic Algorithms เข้ามาช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อนำไปวางแผนตารางเวลาและจัดสรรทรัพยากรในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.1-1 จากข้อมูลนำเข้ากิจกรรมก่อสร้างสามารถแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Parent 1 และ Parent 2 หรือโครโมโซม

รุ่นพ่อแม่ โดยให้โครโมโซม Parent 1 แทนวิธีดำเนินงานของทางเลือก "เวลาปกติ" (Normal durations) และโครโมโซม Parent 2 แทนวิธีดำเนินงานของทางเลือก "เวลาเร่งงาน" (Compressed durations) โดยมีกิจกรรม (Activity) แสดงตำแหน่งของยีนส์ (Gene position) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ (Parent chromosomes) คู่หนึ่งเพื่อให้ได้โครโมโซมรุ่นลูก (Offspring chromosomes) และ ค่าของยีนส์ (Gene value)

	A	B	C	D	E	← กิจกรรม (Activity)
Parent 1:	6	3	6	5	2	← เวลาปกติ (Normal durations)
	A	B	C	D	E	← กิจกรรม (Activity)
Parent 2:	4	2	4	3	1	← เวลาเร่งงาน (Crash durations)

Legend:

A	← ตำแหน่งของยีนส์ (Gene position)
6	← ค่าของยีนส์ (Gene value)

รูปที่ 4.1-1 สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้แสดงแทนโครโมโซมและยีนส์

ขั้นตอนในการหาคำตอบโดยวิธี Researching algorithms มีหลักการคือ โครงการหนึ่งมีกิจกรรมทั้งหมด n กิจกรรม แต่ละกิจกรรมมีทางเลือกเท่ากับ m ทางเลือก ดังนั้นจะทำให้มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solutions) ทั้งหมดคือ m^n คำตอบ หรือ $2^5 = 32$ คำตอบ ซึ่งจะทำให้การค้นหาคำตอบทำได้รวดเร็วขึ้น โดยใช้เครื่องมือ VBA และเทคนิค Genetic algorithms เพื่อทำการจับคู่แลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมรุ่นพ่อแม่เพื่อให้ได้รุ่นลูก ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1-2

Alternative	Offspring	Alternative	Offspring	Alternative	Offspring	Alternative	Offspring
1	63652	9	62652	17	43652	25	42652
2	63651	10	62651	18	43651	26	42651
3	63632	11	62632	19	43632	27	42632
4	63631	12	62631	20	43631	28	42631
5	63452	13	62452	21	43452	29	42452
6	63451	14	62451	22	43451	30	42451
7	63432	15	62432	23	43432	31	42432
8	63431	16	62431	24	43431	32	42431

รูปที่ 4.1-2 แสดงจำนวนคำตอบทั้งหมดโดยวิธี Genetic algorithms

4.2 การคำนวณตารางเวลาและการจัดสรรทรัพยากร

ในขั้นตอนนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนการหาระยะเวลาโครงการที่สั้นที่สุดโดยใช้เทคนิค Critical Path Method (CPM) และ ขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรและปรับสมดุลทรัพยากร มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การคำนวณตารางเวลาสายงานกิจกรรมวิกฤต

เป็นการนำผลที่ได้จากขั้นตอน 4.1 มากำหนดแผนงานก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม โดยใช้ VBA และโปรแกรม Microsoft project มาช่วยในการวางแผนงานและใช้เทคนิค

CPM ในการหา "สายงานวิกฤต" โดยเพิ่มประเภทของทรัพยากรเข้ามาเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับปัญหางานก่อสร้างจริงมากขึ้น ดังรูป 4.2-1

Name	Type	std.Rate	Ovt.Rate	Cost/Used	Accure At
Rebar	Work	150	225	-	Prorated
Formwork	Work	200	300	-	Prorated
Mason	Work	250	375	-	Prorated

รูปที่ 4.2-1 กำหนดประเภทของทรัพยากรทั้งหมดในโครงการ

รูปที่ 4.2-2 และ 4.2-3 แสดงผลการคำนวณตารางเวลาซึ่งจะแสดงผลอยู่ในรูปตารางคำนวณโดยจะแยกไว้ในแต่ละแผ่นงาน (Sheet) ตามแผนงานกิจกรรม ซึ่งจะแสดงสูตรการคำนวณค่าเวลาต่างๆ เช่น ES, EF, LS, LF, TF และ FF เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนงานก่อสร้าง จากตัวอย่างพบว่าสายงานกิจกรรมที่ TF=0 คือ A-D-E ซึ่งเป็นสายงานวิกฤติและผลรวมเวลาของสายงานวิกฤตินี้เท่ากับ $4+5(lag+1) + 2 = 12$ วัน

	A	B	C	D	E	F	G	H
Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	
A	4	0	=SD\$4+\$C\$4	=SG\$4-\$C\$4	=MIN(F7)	=SF\$4-\$D\$4	=MIN(D7)-E4	
B	3	0	=SD\$5+\$C\$5	=SG\$5-\$C\$5	=MIN(F6,F8)	=SF\$5-\$D\$5	=MIN(D6)-E5	
C	4	3	=SD\$6+\$C\$6	=SG\$6-\$C\$6	=MIN(F8)	=SF\$6-\$D\$6	=MIN(D8)-E6	
D	5	4	=SD\$7+\$C\$7	=SG\$7-\$C\$7	=MIN(F8)-1	=SF\$7-\$D\$7	=MIN(D8)-E7-1	
E	2	10	=SD\$8+\$C\$8	=SG\$8-\$C\$8	=EF\$8	=SF\$8-\$D\$8	=MIN(G8)-E8	

รูปที่ 4.2-2 ตารางแสดงสูตรคำนวณแผนงานโครงการโดยวิธีสายงานวิกฤต

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF
A	4	0	4	0	4	0	0
B	3	0	3	3	6	3	0
C	4	3	7	6	10	3	3
D	5	4	9	4	9	0	0
E	2	10	12	10	12	0	0

รูปที่ 4.2-3 ผลการคำนวณกิจกรรมเวลาของแผนงาน 43452

4.2.2 จัดสรรทรัพยากรและปรับระดับสมดุลทรัพยากร

การจัดสรรทรัพยากรและปรับสมดุลทรัพยากร เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์โมเดลปัญหา คือการกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัด (constraint) ด้านทรัพยากรให้กับแผนงานก่อสร้าง โดยมีตัวแปรตัดสินใจเป็นเวลาริมของกิจกรรม (Activity's start time) ซึ่งเวลาริมของกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม มีผลทำให้ระยะเวลาโครงการมีการเปลี่ยนแปลงอีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นอีกด้วย การกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร มี 3 รูปแบบ ดังรูป 4.2-4 ซึ่งจะครอบคลุมการจัดการตารางแผนงานเวลาทั้งด้าน เวลา

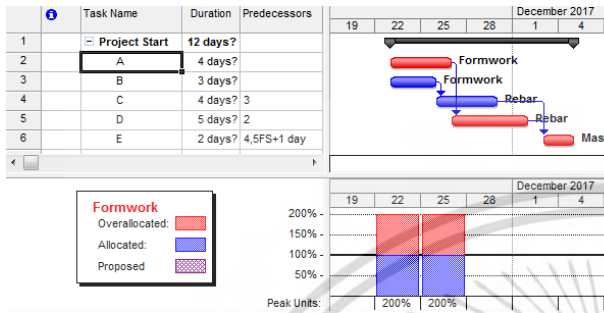
Resource Constraint	
<input checked="" type="checkbox"/>	1) Normal relationship
<input checked="" type="checkbox"/>	2) Level only within available on slack
<input checked="" type="checkbox"/>	3) Leveling can adjust individual assignments on

ทรัพยากรดำเนินงาน และวงเงินเครดิต มีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 4.2-4 การกำหนดเงื่อนไขข้อจำกัดด้านทรัพยากร

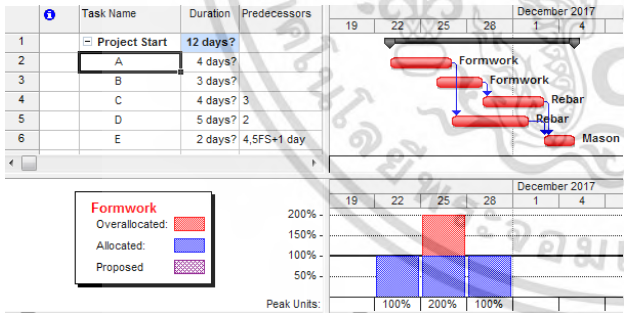
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Normal relationship แสดงการจัดสรรทรัพยากรรูปแบบทั่วไปโดยไม่มีกรนำข้อจำกัดด้านทรัพยากรมาพิจารณาประกอบ ดังรูป 4.2-5 จะได้สายงานกิจกรรมวิกฤตคือ A-D-E มีระยะเวลาโครงการ 12 วัน ซึ่งพบว่า กิจกรรม A และ กิจกรรม B ซึ่งมีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันคือ Formwork ในช่วงเวลาดำเนินงานพร้อมกัน ทำให้ผลรวมของจำนวนทรัพยากรในช่วงเวลาดำเนินงานของกิจกรรมทั้ง 2 กิจกรรมเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด



รูปที่ 4.2-5 แสดงการจัดสรรทรัพยากรกรณีรูปแบบทั่วไป

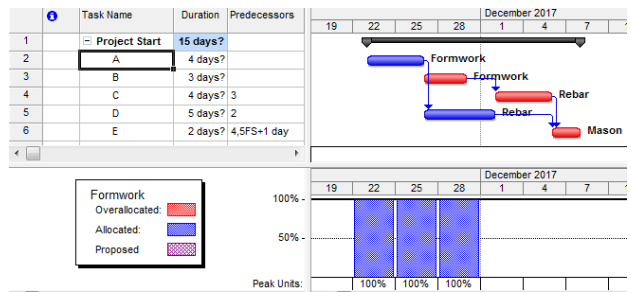
2) Level only within available on slack แสดงรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวม (TF) ดังรูปที่ 4.2-6 จากตารางคำนวณแผนงานตารางเวลา รูปที่ 4.2-3 พบว่ากิจกรรม B และ C มีเวลาลอยตัวรวมเท่ากับ 3 วัน ซึ่งหมายความว่ากิจกรรม B และ C สามารถเลื่อนเวลาเริ่มงานได้ได้อีก 3 วัน โดยไม่ทำให้ระยะเวลาโครงการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ทุกกิจกรรมเป็นกิจกรรมวิกฤตหมด โดยมีระยะเวลารวมโครงการเท่าเดิมคือ 12 วัน แต่ยังมีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันอยู่



รูปที่ 4.2-6 แสดงการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวรวม (Total Float: TF)

3) Leveling can adjust individual assignment on task แสดงรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันออกไป ดังรูปที่ 4.2-7 พบว่าสายงานกิจกรรมวิกฤตเปลี่ยนไปเป็น B-C-E และระยะเวลาโครงการขยายเพิ่มขึ้นเป็น 15 วัน แต่มีการจัดสรรทรัพยากรไม่ให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรประเภทเดียวกันของกิจกรรมก่อสร้าง โดยวิธีการเลื่อนกิจกรรม B ที่มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันกับกิจกรรม A ออกไปหลังจากกิจกรรม A

ทำงานแล้วเสร็จ และเลื่อนกิจกรรม C ออกไปหลังกิจกรรม D แล้วเสร็จ ซึ่งมีการใช้ทรัพยากร Rebar เหมือนกัน



รูปที่ 4.2-7 แสดงการจัดสรรทรัพยากรโดยการเลื่อนกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน

4.3 การคำนวณค่าปรับในการใช้ทรัพยากรที่เกินกำหนด

การคำนวณค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งในแต่ละทางเลือกคำตอบแผนงานจะมีการคำนวณค่าปรับโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนทำการจัดสรรทรัพยากร และ หลังการจัดสรรทรัพยากร โดยทำการกระจายจำนวนทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมแบบต่อเนื่องเท่ากันคงที่ตามจำนวนเวลาดำเนินงานของกิจกรรม ในรูปแบบของ Histogram เพื่อคำนวณหาความผันผวนของทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละวันว่ามีค่ามากเกินกว่าค่าเฉลี่ยจำนวนทรัพยากรในแต่ละวันเป็นเท่าใด และแปลงให้อยู่ในเทอมค่าใช้จ่ายที่จะนำมาคำนวณหากำไรขั้นสุดท้ายตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) สมการ (5)

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	4	0	4	0	4	0	0	A	9	9	9	9								
B	3	0	3	3	6	3	0	B	7	7	7									
C	4	3	7	6	10	3	3	C				7	7	7	7					
D	5	4	9	4	9	0	0	D					5	5	5	5	5			
E	2	10	12	10	12	0	0	E											6	6
Rj									16	16	16	16	12	12	12	5	5	0	6	6
Rj2									130	130	130	130	74	74	74	25	25	0	36	36
Ravg									10											
Mxmin									1,240											
Mx									864											
Q									1,062											

รูปที่ 4.3-1 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 12 วัน

	A	B
3	Activity	Duration
4	A	4
5	B	3
6	C	4
7	D	5
8	E	2
9	Rj	=SUM(\$K\$4:\$K\$8)
10	Rj2	=SUMSQ(\$K\$4:\$K\$8)
11	Ravg	=(SUM(\$K\$9:\$V\$9)/COUNT(\$K\$9:\$V\$9))
12	Mxmin	=COUNT(\$K\$9:\$V\$9)*\$C\$11^2
13	Mx	=SUM(\$K\$10:\$V\$10)
14	Q	=ABS((SUM(\$K\$10:\$V\$10)-\$C\$12)/\$C\$12)*MainIC8

รูปที่ 4.3-2 ตัวอย่างสูตรคำนวณตัวแปรค่าปรับด้านทรัพยากร

รูปที่ 4.3-1 เป็นการแจกแจงตารางการจัดสรรทรัพยากรและการคำนวณกิจกรรมเวลา ซึ่งเป็นช่วงก่อนทำการจัดสรรทรัพยากร มีระยะเวลาโครงการ 12 วัน โดยมีการกระจายจำนวนทรัพยากรในแต่ละกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามจำนวนประเภททรัพยากรที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของกิจกรรมนั้นดำเนินการ พบว่ากิจกรรม A และ B มีการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกัน (Formwork) และมีช่วงดำเนินการของกิจกรรมซ้อนทับกัน ทำให้ผลรวมการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันมีค่ามากกว่านั้นคือเกิดค่าใช้จ่ายสะสมเพิ่ม ณ ช่วงเวลานี้ โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเท่ากับ 10 คน/วัน โมเมนต์ความผันผวนรอบแกน X ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1,240 และจะมีค่าปรับในการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดที่ 1,062 บาท

Activity	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
A	4	0	4	3	7	3	0	A	9	9	9	9													
B	3	4	7	4	7	0	0	B					7	7	7										
C	4	9	13	9	13	0	0	C												7	7	7	7		
D	5	4	9	7	12	3	3	D					5	5	5	5	5								
E	2	13	15	13	15	0	0	E															6	6	
Rj									9	9	9	9	12	12	12	5	5	7	7	7	7	6	6	6	
Rj2									81	81	81	81	74	74	74	25	25	49	49	49	49	36	36	36	
Ravg	8																								
Mxmin	992																								
Mx	864																								
O	452																								

รูปที่ 4.3-3 ตารางแจกแจงการจัดสรรทรัพยากรของ 43452 ที่ 15 วัน

รูปที่ 4.3-3 เป็นการแจกแจงตารางการจัดสรรทรัพยากร ซึ่งเป็นช่วงหลังจากทำการจัดสรรทรัพยากรแล้วเสร็จ มีการขยายเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 15 วัน เนื่องจากมีการเลื่อนเวลาเริ่มงานของกิจกรรม B ที่มีการซ้อนทับกับกิจกรรม A เพื่อลดจำนวนการใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยมีการกระจายจำนวนทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมตามจำนวนประเภททรัพยากรที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของกิจกรรมนั้นดำเนินการ โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรในแต่ละวันเท่ากับ 8 คน/วัน โมเมนต์ความผันผวนรอบแกน X ที่น้อยที่สุดเท่ากับ 992 และจะมีค่าปรับในการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดที่ 452 บาท ซึ่งจะพบว่ากรณีหลังจะมีค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินกำหนดน้อยกว่าระยะแรก

4.4 ตารางคำนวณกระแสเงินสด (Cash flow)

การคำนวณกระแสเงินสดในตัวอย่างนี้จะใช้เงื่อนไขสัญญาการจ่ายเงินแบบ Unit price ซึ่งเป็นการจ่ายเงินในแต่ละงวดงานจะขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละเดือน มีเงื่อนไขด้านการเงินดังนี้ เงิน

เบิกจ่ายล่วงหน้า=15% ของค่าใช้จ่ายรวมโครงการ, ค่าใช้จ่ายทางอ้อม=1000 บาท/วัน,กำไร=5%, ดอกเบี้ยเงินกู้เบิกเกินบัญชี=1%, ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.5% และ เงินหักประกันผลงาน=15% ซึ่งจะได้อัตราหลังจากวางบิลหลังงวดสุดท้ายอีก 1 period (5 วัน)

ตารางที่ 4.4-1 แสดงตารางคำนวณกระแสเงินสดในรูปแบบ spread sheet ใน Microsoft Excel จากตัวอย่างแผนงาน 43452 ซึ่งมีสายงานกิจกรรมวิกฤตคือ A-D-E มีระยะรวมโครงการทั้งสิ้น 12 วัน โดยมีการวางบิลทุกๆ 5 วัน และจะได้รับเงินงวดงาน (payment) หลังจากวางบิลอีก 1 period (5 วัน) ตัวอย่างเช่น ค่าใช้จ่ายทางตรงรวมสะสมช่วง period แรก จะคิดจาก วันที่ 1 ถึง วันที่ 5 รวมเป็นเงิน 41,000 บาท และค่าใช้จ่ายทางอ้อม 5 วัน เท่ากับ 5x1,000 เท่ากับ 5,000 บาท พบว่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีสูงสุดอยู่ช่วงปลาย period ที่ 2 โดยมียอดรวมสะสมสูงสุดเท่ากับ 60,699 บาท และจะได้รับกำไรขั้นต้นเมื่อสิ้นวันที่ 25 โดยคิดรวมเงินหักประกันผลงานแล้วเป็นเงินทั้งสิ้น 4,441 บาท และมีวงเงินเครดิตอยู่ที่ 53,000 บาท

ตารางที่ 4.4-2 แสดงตารางสรุปผลคำนวณกระแสเงินสดทุกทางเลือกคำตอบที่ได้จากขั้นตอน GAs เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างในกรณีการจัดสรรทรัพยากรและไม่จัดสรรทรัพยากร โดยรายละเอียดของตารางจะแสดงข้อมูลดังนี้ ทางเลือกของแผนงาน ข้อจำกัดด้านทรัพยากร ระยะเวลาโครงการ วงเงินเครดิต ข้อมูลกิจกรรมเวลา กระแสเงินสดรวมสูงสุด และกำไรขั้นต้น ในแต่ละทางเลือกจะแสดงผลตามจำนวนข้อจำกัดที่เราเลือก จากตัวอย่างเลือกใช้ 3 constraint ดังนั้นผลที่ได้จะแสดงคำตอบทั้งสามค่า ตัวอย่างเช่น ทางเลือก 43452 ในกรณีเลือก constraint 1 ระยะเวลาโครงการ 12 วัน จะมีกำไร 4,441 บาท ยอดวงเงินเครดิตสูงถึง 61,000 บาท ทางเลือก constraint 2 จะคล้ายกับ constraint 1 แต่จะมีกำไรเพิ่มเป็น 4,490 บาท และ constraint 3 ระยะเวลาโครงการเป็น 15 วัน ยอดวงเงินเครดิตจะลดลงเหลือ 53,000 บาท แต่มีกำไรขั้นต้นถึง 7,866 บาท การพิจารณาเลือกข้อจำกัด (constraint) จะขึ้นอยู่กับวงเงินเครดิตที่กำหนด

Activity	Days																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A		4,000	4,000	4,000	4,000																					
B		3,000	3,000	3,000																						
C					7,000	7,000	7,000																			
D						2,000	2,000	2,000	2,000	2,000																
E													3,000	3,000												
Direct Cost						41,000					22,000															
Indirect Cost						5,000					5,000															
Total Cost						46,000					27,000															
Markup						2,300					1,350															
Total Billed						48,300					28,350															
Retainage						7,245					4,253															
Advance payment Reimburse						7,245					4,253															
Payment		13,230									33,810															
Total Cost to date						46,000					73,000															
Total bill to date						48,300					76,650															
Total paid to date		13,230				13,230					47,040															
Overdraft at end of week						32,770					60,098															
Interest on overdraft						328					601															
Total amount finance						33,098					60,699															

อีกกรณีนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขปรับปรุงเงื่อนไขการคำนวณ

ตารางที่ 4.4-1 ตารางคำนวณกระแสเงินสดของทางเลือก 43452 ที่วงเงินเครดิต 61,000 ภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่ 1

Alternative	Cons traint	Duration	Total Credit	Activity A		Activity B		Activity C		Activity D		Activity E		Maximum negative cash flow	Gross profit
				Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start	Duration	Start		
43631	1	10	67,000	4	0	3	0	6	3	3	4	1	9	66,672	-8,255
43631	2	10	67,000	4	1	3	0	6	3	3	5	1	9	66,632	-8,896
43631	3	14	51,000	4	3	3	0	6	3	3	9	1	13	50,598	-5,896
43452	1	12	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	2	10	60,699	-4,441
43452	2	12	61,000	4	0	3	3	4	6	5	4	2	10	60,527	-4,490
43452	3	15	53,000	4	0	3	4	4	9	5	4	2	13	52,698	-7,866
43451	1	11	61,000	4	0	3	0	4	3	5	4	1	10	60,538	-4,635
43451	2	11	61,000	4	0	3	3	4	6	5	4	1	10	60,366	-4,683
43451	3	14	54,000	4	0	3	4	4	9	5	4	1	13	53,546	-8,059

ตารางที่ 4.4-2 ตารางแสดงผลการคำนวณกระแสเงินสดของทุกคำตอบ เพื่อหาค่าไร้นัดและค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดมากที่สุด

ตารางที่ 4.4-3 แสดงตารางสรุปผลจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยนำค่าปรับ โบนัส มาคิดรวมกับกำไรขั้นต้นตามสมการ (5) ประกอบด้วย ทางเลือกคำตอบ (Alternative) วงเงินเครดิต (credit limit) ระยะเวลาโครงการ (Project time) กำไรขั้นต้น (Gross profit) ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินจำกัด (Penalty) ค่าปรับเนื่องจากล่าช้า (Delay) โบนัส (Bonus) และกำไรขั้นต้นสุดท้าย (Adjust Profit) พบว่าทางเลือก 42451 เป็นคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับวงเงินเครดิตไม่เกิน 53,000 บาท โดยจะแสดงแถบสีเหลืองเข้ม ระยะเวลาโครงการ 14 วัน จะแสดงด้วยตัวหนังสือสีฟ้า เลือก Constraint ที่ 3 (เงื่อนไขกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากรประเภทเดียวกันร่วมกัน) มีกำไรขั้นต้น 8,087 บาท มี

Alternative	Credit Limit	Project Time			Gross Profit	Resource			Adjusted Profit
		c.1	c.2	c.3		Penalty	Delay	Bonus	
63652	50,000	14	14	19	5,849	1,191	-	4,657	
63651	51,000	13	13	18	6,042	1,231	300	5,111	
63632	48,000	12	12	15	5,580	727	350	4,503	
63631	49,000	11	11	14	5,774	756	-	5,018	
63452	58,000	14	14	17	6,962	1,011	-	5,951	
63451	59,000	13	13	16	7,156	1,056	300	6,400	
63432	60,000	12	12	15	7,830	549	350	6,932	
63431	60,000	11	11	14	8,024	583	-	7,442	
62652	52,000	14	14	19	5,885	1,056	-	4,829	
62651	53,000	13	13	18	6,079	1,091	300	5,287	
62632	53,000	12	12	14	4,952	750	-	4,202	
62631	53,000	11	11	13	5,146	785	300	4,661	
62452	59,000	14	14	17	6,995	862	-	6,133	
62451	60,000	13	13	16	7,189	902	300	6,587	
62432	60,000	12	12	15	7,864	363	350	7,151	
62431	61,000	11	11	14	8,058	391	-	7,667	
43652	58,000	12	12	17	4,336	1,196	600	3,740	
43651	58,000	11	11	16	4,530	1,260	900	4,169	
43632	51,000	11	11	15	5,703	313	350	5,040	
43631	67,000	10	10	14	8,896	1,244	1,200	8,852	
43452	53,000	12	12	15	7,866	453	350	7,063	
43451	54,000	11	11	14	8,059	488	-	7,572	
43432	70,000	10	10	13	8,992	1,274	1,200	8,917	
43431	71,000	9	9	12	9,184	1,376	1,500	9,308	
42652	59,000	12	12	17	4,366	1,050	600	3,917	
42651	58,000	11	11	16	4,560	1,112	900	4,348	
42632	67,000	10	10	14	7,453	1,234	1,200	7,419	
42631	68,000	9	9	13	7,645	1,329	1,500	7,817	
42452	53,000	12	12	15	7,893	259	350	7,284	
42451	53,000	11	11	14	8,087	288	-	7,799	
42432	71,000	10	10	13	9,023	1,128	1,200	9,096	
42431	71,000	9	9	12	9,216	1,230	1,500	9,486	

ตารางที่ 4.4-3 ตารางสรุปผลเพื่อหาค่าไร้นัดที่วงเงินเครดิต 53,000

ค่าปรับเนื่องจากการใช้ทรัพยากรเกินจำกัดที่ 288 บาท และไม่มีค่าปรับเนื่องจากการล่าช้า รวมเป็นกำไรสุทธิเท่ากับ 7,799 บาท

5. สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะขยายแนวคิดและเทคนิคของ "ตารางแผนงานที่อ้างอิงการเงิน" (Finance-based scheduling) [6] เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดทำแผนงานด้านการเงิน ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายรวมสะสมสูงสุด (Overdraft) และนำไปใช้ในการจัดหาแหล่งเงินทุนในการดำเนินโครงการ นอกจากนี้ยังเป็นการบูรณาการโมเดลปัญหาที่นำรวมเอาเทคนิคในการบริหารงานก่อสร้างในด้านต่างๆ รวมไว้อยู่ด้วยกัน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับเวลา (Time Cost Trade-Off) การจัดสรรทรัพยากร (Resource allocation) การปรับสมดุลระดับการใช้ทรัพยากร (Resource Leveling) และ กระแสเงินสด (Cash-flow) มาศึกษาประกอบด้วย การนำเทคนิคทั้ง 4 เหล่านี้มาวิเคราะห์ จะได้ผลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเท่าไรก็ต้องอาศัยหลักการของ Genetic Algorithm (GAs) มาช่วยในการค้นหากลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นไปได้ เบื้องต้นหลักการของการใช้เทคนิคเหล่านี้เพื่อที่จะหาค่าของกำไรสูงสุดของโครงการ และพยายามลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ เช่น ค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าวัสดุ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ดอกเบี้ย และความผันผวนของทรัพยากร ภายใต้วงเงินเครดิตและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การพัฒนาแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้ใช้กลุ่มตัวอย่าง 5 กิจกรรมก่อสร้าง ซึ่งมีการเปรียบเทียบผลของแต่ละรูปแบบจำลองโดยวิธี Integer-programming หาค่าผลลัพธ์ออกมา หายสุดนี้ การพัฒนารูปแบบจำลองให้ได้ผลรวมที่ดีที่สุดนั้น ควรจะต้องพิจารณาในเรื่องของ เงินสด(cash), เวลา(Time), ค่าใช้จ่าย (Cost) และ ทรัพยากร (Resource) ไปพร้อมกัน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Russell, J.S. (1991) Contractors failure: analysis, Journal of Performance of Constructed Facilities 5(2), 163-80.
- [2] Leu, S.S., and Yang, C.H. (1999) GA-Based Multicriteria Optimal Model for Construction Scheduling, Journal of Construction Engineering and Management, 125(6), 420-427.
- [3] Elazouni, A., and Metwally, F. G. (2005). "Finance-based scheduling: Tool to maximize project profit using improved genetic algorithms." *J. Constr. Eng. Manage.*, 131(4), 400-412.
- [4] Liu, S.S. and Wang, C.J. (2008) Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization considering cash flow, Automation in Construction 17(8), 966-74.
- [5] Elazouni, A., and Gab-Allah, A. (2004). "Finance-based scheduling of construction projects using Integer programming." *J. Constr. Eng. Manage.*, 130(1), 15-24.
- [6] Elazouni, A., and Metwally, F. G. (2005). "Finance-based scheduling: Tool to maximize project profit using improved genetic algorithms." *J. Constr. Eng. Manage.*, 131(4), 400-412.
- [7] Hegazy, T., and Ersahin, T. (2001). "Simplified spreadsheet solutions.II:Overall schedule optimization." *J. Constr. Eng. Manage.*, 127(6), 469-475.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์



ประวัติผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายอาคม สุวรรณไตร
วัน เดือน ปีเกิด	3 กรกฎาคม 2522
ที่อยู่	90/43 หมู่บ้าน เพอร์เฟคเพลส ซอยลาดกระบัง 20/3 ต.ราชาเทวะ อ. บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2545 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยสยาม
ประสบการณ์ทำงาน	
พ.ศ. 2545-2553	วิศวกรโยธา (Civil engineer) บริษัท เซ้าท์อีสท์เอเชียเทคโนโลยี (ซีเทค) จำกัด
พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน	วิศวกรระบบราง (Railway engineer) บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้