

การวางแผนงานก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้านกระแสวิสด



นายจิรเดช เศรษฐภูมิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2556

**CONSTRUCTION PLANNING MODEL WITH CASH
FLOW CONSTRAINT**

JiradatSettakumpoo



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2013**

การวางแผนงานก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้านกระแสดเงินสด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้แก่นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศ. ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.อภิชน วัชรินทร์วงศ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ.ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

CONSTRUCTION PLANNING MODEL WITH CASH FLOW CONSTRAINT

Suranaree University of Technology has approved this thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for a Master's Degree.

Thesis Examining Committee

(Prof. Dr. Suksan Horpibulsuk)

Chairperson

(Assoc. Prof. Dr. Vacharapoom Benjaoran)

Member (Thesis Advisor)

(Dr. Apichon Watcharewong)

Member

(Prof. Dr. Sukit Limpijumnong)
Vice Rector for Academic Affairs

(Assoc. Prof. Dr. Kontorn Chamniprasart)
Dean of Institute of Engineering

จิระเดชเศรษฐิกัมพู : การวางแผนงานก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้านกระแสเงินสด

(CONSTRUCTION PLANNING MODEL WITH CASH FLOW CONSTRAINT)

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 89 หน้า.

การวางแผนเป็นงานที่มีความสำคัญในการบริหารงานโครงการก่อสร้าง ซึ่งการวางแผนงานโครงการก่อสร้างต้องนำประเด็นด้านระยะเวลา ค่าใช้จ่ายและข้อจำกัดของทรัพยากรมาใช้ประกอบเพื่อให้ได้แผนงานที่มีประสิทธิภาพดี การวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลอง สำหรับการวางแผนงานด้านระยะเวลาของโครงการที่เหมาะสมโดยพิจารณาเงื่อนไขที่กระแสเงินสดของโครงการต้องมียอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินกว่าวงเงินเครดิตที่ใช้ โดยทรัพยากรต่างๆของโครงการที่นำมาใช้จะถูกแปรออกมาในรูปต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงานของแต่ละกิจกรรม การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้ใช้โปรแกรมกระดานคำนวณ ในการสร้างแบบจำลองและนำ Genetic Algorithms มาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา แบบจำลองนี้สามารถสร้างแผนงานด้านระยะเวลาที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิตของโครงการ ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าเมื่อมีวงเงินเครดิตน้อยลงจะส่งผลให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบแผนงานปกติที่ไม่คำนึงถึงวงเงินเครดิตกับแผนงานที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองนี้สามารถสร้างแผนงานที่ต้องการใช้วงเงินเครดิตที่น้อยกว่าแผนงานปกติภายใต้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมที่เท่ากัน แผนงานที่ได้จากแบบจำลองนี้จึงสามารถใช้สำหรับการบริหารงานโครงการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากขึ้น

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JIRADAT SETTAKUMPOO : CONSTRUCTION PLANNING MODEL
WITH CASH FLOW CONSTRAINT. THESIS ADVISOR :ASSOC. PROF.
VACHARAPOOMBENJAORAN, Ph.D., 89 PP.

CONSTRUCTION SCHEDULING/CASHFLOW/CREDIT LIMIT

One of the most important aspects of construction management is the planning and scheduling of the construction project. Time, cost and limitation of resources in construction projects have to be considered for developing the scheduling model which provides the efficacious construction schedules. This research aims to develop the model for appropriate project time schedule. Project cash flow is considered as one of constraints of the model. The project overdraft must not exceed the credit limit of the project. Also, project resources are represented in cost of each activity. The Excel spreadsheet is used for creating the model and Genetic Algorithms are used for searching the results. The model provides the suitable project time schedule under the credit limit constraint. The testing on the new model shows the result that project duration and overall cost of the project are increasing while the required credit limit of the project is decreasing. Moreover, the new model provides the project time schedule with smaller credit limit required than the one without. Finally, it also provides the suitable and efficient project time schedule for managing a construction project.

School of Civil Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อย่างสูงที่ได้สละเวลาดูแลให้คำปรึกษาจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงลงได้ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่สละเวลาแก้ไขตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์

วิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้เลยถ้าข้าพเจ้าไม่ได้รับความรู้ทางวิชาการและแนวคิดของการทำงานที่ดีจากคณาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่าน และทุนสนับสนุนในการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณกำลังใจ คำติชม พร้อมกับข้อคิดดีๆจากเพื่อนร่วมเรียนระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่านที่ช่วยให้ข้าพเจ้ามีแรงกำลังมุ่งมั่นทำงานจนสำเร็จลงได้

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมส่งเสริมการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา

จิรเดชเศรษฐิกัมพู



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 ปรัชญ่วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ประวัติความเป็นมาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2 เทคนิคที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.2.1 เทคนิค Critical Path Method (CPM).....	8
2.2.2 เทคนิค Time-Cost Trade off (TCT).....	9
2.2.3 เทคนิค Cash Flow.....	10
2.2.4 เทคนิค การวิเคราะห์ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม.....	11
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

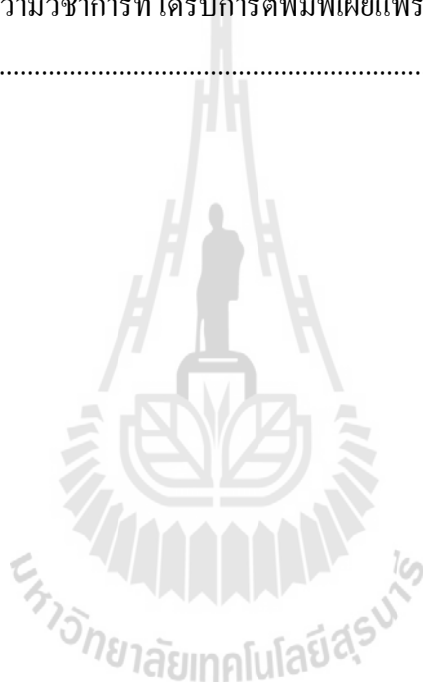
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	19
3.1	สัมภาษณ์การวางแผนงาน	20
3.2	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวางแผนงานโครงการในกรณีศึกษา.....	24
3.3	สมการและส่วนประกอบของแบบจำลอง.....	27
3.3.1	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)	27
3.3.2	ฟังก์ชันตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables).....	29
3.3.3	ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraints)	29
3.4	วิธีหาคำตอบ Optimization	31
3.5	การสร้างพื้นที่สำหรับคำนวณ	33
3.5.1	การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการคำนวณตามเทคนิค CPM.....	35
3.5.2	การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการคำนวณตามเทคนิค Cash flow ...	37
3.5.3	การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการจัดสรรทรัพยากร	40
3.5.4	การสร้างพื้นที่สำหรับข้อมูลเงื่อนไขการคำนวณเบื้องต้น	41
3.5.5	การสร้างพื้นที่แสดงผลทดสอบเบื้องต้น	41
3.6	การตั้งค่าและกำหนดค่าต่างๆในโปรแกรม Evolver	42
3.7	การทดสอบแบบจำลอง.....	46
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล	47
4.1	ผลลัพธ์การสัมภาษณ์การวางแผนงาน	47
4.2	ผลลัพธ์จากการทดสอบ	48
4.3	อภิปรายผล.....	57
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	57
5.1	สรุปผลการศึกษาวิจัย	57
5.2	ข้อเสนอแนะ	58
	รายการอ้างอิง	59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์	60
ภาคผนวก ข ผลลัพธ์จากการทดสอบข้อมูล	65
ภาคผนวก ค บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	81
ประวัติผู้เขียน	89



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	แสดงข้อมูลสรุปการสัมภาษณ์ขั้นตอนการวางแผนเบื้องต้น 21
3.2	แสดงความหมายการประยุกต์ระหว่างเจเนติกอัลกอริทึมและแผนงาน (Schedule) 32
4.1	แสดงชุดข้อมูลการทดสอบ 48
4.2	แสดงตัวอย่างผลการทดสอบที่ $Du = 40$ period และ $OD = 20, 18$ 51



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับเวลาของ 1 กิจกรรม.....	9
2.2	โครงข่ายของกิจกรรมในกรณีศึกษาของ Hegazy et al (2001)	12
2.3	ตารางแสดงการสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิค CPM และ TCT ของHegazy et al (2001)...	13
2.4	ตารางแสดงแบบจำลองโดยใช้เทคนิค CPM และ TCT ของHegazy et al (2001) ต่อ.....	14
2.5	ตารางแสดงข้อมูลการคำนวณ Cash flow ของHegazy et al (2001)	15
2.6	แสดงตาราง Cash flow และ Optimization ของHegazy et al (2001).....	16
3.1	โครงข่ายของกิจกรรมในกรณีศึกษาของงานวิจัย	25
3.2	แสดงรายละเอียดความสัมพันธ์ของกิจกรรม	26
3.3	แสดงพื้นที่สำหรับการคำนวณ	34
3.4	แสดงสูตรการคำนวณด้วยวิธี CPM.....	36
3.5	แสดงสูตรการคำนวณ Cash flow	39
3.6	แสดงข้อมูลการคำนวณของการจัดสรรทรัพยากร	40
3.7	แสดงเงื่อนไขเบื้องต้นสำหรับการคำนวณ.....	41
3.8	แสดงผลการทดสอบและข้อจำกัดเบื้องต้นของแบบจำลอง.....	42
3.9	แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั่วไปของโปรแกรม Evolver.....	43
3.10	แสดงการกำหนดระยะเวลาหรือเงื่อนไขการหยุดการหาคำตอบของโปรแกรม Evolver.....	44
3.11	แสดงการกำหนดค่าที่ต้องการให้แสดงของโปรแกรม Evolver	44
3.12	แสดงการกำหนดค่าฟังก์ชันต่างๆของแบบจำลอง.....	45
4.1	กราฟแสดงผลระหว่าง Overdraft และ Duration ที่ Project Total Cost = 258×10^6 ฿.....	52
4.2	กราฟแสดงผลระหว่าง Duration กับ Project Total Cost ที่ Credit limit ต่างๆ	54
4.3	กราฟแสดงผลระหว่าง Overdraft และ Project Total Cost ที่ระยะเวลาต่างๆ	55

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

DC_{ik}	=	ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใดๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใดๆ
Y_{ik}	=	ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ
IDC_j	=	ค่าใช้จ่ายทางอ้อมในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ 5% ของค่าใช้จ่ายทางตรงรวมของโครงการ (211.18×10^6 B) มีค่าเท่ากับ 263.975×10^3 B/period
RP_j	=	ค่าปรับการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ 5250 B x ปริมาณการใช้ทรัพยากรมากหรือน้อยกว่ากำหนดในช่วงเวลา j ใดๆ
I_j	=	ค่าดอกเบี้ยในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ ยอดเบิกเงินเกินบัญชีในช่วงเวลา j ใดๆ x อัตราดอกเบี้ย (12% ต่อปี)
ES_j	=	เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมที่ j
EF_i	=	เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมก่อนหน้าที่ i
$Shift_j$	=	การเลื่อนเวลาเริ่มของกิจกรรมที่ j
$Max OD_j$	=	ค่ามากที่สุดของเงินเบิกเกินบัญชีในช่วงเวลาที่ j
CI_j	=	กระแสเงินสดเข้าของโครงการช่วงเวลา j ใดๆ ($j=1, 2, 3 \dots T$)
P_i	=	เงินงวดงานของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i มีค่าเท่ากับ ค่าใช้จ่ายทางตรง + ค่าใช้จ่ายทางอ้อม + ผลกำไร (Mark up) ก่อนหน้าที่ i
Ret_i	=	ค่าประกันผลงานช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i
OD_j	=	เงินเบิกเกินบัญชีช่วงเวลา j ใดๆ ($j=1, 2, 3 \dots T$)
CO_i	=	รายจ่ายของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i
NC_i	=	จำนวนยอดเงินสดสุทธิช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i
H	=	จำนวนกิจกรรมทั้งหมด
j	=	ช่วงเวลาใดๆ
T	=	ระยะเวลารวมของโครงการ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายในการบริหารงานโครงการก่อสร้างที่สำคัญ คือ การดำเนินงานก่อสร้างโครงการให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ภายในงบประมาณต้นทุนที่ได้วางแผนไว้ด้วยคุณภาพของงานตามต้องการ ในการดำเนินงานก่อสร้างมีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสิ่งก่อสร้างอันประกอบด้วย แรงงานที่มีคุณภาพ วัสดุที่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด เครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพ และการจัดสรรเงินงบประมาณสำหรับใช้ในการทำงานได้อย่างเหมาะสม การวางแผนงานด้านระยะเวลาที่ดีจะส่งผลให้งานก่อสร้างดำเนินไปอย่างราบรื่นมีประสิทธิภาพและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการควบคุมให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ ในการสร้างแผนงานด้านระยะเวลาที่คืบหน้าควรพิจารณาทั้งด้านระยะเวลา ค่าใช้จ่าย การใช้ทรัพยากร และกระแสเงินสดของโครงการไปพร้อมกัน สิ่งเหล่านี้แสดงถึงความซับซ้อนของงานก่อสร้างและเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้โครงการบรรลุตามเป้าหมายทั้งด้านระยะเวลาและต้นทุน

ในอุตสาหกรรมก่อสร้างแต่ละประเภทจะมีสัญญาเป็นตัวกำหนดระยะเวลาของโครงการ ระยะเวลาตามสัญญานั้นเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนงาน ซึ่งในสัญญาจะระบุค่าปรับจากการทำงานเกินกำหนดระยะเวลาตามสัญญา ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของโครงการสูงขึ้น ในงานก่อสร้างสามารถเร่งระยะเวลาให้งานแล้วเสร็จก่อนสัญญาหรือแผนงานได้ การเร่งระยะเวลาดังกล่าวทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเนื่องจากเพิ่มเครื่องจักรหรือเพิ่มเวลาการทำงานในแต่ละวัน (Over Time)

การวางแผนงานในด้านค่าใช้จ่ายของงานก่อสร้างเป็นการเตรียมพร้อมก่อนการเริ่มงานและส่งผลให้สามารถบริหารโครงการได้อย่างคุ้มค่าสูงสุด ซึ่งสามารถป้องกันถึงปัญหาและผลกระทบเกี่ยวกับการเงินที่อาจเกิดขึ้นได้ ในส่วนของวางแผนงานด้านทรัพยากรจะเป็นการวางแผนงานเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุดและในด้านของเงินสดหรือกระแสเงินสดซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของงานก่อสร้าง เนื่องจากเป็นทรัพยากรเบื้องต้นที่ต้องใช้จ่ายไปในการจัดหาทรัพยากรแรงงาน เครื่องจักร วัสดุ รวมถึงค่าดำเนินงานต่างๆ ดังนั้นแผนงานที่ดีและเหมาะสมควรคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้

จากที่กล่าวมาเบื้องต้นสิ่งสำคัญและส่งผลในการวางแผนก่อสร้างได้แก่ ระยะเวลาค่าใช้จ่าย ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด และกระแสเงินสดดังนั้นแผนงานที่พิจารณาด้านระยะเวลาเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้โครงการมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นสาเหตุมาจากการใช้ทรัพยากรบางช่วงเวลามากเกินความจำเป็น และแผนงานที่พิจารณาด้านทรัพยากรที่มีจำกัดเพียงด้านเดียวส่งผลให้ระยะเวลาโครงการมากขึ้น และค่าใช้จ่ายสูงขึ้น จากที่กล่าวมานี้ได้มีการคิดค้นเทคนิคต่างๆ ในการแก้ปัญหาวางแผนงานเพื่อให้ได้แผนงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น เทคนิค CPM (Critical Path Method) เป็นเทคนิคการวางแผนงานตามลำดับในขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรม โดยการพิจารณา ระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ของโครงการภายใต้ความสัมพันธ์ของลำดับการทำงานแต่ไม่มีการพิจารณาจำนวนการใช้ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเทคนิค TCT (Time Cost Trade off) เป็นเทคนิคมุ่งเน้นในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมน้อยสุด โดยคำนึงถึงข้อจำกัดของการใช้ทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมแต่ไม่มีการคำนึงถึงภาพรวมของระดับการใช้ทรัพยากรทั้งโครงการเทคนิค Resource Allocation เป็นเทคนิคการหา ระยะเวลาของโครงการน้อยที่สุด โดยการพิจารณาจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดแต่ไม่พิจารณา ถึงค่าใช้จ่ายของโครงการเทคนิค Resource Leveling เป็นเทคนิคที่พิจารณาการใช้ทรัพยากรให้มีความสม่ำเสมอเพื่อสามารถใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้กำหนดระยะเวลาของโครงการและเทคนิค Cash flow เป็นเทคนิคที่คำนึงถึงกระแสเงินสด ในแต่ละช่วงเวลาของการ ดำเนินโครงการ โดยใช้วิธีการเลื่อนระยะเวลาโครงการน้อยที่สุด (Minimizing the shifting of the last critical activity) ภายใต้กระแสเงินสดที่มีอยู่อย่างจำกัด (Credit Limits) ของโครงการ ดังนั้นการ รวมเทคนิคดังกล่าวเป็นการรวมการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาเข้าด้วยกัน ทำให้แผนงานมีความ ครอบคลุมในด้านระยะเวลาค่าใช้จ่ายการใช้ทรัพยากรกระแสเงินสดที่มีอย่างจำกัด ได้อย่าง เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันได้มีเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนของการวางแผนงานก่อสร้างโดยนำ หลักการ Exact Solution และ Approximate Solution มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งหลักการ Exact Solution คือ หลักการหาคำตอบที่แท้จริงของปัญหาเป็นหลักการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ปัญหาที่มีความซับซ้อนเล็กน้อยและให้ผลคำตอบแท้จริงตัวอย่างวิธีแก้ปัญหาโดยใช้หลักการนี้เช่น วิธี Linear Programming (LP), Integer Programming (IP), Binary Integer Programming (BIP) และ การใช้ Microsoft Excel Solver ในส่วนหลักการ Approximate Solution คือหลักการหาคำตอบโดย การประมาณนิยมใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่นวิธี Genetic Algorithms (GA) ซึ่ง วิธีนี้คำตอบของปัญหาเข้าใกล้คำตอบที่แท้จริงขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของปัญหา

จากการสัมภาษณ์บริษัทก่อสร้างขนาดใหญ่ต่างๆ ทั้งที่เป็นบริษัทต่างชาติและบริษัทสัญชาติไทยที่ดำเนินงานโครงการก่อสร้างประเภทโรงไฟฟ้าและอาคารสูง ในเรื่องเทคนิคและขั้นตอนที่ใช้ในการวางแผนงาน บริษัทดังกล่าวส่วนมากได้ใช้เทคนิค Critical Path Method (CPM) ในการวางแผนงาน ซึ่งเป็นวิธีการวางแผนงานตามลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การก่อสร้างเสร็จสิ้นในเวลาสั้นที่สุดโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ปริมาณทรัพยากรและงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในการวางแผนงานลักษณะนี้ส่วนมากจะใช้ประสบการณ์หรือสถิติข้อมูลของลักษณะงานที่คล้ายกันมาเป็นตัวกำหนดแผนงาน ทำให้แผนงานที่ได้นั้นส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเกินงบโครงการเนื่องจากสาเหตุการเร่งเวลาหรือการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองหรือวงเงินเครดิตมีไม่เพียงพอ ในปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวางแผนงานโครงการ เช่น Primavera, Microsoft Project, Microsoft Excel เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าโปรแกรม Primavera และ Microsoft Project มีฟังก์ชันการใช้งานคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีการใช้เทคนิค CPM และ Resource leveling ในส่วนโปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการวางแผนในเรื่องกระแสเงินสดและควบคุมโครงการ โปรแกรมเหล่านี้ไม่เน้นการรวมเทคนิคและข้อจำกัดของการวางแผนให้ครอบคลุมและตอบสนองความต้องการได้

การวางแผนงานที่กล่าวมาได้มีวัตถุประสงค์ในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันไป โดยมุ่งเน้นการหาคำตอบที่เหมาะสมและดีที่สุดของแต่ละปัญหาตามวัตถุประสงค์ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงภาพรวมของการแก้ไขปัญหา ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนงานให้ได้ต้นทุนในการก่อสร้างที่ต่ำ (Minimize Project Total Cost) ซึ่งพิจารณาด้านระยะเวลา ทรัพยากรและกระแสเงินสด ภายใต้ข้อจำกัดในด้านวงเงินเครดิต (Credit Limits) โดยการแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในรูปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด และใช้หลักการ Genetic Algorithm (GA) ในการแก้ปัญหาวิเคราะห์หาแผนงาน จากนั้นทำการทดสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แผนงานมีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จะเสนอการสร้างแบบจำลองสำหรับการวางแผนงานก่อสร้างภายใต้วงเงินเครดิตที่มีจำกัด โดยใช้หลักการแก้ปัญหาด้วยวิธี GA ซึ่งโจทย์ที่ได้สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะสะท้อนสภาพความเป็นจริงในการบริหารงาน โครงการและให้ผลลัพธ์สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนงานและบริหารงานโครงการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1.2.1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการวางแผนงาน โครงการก่อสร้าง โดยพิจารณา ระยะเวลา ทรัพยากร และกระแสเงินสด ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดทางด้านกระแสเงิน หรือวงเงินเครดิตที่มีจำกัด (Credit Limits) ของโครงการ
- 1.2.2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของกระแสสดหรือวงเงินเครดิตที่มีจำกัดกับระยะเวลาหรือ ต้นทุนโครงการ
- 1.2.3. เพื่อทำการทดสอบแบบจำลองที่พัฒนาด้วยข้อมูล โครงการก่อสร้างจริงพร้อมทั้ง วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับแผนงานก่อสร้างจริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาโครงการวิจัยได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัย ประกอบด้วยดังนี้

- 1.3.1. จะทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการวางแผนงาน ภายใต้เงื่อนไขของกระแสเงินสดที่มีจำกัดส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการทำงานโครงการ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทำงานโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมข้อกำหนดเวลาของกิจกรรม และจำนวนทรัพยากรแรงงาน
- 1.3.2. ด้านการทดสอบข้อมูลกับแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นครั้งนี้ ในการทดสอบข้อมูลกับแบบจำลองจะนำข้อมูลที่ใช้ในการทำงานโครงการก่อสร้างจริงมาใช้ในการทดสอบ โดยจะพิจารณาไปที่โครงการก่อสร้างที่มีการวางแผนงานด้วยชนิดความสัมพันธ์ที่หลากหลายและมีระยะเวลาในการทำงานไม่เกิน 2 ปี การทดสอบจะใช้ข้อมูลจากโครงการเพียง 1 โครงการเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1. จากการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทำให้สามารถวิเคราะห์และพัฒนาการวางแผนงานให้เหมาะสมตามความต้องการได้
- 1.4.2. ทำให้ทราบวิธีการวางแผนงานก่อสร้างให้เหมาะสม รวมถึงปัจจัยสำคัญต่างๆ ทั้งทางด้านระยะเวลาค่าใช้จ่ายโครงการการใช้ทรัพยากรและกระแสเงินสดของโครงการ
- 1.4.3. จากการศึกษาทำให้ได้แบบจำลองที่ง่ายและสะดวกในการวางแผนงานที่เหมาะสม



บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ประวัติความเป็นมาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพควรคำนึงถึงค่าใช้จ่าย ระยะเวลา การใช้ทรัพยากร และข้อจำกัดทางการเงิน (วงเงินเครดิต) ในการวางแผนงานที่พิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของโครงการทำให้ทราบงบประมาณอันประกอบด้วยค่าวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักร แรงงาน หรือค่าใช้จ่ายที่ทำให้เกิดปริมาณผลงานของโครงการก่อสร้างสิ่งเหล่านี้เรียกว่าค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ซึ่งค่าใช้จ่ายทางตรงบางส่วนมีความสัมพันธ์กับเวลา เช่น ค่าแรงงานล่วงเวลาที่ใช้เร่งเวลา (Over Time) เป็นต้น ในส่วนค่าดำเนินการ ภาษี กำไร หรือค่าใช้จ่ายส่วนกลางเพื่อใช้สนับสนุนการทำงาน โครงการนั้นเรียกว่าค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) การวางแผนงานในเรื่องค่าใช้จ่ายเป็นการเตรียมพร้อมก่อนการเริ่มงานจริง และส่งผลให้สามารถบริหารโครงการได้อย่างคุ้มค่าสูงสุด ในมุมมองของผู้บริหาร โครงการที่ใช้ในการวางแผน ซึ่งได้มองถึงปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตหากไม่มีการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

ในด้านทรัพยากรที่ใช้ในงานก่อสร้าง ได้แก่ แรงงาน เครื่องจักร วัสดุและเงินทุนหมุนเวียน หรือเงินลงทุน เป็นต้น ในแผนงานที่ไม่ได้คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรเหล่านี้ อาจทำให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในปริมาณและระยะเวลาที่ต้องการได้ เนื่องจากทรัพยากรนั้นเป็นตัวดำเนินกิจกรรมแต่ละกิจกรรมให้แล้วเสร็จ จึงจำเป็นต้องวางแผนให้แต่ละกิจกรรมใช้ปริมาณทรัพยากรจำนวนเท่าใด เพื่อให้เหมาะสมและได้ประสิทธิภาพสูงสุด

เงินสดหรือกระแสเงินสดเป็นทรัพยากรที่สำคัญในงานก่อสร้าง เนื่องจากเป็นทรัพยากรเบื้องต้นที่ต้องใช้จ่ายไปในการจัดหาทรัพยากรแรงงาน เครื่องจักร วัสดุ รวมถึงค่าดำเนินงาน บริษัทก่อสร้างที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางส่วนมากมีเงินลงทุนต่ำ ส่งผลให้มีข้อจำกัดด้านการเงินของโครงการ ซึ่งงานก่อสร้างในแต่ละเดือนมีการใช้กระแสเงินสดที่แตกต่างกันตามปริมาณงานที่เกิดขึ้น ทำให้โครงการที่มีปัญหาด้านกระแสเงินสดจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดหาทรัพยากรด้านต่างๆ และมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเนื่องจากค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าดำเนินการและค่าปรับ ดังนั้นควรมีการวางแผนการใช้กระแสเงินสดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขของกระแสเงินสดที่มีอยู่จำกัดและระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา

เป้าหมายการบริหารงานโครงการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จ คือความสามารถในการบริหารระยะเวลาโครงการได้ทันตามที่ระบุไว้ในสัญญาและใช้ต้นทุนสำหรับการดำเนินงานโครงการที่ต่ำ จากเป้าหมายในการบริหารงานดังกล่าวทำให้เกิดความพยายามหาจุดที่เหมาะสมของระยะเวลาสำหรับการทำงาน โครงการก่อสร้างกับต้นทุนที่ใช้ในการทำงานดังกล่าว ส่งผลให้ปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) ได้รับความสนใจและให้ความสำคัญด้วยการพยายามที่จะหาวิธีในการแก้ปัญหาดังกล่าวเสมอมา

เนื่องจากปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนต้นทุนและเวลาเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากทำให้มีการเสนอสมการ โจทย์เพื่อใช้สำหรับสร้างแบบจำลองซึ่งได้มีการเสนอวิธีใช้ในการแก้ปัญหาในหลาย ๆ วิธี อาทิเช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer Programming) วิธีโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) และวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยวิธีสำหรับใช้แก้ปัญหาดังกล่าวสามารถนำมาจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มของวิธีการแก้ปัญหา ได้ 2 กลุ่มวิธี อันได้แก่ กลุ่มที่ 1 การแก้ปัญหาโดยวิธีการหาคำตอบที่แท้จริง (Exact Methods) เช่น การแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้นและโปรแกรมจำนวนเต็ม สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาแก้ปัญหาค่าอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ได้แก่ การแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) เช่น การแก้ปัญหาโดยการแยกพิจารณาวัตถุประสงค์หลักของปัญหาออกเป็นส่วนย่อย (Decomposition Approaches) หรือจะเป็นวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยวิธีในกลุ่มที่ 2 นี้ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อลดปัญหาด้านการคำนวณที่ยู่ยากลง แต่คำตอบที่ได้นั้นจะถูกต้องขึ้นอยู่กับข้อกำหนดเงื่อนไขและขอบเขต ซึ่งผลสรุปในงานวิจัยที่ผ่านมาทั้ง 2 กลุ่มวิธีนั้นได้ให้คำตอบของผลลัพธ์ที่เท่ากันหรือมีค่าแตกต่างกันที่ยอมรับได้หากแต่วิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีประมาณซึ่งช่วยให้แบบจำลองในการหาผลลัพธ์ของปัญหามีขนาดเล็กลง ความซับซ้อนไม่มากและมีความรวดเร็วในการได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการ จากเหตุผลข้างต้นทำให้ในงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกการแก้ปัญหาด้วยวิธีประมาณด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาจากแบบจำลองการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุนสำหรับการวางแผนงานภายใต้เงื่อนไขยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิต

2.2. เทคนิคที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. เทคนิค Critical Path Method (CPM)

CPM (Critical Path Method) เป็นเทคนิคในการวางแผนและควบคุมงาน ตลอดจนการกำหนดตารางการทำงานที่ได้ผลวิธีหนึ่ง ซึ่งส่วนมากเทคนิค CPM จะใช้ได้กับงานทุกประเภทที่มีขนาดใหญ่ และมุ่งเน้นทางด้านคุณภาพของงาน หรือต้องการกระจายรายละเอียด ในการดำเนินงานทุกระยะ ทั้งนี้เพื่อหวังผลในประสิทธิภาพของงานเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานก่อสร้าง ซึ่งได้มีการนำเอา CPM เข้าไปช่วยในการวางแผนงานก่อสร้างแล้วนั้น จะทำให้งานก่อสร้างดำเนินไปตามแผนงานที่วางไว้ โดยมุ่งเน้นเรื่องระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมให้มีระเวลารวมของโครงการน้อยที่สุดภายใต้ลำดับความสัมพันธ์ในการทำงานของกิจกรรม แต่เทคนิค CPM นั้นไม่ได้มีการพิจารณาถึงเรื่องเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรระดับการใช้ทรัพยากรและกระแสเงินสด(Cash Flow) ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการสูงขึ้น

หลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค CPM เป็นหลักการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรมด้วยวิธี Network ซึ่งแบ่งการคำนวณเป็น 3 รอบ ได้แก่

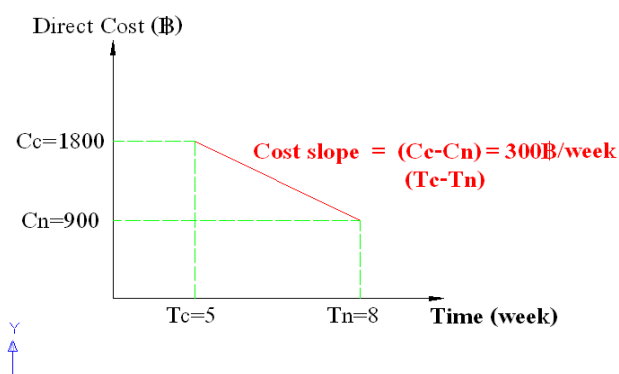
- (ก) การคำนวณขาไป (Forward Pass Calculation) เป็นการคำนวณจากจุดเริ่มต้นไปจุดเสร็จสิ้นโครงการทำให้ได้ค่า คือ
- ES (Earliest start time) คือ เวลาที่เริ่มได้เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น = EF (ที่มากที่สุด) ของงานที่ทำก่อนหน้านั้น
 - EF(Earliest finish time) คือ เวลาที่เสร็จได้เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น = ES + ระยะเวลางานนั้น
- (ข) การคำนวณขากลับ (Backward Pass Calculation) เป็นการคำนวณจากจุดเสร็จสิ้นย้อนกลับไปจุดเริ่มต้นโครงการทำให้ได้ค่า คือ
- LS (Latest start time) คือ เวลาที่เริ่มได้ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น = LF - ระยะเวลางานนั้น
 - LF (Latest finish time) คือ เวลาที่เสร็จได้ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น = LS (ที่น้อยที่สุด) ของงานที่ทำหลังนั้น
- (ค) การคำนวณเวลา Float เป็นการคำนวณหาความยืดหยุ่นในการดำเนินกิจกรรมใดๆ ซึ่งหมายถึง กิจกรรมที่มี Float ไม่จำเป็นต้องเริ่มหรือเสร็จตามกำหนด แต่จะสามารถยืดหยุ่นตามระยะเวลาของ Float ที่มี ได้แก่

- เวลาพอเพียง (Total Float ใช้ตัวย่อ TF) คือเวลาที่ช้าที่สุดของแต่ละกิจกรรมซึ่งไม่ก่อให้เกิดผลต่อเวลาเสร็จของโครงการและเป็นเวลาเพียงพอของแต่ละกิจกรรมนั้น ๆ โดยคิดได้จากการเอาค่าของ (LS - ES) หรือเอาค่าของ LS - ES
- เวลาลอยตัว (Free Float ใช้ตัวย่อ FF) คือความแตกต่างระหว่างวันที่กิจกรรมเสร็จเร็วที่สุดและวันแรกที่เริ่มต้นทำงานเร็วที่สุดของกิจกรรมถัดไปโดยคิดได้จากเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมถัดไปหักออกด้วยวันที่เสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น

นอกจากนี้เทคนิค CPM สามารถหาสายงานวิกฤตได้ สายงานวิกฤต คือ ลำดับขั้นตอนของกิจกรรมที่ไม่สามารถจะแยกออกจากกันได้และสามารถทำโครงการนั้นแล้วเสร็จลงได้ โดยใช้เวลาดำเนินการต่ำสุด ทุกกิจกรรมในสายงานวิกฤตต้องมีเวลาพอเพียงเท่ากับศูนย์หรือไม่มีเวลาสำหรับการรอคอย ดังนั้นสายงานวิกฤตคือเวลาที่ใช้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ของทุก ๆ กิจกรรม

2.2.2. เทคนิค Time-Cost Trade off (TCT)

Time Cost Trade off เป็นเทคนิคที่มุ่งเน้นเรื่องระยะเวลาของการดำเนินกิจกรรมต่างๆที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายของโครงการที่เหมาะสมค่าใช้จ่ยของโครงการมีความสัมพันธ์กับการใช้ทรัพยากรและระยะเวลาที่เกิดขึ้น เทคนิค TCT นี้จะคำนึงถึงการใช้จ่ายทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมแต่ไม่คำนึงถึงการใช้จ่ายทรัพยากรที่มีอยู่และระดับการใช้จ่ายทรัพยากรโดยรวมของโครงการ ส่งผลให้บางช่วงเวลามีการใช้จ่ายทรัพยากรสิ้นเปลืองและทำให้ค่าใช้จ่ายโครงการสูงขึ้นตาม เทคนิคนี้จะทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับเวลา โดยที่ถ้าต้องการให้กิจกรรมใช้เวลาแล้วเสร็จเร็วขึ้นส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายมากขึ้นตามความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับเวลาของ 1 กิจกรรม

รูปที่ 2.1 กราฟในแนวแกน X แสดงระยะเวลา และกราฟในแนวแกน Y แสดงค่าใช้จ่าย จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาน้อยลงจะทำให้มีค่าใช้จ่ายของกิจกรรมสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายที่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลานั้นมีความสัมพันธ์ 2 แบบ คือ 1.ถ้าระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย เช่น ค่าใช้จ่ายจากดอกเบี้ย ค่าดำเนินการหรือค่าใช้จ่าย head offices 2.ถ้าระยะเวลาดลดลง ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเช่น ค่าใช้จ่ายจากการแรงงาน (OT) ค่าล่วงเวลาต่างๆ เป็นต้น ในการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค TCT นั้นค่าใช้จ่ายในแบบที่หนึ่งจะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 2 ดังนั้นเทคนิค TCT จึงเป็นเทคนิคที่มองความสัมพันธ์เรื่องค่าใช้จ่ายกับเวลาเป็นแบบที่ 2 คือ ถ้าต้องการเร่งระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมโดยที่จำนวนชั่วโมงทำงานเท่าเดิมจะทำให้ค่าใช้จ่ายของกิจกรรมนั้นสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการสูงขึ้นตาม ดังนั้นในการวางแผนงานจึงควรวางแผนงานให้เหมาะสมทั้งทางด้านระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ

2.2.3. เทคนิค Cash Flow

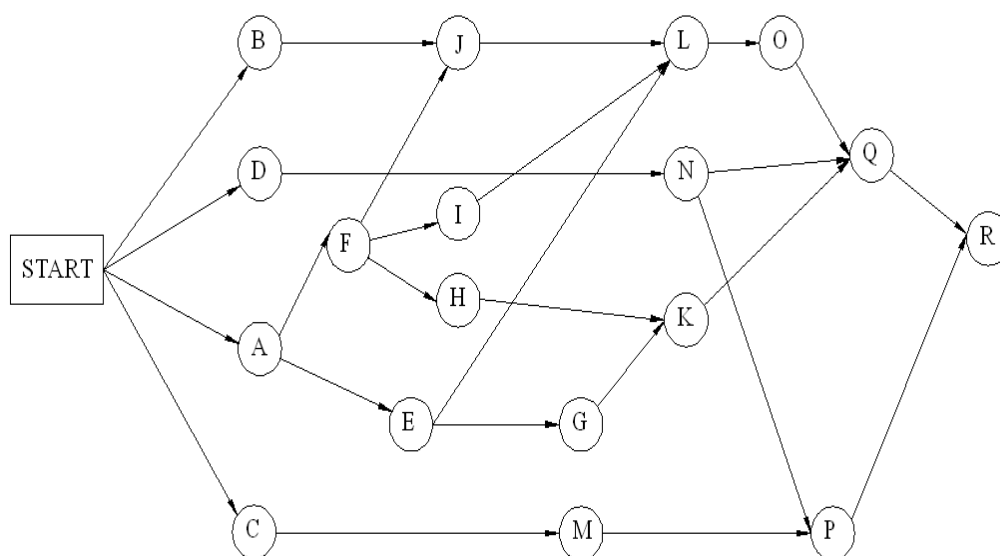
Cash flow คือ การแผนงานของการใช้กระแสเงินสดหรือวงเงินกู้สำหรับโครงการก่อสร้างซึ่งจะช่วยเป็นแนวทางในการวางแผนงานก่อสร้างให้ทราบว่า เวลาใด จะต้องใช้เงินในโครงการก่อสร้างเท่าไร หมุนเวียนอย่างไร ทำให้สามารถจัดการการเงินได้ทัน ลดความเสี่ยงต่อการขาดทุน ซึ่งมีผลอย่างมากกับโครงการที่มีเงินทุนหมุนเวียนน้อยต้องทำการกู้ยืมวงเงินจากธนาคาร สิ่งเหล่านี้ส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงการสูงขึ้นจากที่ควรจะเป็น ดังนั้นหากเงินหมุนเวียนสะสมเป็นลบมากเกินไปจะส่งผลให้โครงการมีความเสี่ยงจะต้องเสียดอกเบี้ยเพิ่มมากขึ้นจึงควรหาทางปรับแก้แผนงานก่อสร้างให้เหมาะสมกับสภาพการเงินของโครงการและงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อลดค่าใช้จ่ายของโครงการสิ่งที่ต้องพิจารณาในการทำ Cash flow ได้แก่ รูปแบบการจ่ายเงินต้นทุนเช่นค่าแรงคนงานจ่ายเป็นรายเดือนต้องจ่ายทุกสิ้นเดือน ค่าวัสดุได้เครดิตจากร้านค้าหลังได้รับของ ค่าเครื่องจักรอาจต้องจ่ายเงินค่าเช่าหลังจากงานเสร็จ จ้างเหมาช่วงจ่ายเมื่องานเสร็จทันที งวดงานที่ได้ทำสัญญาไว้กับเจ้าของงานโดยทั่วไปขอเบิกงวดเป็นรายเดือน เวลาหลังมอบงานกี่วันที่จะได้รับเช็คและวันที่เช็คสามารถขึ้นเงินได้ หักค่าประกันผลงานเท่าไร5%หรือ 10%ดอกเบี้ยเงินกู้ เป็นต้น

2.2.4. เทคนิค การวิเคราะห์ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึม(Genetic Algorithms: GA)จัดเป็นกระบวนการค้นหาคำตอบ (Search Algorithms) ที่เลียนแบบหลักการธรรมชาติ โดยการจำลองแบบวิธีการทำงานของวิวัฒนาการทางธรรมชาติแล้วนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดให้กับปัญหา ซึ่งใช้หลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน และใช้อ้างอิงข้อมูลประชาชนในรุ่นก่อนหน้าสำหรับการสร้างจุดค้นหา (Search Point) ภายใต้ออบเจกทีฟที่เป็นไปได้ของคำตอบ ผสมกับการใช้ฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) หรือฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) เป็นตัวกำหนดลักษณะคำตอบของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้โครโมโซม (Chromosome) ซึ่งปกติแล้วเป็นตัวที่บ่งบอกถึงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแทนลักษณะคำตอบของปัญหาที่ต้องแก้ และจะมีกระบวนการพัฒนาลักษณะคำตอบของปัญหาให้ดีขึ้นตามขั้นตอนการทำงาน ลักษณะการทำงานจะเทียบได้กับกระบวนการทางธรรมชาติที่มีการพัฒนาลักษณะของประชากรอันหมายถึงโครโมโซมให้มีลักษณะที่ดีขึ้นตามหลักการอยู่รอดของผู้ที่ความเหมาะสมที่จะดำรงชีวิตอยู่ต่อไปและสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีส่งต่อไปยังลูกหลานได้ การพัฒนาลักษณะของประชากรให้ดีขึ้นนี้จะต้องผ่านกระบวนการทางธรรมชาติหลายกระบวนการ เช่น กระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้ขยายพันธุ์ (Reproduction) การแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีระหว่างโครโมโซม (Cross Breeding) และการผ่าเหล่า (Mutation) กระบวนการต่างๆเหล่านี้จะทำให้ได้ลักษณะของโครโมโซมที่มีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของยีนที่อยู่ภายในโครโมโซม ในขณะเดียวกันโครโมโซมแต่ละตัวซึ่งมีค่าความเหมาะสมที่แตกต่างกันจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดว่าโครโมโซมใครง่ายจะยังคงอยู่เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ในประชากรรุ่นถัดไปและโครโมโซมใครง่ายถูกคัดออก ดังนั้นโครโมโซมที่ดีมีแนวโน้มที่จะขยายพันธุ์ต่อไปตามรุ่นประชากร (Generation) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการพัฒนาทิศทางการค้นหาคำตอบของกระบวนการ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะในการหาคำตอบของ GA ที่รวมคุณสมบัติที่ดีในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมระหว่างโครโมโซมรุ่นหนึ่งไปยังโครโมโซมรุ่นต่อไปโดยการใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม และใช้โครโมโซมจำนวนหลายตัวในการหาคำตอบไปพร้อมๆกันในแต่ละรุ่นประชากรเป็นผลทำให้ GA มีความสามารถในการหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ผ่านมา Hegazy et al (2001) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนงานโดยการทำแบบจำลองใน Spreadsheet เพื่อให้ได้แผนงานที่เหมาะสม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้มีการพิจารณาเรื่องระยะเวลา การใช้ทรัพยากร และกระแสเงินสดในมุมมองของดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นแต่ไม่พิจารณาปริมาณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา และได้ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (GA) ช่วยในการหาคำตอบโดยการสุ่มวิธีการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมให้ได้ชุดคำตอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของโครงการน้อยที่สุด ซึ่งการสุ่มวิธีการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมให้ได้ชุดคำตอบที่มีการใช้ระยะเวลา การใช้ทรัพยากรรวมถึงปริมาณการใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของโครงการน้อยที่สุด ในกรณีการศึกษาตัวอย่างนี้ได้ทำการกำหนดจำนวนกิจกรรมและลำดับของกิจกรรมการก่อสร้างทั้งหมด 18 กิจกรรมเป็นโครงข่ายดังที่แสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งในแต่ละกิจกรรมมีวิธีการก่อสร้างอย่างน้อย 1 ถึง 3 วิธี รวมจำนวนวิธีการก่อสร้างทั้งสิ้น 39 วิธี



รูปที่ 2.2 โครงข่ายของกิจกรรมในกรณีศึกษาของ Hegazy et al (2001)

ซึ่งแต่ละวิธีการก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมได้มีค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่แตกต่างกันดังนั้นในแบบจำลอง CPM และ TCT จะทำการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการก่อสร้างแต่ละวิธีของแต่ละ

ละกิจกรรมซึ่งวิธีการก่อสร้างแต่ละวิธีนั้นจะเชื่อมโยงกับระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากร ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4

ID	Desc.	Predecessors			Successors			First Method		Second Method		Third Method		Delay	Method Selection			Activity Duration	Activity Cost
		P1	P2	P3	S1	S2	S3	\$1x 1000	D1	\$2x 1000	D2	\$3x 1000	D3		Method Group	Optimal Method	Method Index		
1	A				5	6		17.29	2.04	16.87	3.33	18.67	2.04		2*	1	1	2.04	17,292
2	B				10			8.64	2.00	8.53	2.40	8.49	1.71	1		3	3	1.71	8,493
3	C				13			5.37	1.31	4.91	1.82			6		1	1	1.31	5,370
4	D				14			13.80	3.50	12.58	4.00				1*	1	1	3.50	13,796
5	E	1			7	12		21.55	2.30					1	1	2	1	2.30	21,555
6	F	1			8	9	10	6.07	0.91	5.69	1.25					1	1	0.91	6,072
7	G	5			11			11.77	3.63	10.33	4.00			1		3	2	4.00	10,328
8	H	6			11			7.33	2.86	8.06	2.33	7.22	2.86	2		3	3	2.86	7,220
9	I	6			12			5.59	2.50	6.22	2.04	5.49	2.50	1		3	3	2.50	5,492
10	J	2	6		12	14		20.94	4.08	17.42	4.29					3	2	4.29	17,418
11	K	7	8		17			17.87	4.76	17.30	5.00					2	2	5.00	17,302
12	L	5	9	10	15			16.76	3.13	13.96	3.57	21.40	2.92			2	2	3.57	13,965
13	M	3			16					3.94	2.00				2	1	1		
14	N	4	10		16			11.23	3.00			15.39	3.75			1	1	3.00	11,226
15	O	12			17			7.47	2.00						1	1	1	2.00	7,474
16	P	13	14		18			19.84	6.00	21.37	4.90					1	1	6.00	19,844
17	Q	11	14	15	18					13.05	3.89	11.51	3.89		2	1	1		
18	R	16	17					11.54	3.81	11.21	4.00	12.83	2.84			2	2	4.00	11,208

รูปที่ 2.3 ตารางแสดงการสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิค CPM และ TCT ของ Hegazy et al (2001)

รูปที่ 2.3 ตารางการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค CPM และ TCT โดยมีกิจกรรมทั้งหมด 18 รายการ ได้แก่ กิจกรรม A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, และ R ใน Column D ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมีลำดับกิจกรรมติดกันที่ต้องทำก่อนหน้า (Predecessor) และกิจกรรมติดกันที่ต้องทำทีหลัง (Successor) ได้แสดงไว้ใน Columns E-J โดยที่กิจกรรมที่ต้องทำก่อนหน้าลำดับที่ 1, 2, 3 คือ P1, P2, P3 (Columns E-G) และกิจกรรมที่ต้องทำทีหลังลำดับที่ 1, 2, 3, คือ S1, S2, S3 (Columns H-J) ส่วนของ Columns K-P คือวิธีการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมโดยมีค่าใช้จ่ายและระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมและแต่ละวิธีการก่อสร้างตามลำดับ และในส่วน Columns R-T เป็นการเลือกวิธีการก่อสร้าง รวมทั้งสรุประยะเวลาที่ใช้และงบประมาณที่เป็นค่าใช้จ่ายทางตรง Direct Cost ของโครงการ (Columns U-V)

	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
1											
2											
3	CPM Calculations										
4											
5	F1	F2	F3	T1	T2	T3	ES	EF	LS	LF	TF
6				2.93	2.04	20.23		2.04		2.04	
7	1.00	1.00	1.00	2.95	20.23	20.23	1.00	2.71	1.23	2.95	0.23
8	6.00	6.00	6.00	10.23	20.23	20.23	6.00	7.31	8.93	10.23	2.93
9				7.23	20.23	20.23		3.50	3.74	7.23	3.74
10	3.04	1.00	1.00	6.23	10.66	20.23	3.04	5.34	3.93	6.23	0.89
11	2.04			6.38	7.16	2.95	2.04	2.95	2.04	2.95	
12	6.34	1.00	1.00	11.23	20.23	20.23	6.34	10.34	7.23	11.23	0.89
13	4.95	2.00	2.00	11.23	20.23	20.23	4.95	7.80	8.38	11.23	3.43
14	3.95	1.00	1.00	10.66	20.23	20.23	3.95	6.45	8.16	10.66	4.21
15	2.71	2.95		10.66	7.23	20.23	2.95	7.23	2.95	7.23	
16	10.34	7.80		16.23	20.23	20.23	10.34	15.34	11.23	16.23	0.89
17	5.34	6.45	7.23	14.23	20.23	20.23	7.23	10.80	10.66	14.23	3.43
18	7.31			10.23	20.23	20.23	7.31	7.31	10.23	10.23	2.93
19	3.50	7.23		10.23	20.23	20.23	7.23	10.23	7.23	10.23	
20	10.80			16.23	20.23	20.23	10.80	12.80	14.23	16.23	3.43
21	7.31	10.23		16.23	20.23	20.23	10.23	16.23	10.23	16.23	
22	15.34	10.23	12.80	16.23	20.23	20.23	15.34	15.34	16.23	16.23	0.89
23	16.23	15.34		20.23	20.23	20.23	16.23	20.23	16.23	20.23	

รูปที่ 2.4 ตารางแสดงแบบจำลองเทคนิค CPM และ TCT ของ Hegazy et al (2001)ต่อ

รูปที่ 2.4 เป็นตารางแสดงวิธีการคำนวณแบบ CPM ซึ่ง F1, F2, F3 (Columns W-Y) เป็นการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มของกิจกรรมที่ต้องทำก่อนหน้าเพื่อหาเวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น ES (Earliest Start Time) ใน Column AC และหาเวลาเสร็จเร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น EF (Earliest Finish Time) ใน Column AD ในส่วนของ T1, T2, T3 (Column Z-AB) คือการคำนวณหาระยะเวลาเสร็จของกิจกรรมที่ต้องทำทีหลังเพื่อหาเวลาเสร็จที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น LF (Latest Finish Time) ใน Column AF และหาเวลาเริ่มที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น LS (Latest Start Time) ใน Column AE แล้วนำมาหาช่วงเวลาของกิจกรรมนั้นที่สามารถเลื่อนได้ก่อนที่ตัวมันจะส่งผลทำให้โครงการเกิดความล่าช้า ในส่วนของ Columns AH-AM คือความต้องการในการใช้ทรัพยากรรวมทั้งเครื่องและเครื่องจักรในแต่ละวันของแต่ละกิจกรรม

ในส่วนของการใช้ทรัพยากรได้แสดงถึงจำนวนความต้องการการใช้ทรัพยากรในแต่ละช่วงเวลาและการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรมากกว่าที่มีอยู่ การใช้ทรัพยากรไม่สม่ำเสมอ การใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่า ให้อยู่ในรูปของค่าปรับในการจัดสรรทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่เหมาะสม ซึ่งสิ่งเหล่านี้เรียกได้ว่าเป็นเทคนิคการจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation และ Resource Leveling)

CASHFLOW																		
Day no.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Daily Expenditures																		
Direct cost :	12,416	17,370	14,112	15,138	15,763	11,373	13,391	12,683	10,234	10,234	10,447	10,505	9,776	6,768	6,768	4,483	2,3	
Contract value :	13,878	19,328	15,743	16,872	17,366	13,330	14,350	14,178	11,477	11,477	11,712	11,773	10,374	7,664	7,664	5,151	3,4	
Penalty :																		
Incentive :																		
Retainage held :	1,388	1,333	1,574	1,687	1,757	1,333	1,435	1,418	1,148	1,148	1,171	1,178	1,037	766	766	515	3,	
Retainage received :																		
Mobilization payment paid back :					21,731					21,731								
Cumulative Expenditures																		
Total cost (Direct + Indirect) :	12,616	30,187	44,439	59,837	75,806	87,379	101,570	114,453	124,893	135,327	145,374	156,679	166,655	173,622	180,590	185,273	188,3	
Contract value :	13,878	33,206	48,949	65,821	83,387	96,777	111,727	125,905	137,382	148,860	160,572	172,347	183,320	190,835	198,643	203,800	207,2	
Mobilization payment paid back :					21,731	21,731	21,731	21,731	21,731	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,5	
Total penalty :																		
Total incentive :																		
Total retainage held :	1,388	3,321	4,895	6,582	8,339	9,678	11,173	12,590	13,738	14,886	16,057	17,235	18,332	19,038	19,865	20,380	20,7	
Total retainage received :																		
Owner Payments																		
Bill number :					1					2					3			
Total value of work billed :					83,387					148,860					198,643			
Total amount to be paid :	43,582				36,833					133,374					178,784			
Payment received for bill number :						1					2					3		
Total payment received :	43,582					36,833					133,374					178,784		
Cash Flow Balance																		
Total cost :	12,616	30,187	44,439	59,837	75,806	87,379	101,570	114,453	124,893	135,327	145,374	156,679	166,655	173,622	180,590	185,273	188,3	
Total payment :	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	36,833	36,833	36,833	36,833	36,833	133,374	133,374	133,374	133,374	133,374	178,784	178,7	
Overdraft at the end of the day :	-43,582	-30,366	-13,395	917	16,255	32,233	44,422	4,778	17,663	28,112	38,560	49,226	22,821	32,809	39,793	46,780	51,486	3,6
Interest on overdraft balance :		0	8	16	22	2	9	14	19	25	11	16	20	23	26			
Total amount financed :	-43,582	-30,366	-13,395	917	16,264	32,243	44,444	4,780	17,678	28,126	38,573	49,251	22,833	32,825	39,813	46,804	51,512	3,6
Total financing cost :			0	3	25	47	43	58	72	91	116	127	144	164	187	213	2	
Cash Flow Graph Data																		
Day no.:		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8		
Expense Flow :		12,616	12,616	30,187	30,187	44,439	44,439	59,846	59,846	75,831	75,831	88,026	88,026	101,620	101,620	114,511	114,1	
Income Flow :	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	43,582	36,833	36,833	36,833	36,833	36,6	
Total amount financed :	43,582	43,582	30,366	30,366	13,395	13,395	-917	-917	-16,264	-16,264	-32,243	-32,243	-44,444	8,813	-4,780	-4,780	-17,678	-17,6

รูปที่ 2.5 ตารางแสดงข้อมูลการคำนวณ Cash flow ของ Hegazy et al (2001)

รูปที่ 2.5 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณกระแสเงินสด (Cash Flow) ของโครงการ โดยทำการคำนวณแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

- ค่าใช้จ่ายรายวัน (Daily Expenditures)
- ค่าใช้จ่ายสะสม (Cumulative Expenditures)
- เงินงวดงาน (Owner Payments)
- กระแสเงินสดสุทธิ (Cash Flow Balance)

ซึ่งในส่วนหลักๆ จะประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ค่าใช้จ่ายตามสัญญา (Contract Cost) บทลงโทษสำหรับความล่าช้า (Penalty for late completion) สิ่งกระตุ้นให้งานเร็วขึ้น (Incentive for early completion) เปอร์เซ็นต์เงินประกันผลงาน (Retainage Percentage) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Mobilization Payment) และมีการกำหนดค่าปรับเพื่อให้ได้ดอกเบี้ยต่ำ (Minimum Financing Cost)

CASH FLOW	
* Owner Payment	
Invoice made every:	5 day(s)
Payment is made:	1 day(s) after invoice
Total invoices:	5
Last payment on:	26.00 day
* Mobilization Payment	
Payment (%):	20% 43,582 \$
Will be deducted from:	2 payment(s)
* Retainage	
Percentage:	10%
Total held:	21,791 \$
% Paid at completion:	50% of total held
Other 50% paid:	5 days after completion
OPTIMIZATION	
Project Start:	1-Jul-99
Days/Week:	5
Deadline:	21.00 days
Penalty / d:	750 \$
Incentive / d:	750 \$
Indirect Cost / d:	200 \$
Interest / d:	0.05%
Mark-up:	10%
Direct Cost:	194,053 \$
Indirect Cost:	4,047 \$
Penalty:	
Incentive:	575 \$
Financing Cost:	259 \$
Resource Penalty:	1,921 \$
Objective Function	
Total Cost:	\$ 199,705

รูปที่ 2.6 แสดงตาราง Cash flow และ Optimization ของ Hegazy et al (2001)

รูปที่ 2.6 แสดงข้อมูลของ Cash Flow คือ เงื่อนไขในการจ่ายเงินงวดงาน จำนวนจำนวน ค่าใช้จ่ายของค่าดำเนินการ และการคำนวณเงินประกันผลงาน ส่วนข้อมูลในการวิเคราะห์หาความเหมาะสม (Optimization) จะแสดงวันเริ่มโครงการ (Project Start) ข้อจำกัดด้านระยะเวลา (Deadline) ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากบทลงโทษ (Penalty) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเร่งงาน (Incentive) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากบทลงโทษในการใช้ทรัพยากร (Resource Penalty) และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ซึ่งทำการหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดที่เป็นไปได้ของโครงการในแนวคิดทางด้านการเลือกใช้วิธีการก่อสร้างเป็นตัวแปรตัดสินใจในการวิเคราะห์หาแผนงานที่ค่านั้นอาจจะเหมาะสมกับการวางแผนงานก่อสร้างจริง เนื่องจากสามารถลดความซับซ้อนเพราะในการก่อสร้างส่วนใหญ่มักจะไม่นำถึงวิธีการก่อสร้างแต่จะคำนึงถึงความสะดวกและรวดเร็วให้แล้วเสร็จตามสัญญา และในส่วนแนวคิดของการคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นนั้น ไม่ได้พิจารณาถึงกระแสเงินสดที่มีอยู่อย่างจำกัดของโครงการแต่ได้พิจารณาถึงดอกเบี้ยน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ของโครงการ ซึ่งในส่วนนี้จึงควรนำมาวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลองให้เกิดความเหมาะสมมากขึ้น

หทัยจิรี แสงประดิษฐ์(2546)ได้ทำการศึกษาและเสนอวิธีการวางแผนงานที่เหมาะสมโดยใช้ในการหาต้นทุนในก่อสร้างที่ต่ำ โดยสมมุติชุดตัวอย่างกิจกรรม 2 ตัวอย่าง และใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์เพื่อคำนวณหาแผนงานที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดพร้อมกับเปรียบเทียบเทคนิค CPM, TCT, และ Resource allocation ซึ่งผลการศึกษาวิธีเจเนติกอัลกอริทึมนี้สามารถหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามรูปแบบปัญหาที่เกิดขึ้นในการศึกษาไม่ได้มีการรวมเทคนิคส่งผลให้ค่าที่ออกมาเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะเทคนิคแต่ละเทคนิคซึ่งในงานก่อสร้างมีปัญหาที่ซับซ้อนหลายๆด้าน ดังนั้นควรมีการรวมเทคนิคเพื่อสามารถแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้

Elazouni et al (2004) ได้เสนอการแก้ปัญหาการวางแผนงานที่คำนึงถึงวงเงินกู้ (Credit Limit) หรืองบประมาณของโครงการในแต่ละช่วงเวลาโดยการใช้วิธีTCT สร้างความสัมพันธ์ในมุมมองเรื่องระยะเวลาที่เป็นไปได้ ภายใต้กระแสเงินสดที่ต้องการ (Negative Cash Flow) ให้อยู่ภายในวงเงินที่มีจำกัด ซึ่งจะใช้วิธี Integer Programming (IP) ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมโดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือการเลื่อนวันของกิจกรรมวิกฤตน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ตามลำดับกิจกรรม และมีข้อกำหนด คือ วงเงินที่มีจำกัดของโครงการส่งผลกับระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในการเลื่อนระยะเวลาของสายงานวิกฤตส่งผลให้ระยะเวลาโครงการมากขึ้น อาจทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการเกินกำหนดตามระบุในสัญญาส่งผลให้เสียค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้า และแบบจำลองดังกล่าวกำหนดให้ระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมคงที่ ต่อมาElazouni and Metwally (2005)ได้ปรับปรุงเงื่อนไขวงเงินเครดิตเพิ่มอีกเล็กน้อย และปรับรูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองโดยการใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมหาคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมมากขึ้น

Shu-Shun Liu et al (2008) ได้เสนอการแก้ปัญหาการวางแผนงานในมุมมองของ Cash Flow ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด โดยใช้วิธี CP (Constraint Programming) ซึ่งพิจารณาการใช้ทรัพยากร 1 ประเภท รวมถึงการรวมทรัพยากรมากกว่า 1 ประเภท ทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมเป็นค่าใช้จ่ายพื้นฐานในด้านกระแสเงินสด และแสดงให้เห็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการจัดสรรทรัพยากรที่ส่งผลกับระยะเวลารวมของโครงการ

สรุปจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพยายามพัฒนาแบบจำลองในการวางแผนงานก่อสร้าง ซึ่งได้รวมแต่ละเทคนิคตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ งานวิจัยของHegazy and Ersahin(2001) ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนงาน โดยการทำแบบจำลองใน Spreadsheet เพื่อให้ได้แผนงานที่เหมาะสม แบบจำลองดังกล่าวได้มีการพิจารณาเรื่องระยะเวลา การใช้ทรัพยากร และกระแสเงินสดในมุมมองของดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นแต่ไม่พิจารณาปริมาณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา และใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม (GA) เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของโครงการน้อยที่สุด ซึ่ง

การไม่พิจารณากระแสเงินสดที่มีจำกัดอาจส่งผลให้มีต้นทุนก่อสร้างเกินความจำเป็น และต่อมา Elazouni and Gad-Allah (2004) ได้เสนอการแก้ปัญหาการวางแผนงานที่คำนึงถึงวงเงินกู้ (Credit Limit) หรือกระแสเงินสดของโครงการแต่ละช่วงเวลา ในรูปแบบ Integer-Programming Model โดยการจัดวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อให้ได้ระยะเวลารวมของโครงการน้อยที่สุด ภายใต้กระแสเงินสดที่มีจำกัด (Negative Cash Flow) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวกำหนดให้ระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมคงที่ ต่อมา Elazouni and Metwally (2005) ได้ปรับปรุงเงื่อนไขวงเงินเครดิตเพิ่มอีกเล็กน้อย และปรับรูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองโดยการใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมหาคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมมากขึ้น ดังนั้นการวางแผนงานก่อสร้างที่ดีควรคำนึงถึงปัจจัยทางด้านระยะเวลาการทำงาน ทางเลือกของวิธีการทำงานในแต่ละกิจกรรม และมีการพิจารณาความสอดคล้องกับการใช้ทรัพยากรอย่างจำกัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการได้พิจารณาสิ่งเหล่านี้โดยการแปลผลของปัจจัยต่างๆให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของโครงการ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันทำให้ง่ายต่อการพิจารณาและวิเคราะห์ประเมินหาความเหมาะสมโดยรวมของแผนงานให้มีความครอบคลุมและสอดคล้องทุกด้านตามความต้องการได้ รวมทั้งเปรียบเทียบกับการวางแผนงานจริงของโครงการ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการทำงานด้านการวางแผนงาน โครงการหรือบริหารงาน โครงการเองไม่มีเครื่องมือใดที่ช่วยในการหาระยะเวลาและต้นทุนทางตรงในการทำงานที่สอดคล้องกับทรัพยากรหรือกระแสเงินสดที่ทางโครงการมี และเมื่อได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับบทความทางวิชาการที่เกี่ยวกับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน ได้พบว่างานวิจัยบางส่วน ได้เสนอการสร้างสมการ โจทย์ที่ไม่ได้นำประเด็นด้านกระแสเงินสดหรือวงเงินเครดิตที่มีจำกัดมาใช้ในการสร้างสมการดังกล่าวหรือหากมีการนำประเด็นดังกล่าวเข้าไปในการศึกษาแต่ก็ไม่ได้นำเสนอเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายรวมเข้าไว้ทำให้แบบจำลองที่สร้างจากสมการ โจทย์เหล่านั้น ไม่ได้สามารถหาผลลัพธ์ที่อยู่ภายใต้ปัญหาจำนวนกระแสเงินสดหรือวงเงินที่มีจำกัด พร้อมกับเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายทั้งที่ประเด็นและเงื่อนไขดังกล่าวได้มีผลโดยตรงต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงาน โครงการ ในขณะที่งานวิจัยก่อนนี้ก็ได้นำความสนใจไปที่เป้าหมายด้านระยะเวลาหรือด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานเพียงเป้าหมายใดเป้าหมายหนึ่งเท่านั้น แต่ในการบริหารงาน โครงการจริงจะทำการพิจารณาเป้าหมายในหลาย ๆ ด้านพร้อมกัน ได้แก่ เป้าหมายด้านระยะเวลาการทำงาน โครงการ เป้าหมายด้านต้นทุนในการทำงาน โครงการ เป้าหมายด้านการใช้ทรัพยากรในการทำงาน และเป้าหมายด้านกระแสเงินสด ในปัญหาที่ผ่านมามีบริษัทที่มีเงินทุนหมุนเวียนน้อยจะส่งผลให้มีปัญหาในการก่อสร้างทั้งในด้านการสั่งซื้อวัสดุ การจ่ายค่าแรงคนงานหรือเครื่องจักร ซึ่งสิ่งเหล่านี้หมายถึงทรัพยากรที่จะทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำประเด็นด้านกระแสเงินสดหรือวงเงินเครดิตที่มีจำกัดเข้าไว้เป็นเงื่อนไขสำคัญในการสร้างแบบจำลอง โดยเป็นประเด็นที่ได้ทำการเพิ่มเติมจากที่ได้มีการนำเสนอไว้ในงานวิจัยก่อนหน้า ได้แก่ ประเด็นด้านระยะเวลาในการทำงาน โครงการ ประเด็นด้านต้นทุนในการทำงาน โครงการ เงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่หลากหลายและเงื่อนไขด้านข้อกำหนดเวลาในการทำงานในแต่ละกิจกรรม รวมถึงจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มีขอบเขตการใช้ ในการสร้างแบบจำลองครั้งนี้ได้นำวิธี โปรแกรม Evolver เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยวิธี GA เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงในการบริหารงาน โครงการ วิธีในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) สัมภาษณ์การวางแผนงานเพื่อนำข้อมูลมาเป็นแนวคิดในการ

พัฒนาแบบจำลอง (2) การสร้างแบบจำลอง (3) การทดสอบแบบจำลองกับงานก่อสร้างจริง 1 โครงการ เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนงานตั้งต้น

3.1. สัมภาษณ์การวางแผนงาน

ในการสัมภาษณ์ถึงขั้นตอนการวางแผนงาน วิธีในการวางแผนงาน เครื่องมือหรือปัญหาที่มีผลต่อการวางแผนงานจะทำให้มีความเข้าใจกระบวนการวางแผนงานและนำมาเป็นพื้นฐานในการสร้างสมการ โจทย์ที่เหมาะสมสำหรับใช้สร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการหาระยะเวลา ค่าใช้จ่าย และทรัพยากรในการทำงาน โครงการก่อสร้างที่สอดคล้องกับกระแสเงินสดหรือยอดเงินเบิกเกินบัญชีที่ไม่เกินวงเงินเครดิตที่โครงการวางแผนไว้สำหรับการดำเนินงานโครงการ ในขั้นตอนได้มีรายละเอียดในการดำเนินงานดังนี้

(ก) วิธีการสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์จะดำเนินการสัมภาษณ์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนงานหรือผู้วางกลยุทธ์ในการทำงานและสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์ โดยแบ่งออกเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและแบบสอบถามชนิดปลายปิด โดยลักษณะและเนื้อหาในแบบสอบถามชนิดปลายเปิดจะเป็นการตั้งคำถามด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ได้ให้คำตอบได้อย่างอิสระเพื่อให้ได้คำตอบที่เป็นธรรมชาติและสะท้อนความเป็นจริงในกระบวนการวางแผนงานมากที่สุด ในขณะที่แบบสอบถามชนิดปลายปิดจะใช้คำถามแบบตรวจสอบรายการ ตัวอย่างคำถามในแบบสอบถามเช่น ขั้นตอนการจัดการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการวางแผนงานใช้ข้อมูลจากแหล่งใดบ้าง การประมาณระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในโครงการใช้ข้อมูลด้านใดบ้าง การวางแผนงานมีการคำนึงถึง Cash Flow ของโครงการหรือไม่เพื่อข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพ

(ข) จำนวนตัวอย่างการสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์จะเลือกสัมภาษณ์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนงานหรือกลยุทธ์ในการทำงานจำนวน 3 บริษัท ได้แก่

- บริษัท แบล็คแอนด์ไวทซ์ (ประเทศไทย) จำกัด (A) เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคาร โรงไฟฟ้า ให้คำปรึกษาเฉพาะด้านทางเทคนิค (ด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์) งานออกแบบ และการวางแผน โดยจะทำการสัมภาษณ์กับ คุณสมสวรรค์ เลหาวีรภาพ ที่รับตำแหน่ง วิศวกรวางแผนโครงการ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนและติดตามความก้าวหน้าในการทำงานโครงการก่อสร้าง

- บริษัท ชินเทคคอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) (B) เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารสูง โดยสัมภาษณ์กับคุณวีรพงษ์ ตั้งเบญจาทิกุล ที่ดำรงตำแหน่งผู้จัดการ โครงการ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนในการทำงานทั้งด้านแผนงาน ขั้นตอนการทำงาน และวิธีการทำงาน
- บริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด (C) เป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างงานอาคารสูง โดยสัมภาษณ์กับคุณองอาจ พูลสุข ที่ดำรงตำแหน่ง ผู้จัดการ โครงการ โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนกลยุทธ์ในการทำงานทั้งด้านแผนงานและกระบวนการทำงาน

ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนและข้อมูลการสัมภาษณ์ในการวางแผนงาน โครงการก่อสร้างตาม

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสรุปการสัมภาษณ์ขั้นตอนการวางแผนงานเบื้องต้น

รายละเอียด \ ชื่อบริษัท	A	B	C
1. มีการใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการวางแผนงานหรือไม่	มี โปรแกรม Primavera	มี โปรแกรม Primavera, Microsoft Project, Microsoft Excel	มี โปรแกรม Microsoft Project, Microsoft Excel
2. ขั้นตอนการจัดการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการวางแผนงาน ใช้ข้อมูลจากแหล่งใดบ้าง	- แบบก่อสร้าง - รายการประกอบแบบ - การประชุมหัวหน้างาน	- แบบก่อสร้าง - รายการประกอบแบบ - สัญญาก่อสร้าง - BOQ - สภาพหน้างาน	- แบบก่อสร้าง - รายการประกอบแบบ - สัญญาก่อสร้าง
3. มีการแบ่งโครงสร้างรายงานออกเป็นส่วนย่อยๆ(WBS) ในขั้นตอนการวางแผนหรือไม่	มี - แบ่งตามสายงาน	มี - แบ่งตาม ระบบ ISO9001	ไม่มี
4. มีการใช้รหัสของงานกำหนดพื้นที่การทำงานในการวางแผนงานหรือไม่	ไม่มี	มี - ชนิดของงาน และพื้นที่	ไม่มี

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสรุปการสัมภาษณ์ขั้นตอนการวางแผนงานเบื้องต้น (ต่อ)

รายละเอียด \ ชื่อบริษัท	A	B	C
5. มีการกำหนดตำแหน่งหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรของการวางแผนงาน ในแต่ละหมวดงานหรือไม่	มี - ตามหมวดงานหลัก	มี - ตามหมวดงานหลัก	มี - ตามหมวดงานหลัก
6. การประมาณระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในโครงการใช้ข้อมูลด้านใดบ้าง	- สถิติข้อมูลโครงการที่ผ่านมา	- สถิติข้อมูลโครงการที่ผ่านมา	- สถิติข้อมูลโครงการที่ผ่านมา
7. มีการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมอย่างไรบ้าง	- ส่วนมาก Finish to Start (FS)	- ส่วนมาก Finish to Start (FS)	- ส่วนมาก Finish to Start (FS)
8. ในการแผนงานมีการจัดสรรทรัพยากรลงในแต่ละกิจกรรมหรือไม่	มี - หัวหน้างานจะเป็นคนกำหนดจำนวน	ไม่มี	ไม่มี
9. ในการจัดสรรทรัพยากรมีการปรับระดับการใช้ทรัพยากร (Resource leveling) หรือไม่	มี - Trial and Error	ไม่มี	ไม่มี
10. ในการวางแผนงานมีการแบ่งแยกต้นทุนของแต่ละกิจกรรมหรือไม่	ไม่มี	มี - ตาม Budget จาก การ Estimate ใหม่ก่อนเริ่มโครงการ	มี - ตาม Budget จาก การ Estimate ใหม่ก่อนเริ่มโครงการ
11. การวางแผนงานมีการคำนึงถึง Cash Flow ของโครงการหรือไม่	ไม่มี	มี - ใช้ S-curve เป็นตัววางแผน	ไม่มี

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสรุปการสัมภาษณ์ขั้นตอนการวางแผนงานเบื้องต้น (ต่อ)

รายละเอียด \ ชื่อบริษัท	A	B	C
12. มีการจัดเตรียมแผนงาน หลายๆชุด (Scenarios) โดย กำหนดทางเลือกสำหรับวิธีการ ก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมไว้ หลายๆวิธี เพื่อนำแผนงาน เหล่านี้มาเปรียบเทียบและ คัดเลือกแผนที่ดีที่สุดหรือไม่	ไม่มี - เนื่องจากไม่ สามารถทำได้ทัน	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสรุปผลจากการสัมภาษณ์วิธีและขั้นตอนการวางแผนงานเบื้องต้น พบว่าบริษัทก่อสร้างขนาดใหญ่ต่างๆทั้งที่เป็นบริษัทต่างชาติและบริษัทสัญชาติไทยที่ดำเนินงานโครงการก่อสร้างประเภท โรงไฟฟ้าและอาคารสูง พบว่าบริษัทดังกล่าวส่วนมากได้ใช้เทคนิค Critical Path Method (CPM) ในการวางแผนงาน ซึ่งเป็นวิธีการวางแผนงานตามลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การก่อสร้างเสร็จสิ้นในเวลาสั้นที่สุดโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ปริมาณทรัพยากรและงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในการวางแผนงานลักษณะนี้ส่วนมากจะใช้ประสบการณ์และสถิติข้อมูลของลักษณะงานที่คล้ายกันมาเป็นตัวกำหนดแผนงาน ทำให้แผนงานที่ได้นั้นไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการได้ ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายของโครงการเกินความจำเป็น อันมีสาเหตุมาจากการเร่งเวลา การใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง และวงเงินเครดิตมีไม่เพียงพอ ซึ่งสาเหตุที่เกิดจากวงเงินเครดิตไม่เพียงพอหรือจำกัดนั้นเป็นสาเหตุอันดับต้นๆ ในงานก่อสร้างที่ทำให้โครงการขาดทุนหรือเกิดความล่าช้าในการดำเนินงาน เนื่องจากวงเงินเครดิตคือเงินทุนในแต่ละช่วงเวลาที่จัดเตรียมเป็นค่าใช้จ่ายด้านต่างๆของโครงการเพื่อให้กิจกรรมของโครงการในช่วงเวลานั้นแล้วเสร็จตามแผนงานที่ไว้ ในปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวางแผนงานโครงการ เช่น Primavera, Microsoft Project, Microsoft Excel เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าโปรแกรม Primavera และ Microsoft Project มีฟังก์ชันการใช้งานคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีการใช้เทคนิค CPM และ Resource leveling ในส่วน โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการวางแผนในเรื่องกระแสเงินสดและควบคุมโครงการ โปรแกรมเหล่านี้ไม่เน้นการรวมเทคนิคและข้อจำกัดของการวางแผนให้ครอบคลุมและตอบสนองความต้องการได้

3.2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวางแผนงานโครงการในกรณีศึกษา

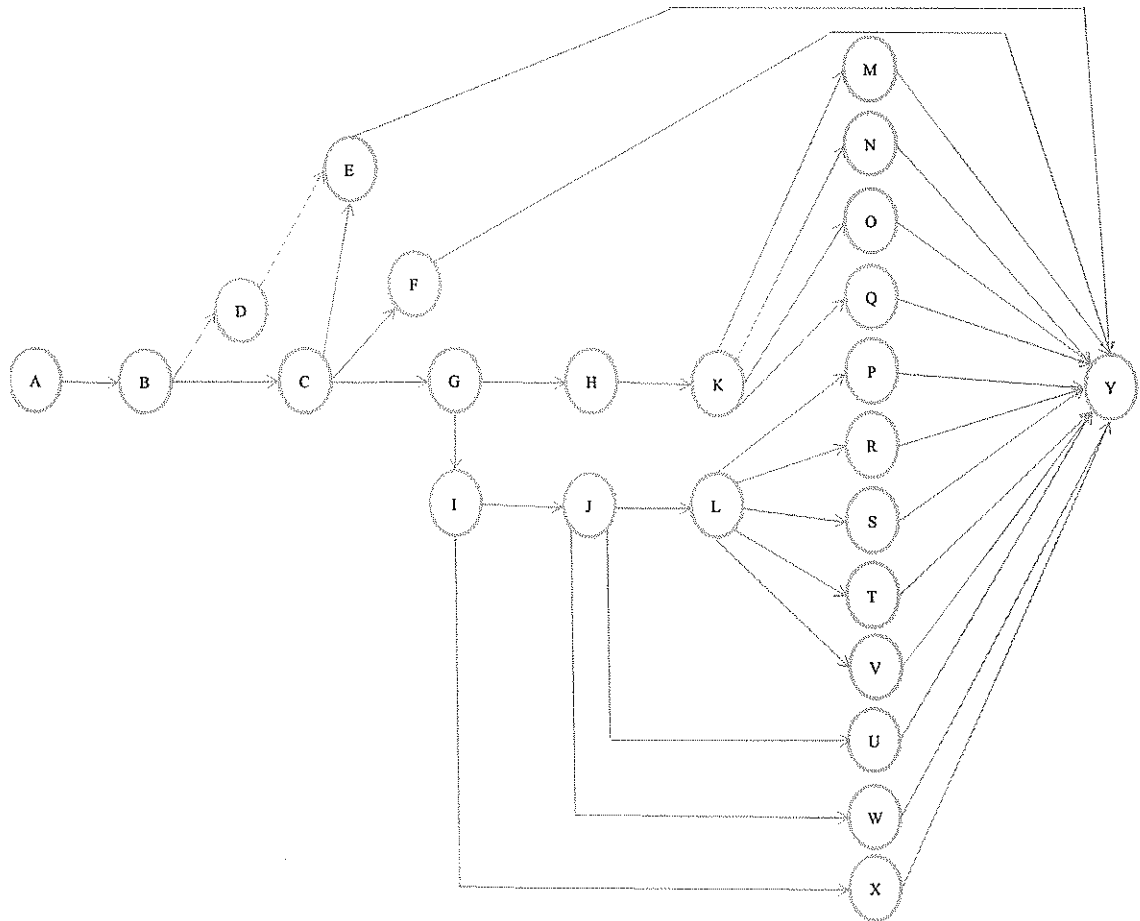
สำหรับข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลองนี้เพื่อหาแผนงานที่มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำภายใต้วงเงินเครดิตที่มีอยู่อย่างจำกัด ประกอบไปด้วยข้อมูลทั้งหมด 3 ส่วน คือ

- (ก) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ
 - ชื่อและจำนวนกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ
 - ความสัมพันธ์ของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมพร้อมทั้งลำดับการทำงาน
 - ระยะเวลาของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมตามประสบการณ์หรือสถิติจากงานโครงการที่คล้ายกัน
 - ค่าใช้จ่ายในการทำงานของแต่ละกิจกรรม
- (ข) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องทรัพยากรต่างๆในโครงการ
 - แผนงานการใช้ทรัพยากรทั้งหมดในโครงการ (แรงงาน)
 - ค่าใช้จ่ายของทรัพยากรแต่ละชนิดในโครงการ
 - ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรมากเกินไปหรือทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน
 - ขอบเขตของการใช้ทรัพยากรแต่ละช่วงเวลา
- (ค) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ
 - ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ
 - ค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้าหรือโบนัสที่ทำงานเสร็จเร็วกว่าแผน
 - วงเงินที่สามารถใช้ได้ในแต่ละเดือน (Credit limit)

แบบจำลองนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมจากข้อมูลจากโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมแผ่นดินทอง 12 ชั้น ในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากงานก่อสร้างคอนโดมิเนียมเป็นงานก่อสร้างที่มีรายละเอียดรูปแบบแต่ละชั้นใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถจำแนกกิจกรรมและสร้างความสัมพันธ์ได้ง่าย ซึ่งในแบบจำลองนี้ได้ทำการจำแนกกิจกรรมได้ทั้งหมด 25 กิจกรรม รวมถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ตามรูปที่ 3.1, 3.2 และแบบจำลองมีเงื่อนไขดังนี้

- การเบิกจ่ายเงินคิดตามปริมาณของงานที่ทำได้ในแต่ละช่วงเวลาและไม่มีเงินเบิกล่วงหน้า
- ค่าประกันผลงาน = 10% ของมูลค่างานที่เบิก
- กำไร = 15% ของมูลค่างานที่ทำได้
- อัตราดอกเบี้ย = 12% ของยอดเบิกเกินบัญชี

— ค่าปรับการใช้ทรัพยากรเกินหรือน้อยกว่ากำหนด = 5250 ฿ /หน่วย/Period



รูปที่ 3.1 โครงข่ายของกิจกรรมในกรณีศึกษาของงานวิจัย

Activity	Detail	Predecessor	Normal		Crash		Resource		Method Select	Shift
			Duration	Direct Cost	Duration	Direct Cost	Normal	Crash		
A	งานเตรียมงานก่อสร้าง	-	2	2,303	1	3,006	20	22		0
B	งานฐานรากและตอม่อ	A	4	15,943	3	16,781	45	50		
C	งาน โครงสร้างชั้น 1-2	B	4	7,677	2	9,167	45	46		
D	งานดึงน้ำใต้ดิน กตล.	B	2	2,236	1	2,984	25	28		
E	งานระบบสุขาภิบาลและคืบเพลิง	C,D	24	12,398	20	13,348	15	16		
F	งานระบบไฟฟ้า	C	24	30,857	18	32,977	30	32		
G	งาน โครงสร้างชั้น 3-4	C	2	7,677	1	8,661	45	47		
H	งาน โครงสร้างชั้น 5-6	G	4	7,677	2	9,122	45	48		
I	งานคาน้ำและคกแต่ง ชั้น 1	G	2	1,722	1	2,605	35	36		
J	งานคาน้ำและคกแต่งชั้น 2-3	I	4	3,445	3	4,238	35	38		
K	งานคกแต่งสร้างชั้น 7-12	H	10	23,089	9	23,589	45	50		
L	งานคาน้ำและคกแต่ง ชั้น 4-7	J	8	6,890	5	8,403	35	38		
M	งานบันได	K	4	1,855	3	2,456	15	17		
N	งานเปิดเคล็ด	K	4	2,874	2	3,487	10	15		
O	งานระบบน้ำปัดน้ำเสียและระบายน้ำภายนอก	K	4	2,343	2	2,933	10	16		
P	งานระบบปรับอากาศ	L	6	11,868	4	12,593	20	25		
Q	งานระบบลิฟท์โดยสาร	K	6	4,688	3	5,458	10	12		
R	งานภูมิทัศน์และอาคารรูปโลกภายนอก	L	8	8,596	7	9,265	15	15		
S	งานคาน้ำและคกแต่ง ชั้น 8-12	L	2	2,468	1	3,351	35	36		
T	งานฝ้าเพดาน ชั้น 1-12	L	10	4,952	8	5,722	20	22		
U	งานพื้นและคกแต่ง	J	20	13,391	15	14,510	20	23		
V	งานทาสี	L	10	3,950	7	5,125	20	20		
W	งานสุขภัณฑ์	J	16	8,132	14	8,767	20	22		
X	งานประตูหน้าต่าง	I	22	15,247	18	16,670	25	26		
Y	งานเก็บและทดสอบระบบ	DEFMN, OPQRST, UVWX	2	8,902	1	9,593	20	23		

รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดความสัมพันธ์ของกิจกรรม

การสร้างแบบจำลองได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรม โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายปกติ (Normal Cost) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเร่งเวลา (Crash Cost) ของแต่ละกิจกรรม ซึ่งทุกกิจกรรมจะมีทางเลือกเวลา ต้นทุนทางตรง (ค่าแรงและค่าวัสดุ) และจำนวนคนงานสำหรับใช้ในการทำงาน 2 ทางเลือก ทางเลือกที่ 1 จะแสดงระยะเวลา ต้นทุนทางตรง และจำนวนแรงงานที่สภาพการทำงานปกติ ในขณะที่ทางเลือกที่ 2 จะเป็นระยะเวลา ต้นทุนทางตรง และจำนวนแรงงานในกรณีใช้เวลาในการทำงานให้เร็วขึ้น โดยยอมเสียค่าล่วงเวลาในการทำงานที่อัตรา 1.5 เท่าต่อชั่วโมงการทำงาน จากนั้นทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรม โดยที่ชั่วโมงการทำงานของแต่ละกิจกรรมคงที่ และได้มีการกำหนดขอบเขตการใช้ทรัพยากรเพื่อเป็นค่าปรับในการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง

3.3. สมการและส่วนประกอบของแบบจำลอง

3.3.1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

เป็นฟังก์ชันที่กำหนดเป้าหมายของแบบจำลอง เพื่อให้สามารถหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดและบรรลุวัตถุประสงค์อย่างถูกต้อง โดยทั่วไปจะระบุฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นเป้าหมายการหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด ในงานก่อสร้างส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับงบประมาณหรือค่าใช้จ่ายรวมในการดำเนินงานก่อสร้าง ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมของโครงการในงา ก่อสร้างนั้นได้ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าใช้จ่ายในการใช้ทรัพยากร และค่า ดอกเบี้ยของโครงการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของโครงการ (Minimize Project Total Cost : PTC) เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้แผนงานเหมาะสมและมีความสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายในด้านต่างของโครงการรวมถึงข้อกำหนดของกระแสเงินสดหรือวงเงิน เครดิตที่มีจำกัด และค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด PTC ได้มีค่าตามสมการที่ (1)

$$PTC = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^H DC_{ik} y_{ik} + \sum_{j=1}^T IDC_j + \sum_{j=1}^T RP_j + \sum_{j=1}^T I_j \quad (3.1)$$

DC_{ik} คือ ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงานที่ k ใดๆ สำหรับกิจกรรมที่ i ใดๆ

โดยที่ y_{ik} คือ ตัวแปรตัดสินใจ โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ไม่ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i ใด ๆ

H คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

j คือ ช่วงเวลาใดๆ

T คือ ระยะเวลาารวมของโครงการ

ซึ่ง y_{ik} เป็นตัวแทนของการตัดสินใจเลือกชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ในการคำนวณของแบบจำลองให้กับแต่ละกิจกรรม i ในโครงข่ายการทำงาน โครงการก่อสร้าง ซึ่งชุดทางเลือก k จะประกอบไปด้วยค่าตัวเลข 3 ชนิด ได้แก่ ค่าต้นทุนทางตรงสำหรับใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรม ระยะเวลาในการทำงานสำหรับกิจกรรม และค่าจำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรม นอกจากนี้ยังกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจ y_{ik} ค่าเป็นตัวเลขฐานสองเพื่อใช้แสดงการเลือกหรือไม่เลือกชุดทางเลือกที่ได้นำมาใช้ในการคำนวณ โดยกำหนดให้มีค่าเป็น 0 เมื่อชุดทางเลือกด้านเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ไม่ถูกเลือก และจะมีค่าเป็น 1 เมื่อชุดทางเลือกด้านเวลาและต้นทุนที่ k ของกิจกรรม i ใด ๆ ถูกเลือกให้กับกิจกรรมที่ i

$\sum IDC_j$ คือ ผลรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในสำนักงานสนาม ค่าใช้จ่ายในส่วน of ค่าดำเนินงานและติดต่อประสานงาน (ใน โครงการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายของสำนักงานใหญ่)

โดยที่ IDC_j คือ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ 5% ของค่าใช้จ่ายทางตรงรวมของโครงการ (211.18×10^6 B) มีค่าเท่ากับ 263.975×10^3 B/period

$\sum RP_j$ คือ ผลรวมค่าปรับจากการใช้ทรัพยากร มาจากการใช้ทรัพยากรในแต่ละช่วงเวลามากหรือน้อยกว่าการใช้ทรัพยากรของแผนงานปกติที่กำหนดไว้

โดยที่ RP_j คือ ค่าปรับการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ 5250 B x ปริมาณการใช้ทรัพยากรมากหรือน้อยกว่ากำหนดในช่วงเวลา j ใดๆ

$\sum I_j$ คือ ผลรวมค่าดอกเบี้ยในแต่ละช่วงเวลาของยอดเงินเบิกเกินบัญชี

โดยที่ I_j คือ ค่าดอกเบี้ยในช่วงเวลา j ใดๆ มีค่าเท่ากับ ยอดเบิกเงินเกินบัญชีในช่วงเวลา j ใดๆ x อัตราดอกเบี้ย (12% ต่อปี)

3.3.2. ฟังก์ชันตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

เป็นตัวแปรที่แทนกิจกรรมต่างๆของปัญหาที่สนใจ ค่าตัวแปรนี้จะนำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจ ในแต่ละปัญหาตัวแปรตัดสินใจมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของปัญหา ซึ่งในงานวิจัยนี้ตัวแปรตัดสินใจ คือ ทางเลือกของกิจกรรมแต่ละกิจกรรม (Method Select: 1=Normal, 2=Crash) และการเลื่อนของเวลาเริ่มที่เร็วที่สุด (Earliest Start) ของแต่ละกิจกรรม ตามรูปที่ 1 ซึ่งเงื่อนไขสำหรับตัวแปรตัดสินใจ ได้กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มเพียงอย่างเดียว เนื่องจากหากไม่เป็นจำนวนเต็มจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณด้านระยะเวลาการเลื่อนของเวลาเริ่มที่เร็วที่สุดและวิธีการทำงาน ตัวอย่างเช่นหากกำหนดให้กิจกรรม A มีทางเลือกจำนวนการเลื่อนของเวลาเริ่มที่เร็วที่สุดเท่ากับ 2.5 period ส่งผลให้ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง เพราะระยะช่วงเวลาไม่ควรจะเป็นเลขทศนิยม จากตัวอย่างดังกล่าวจึงต้องกำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม ในขณะที่เดียวกันจะกำหนดให้กิจกรรมที่ i ใด ๆ ในโครงข่ายการทำงานจะมีการเลือกชุดทางเลือกที่ k ใด ๆ ให้แต่ละกิจกรรมในโครงการก่อสร้างได้เพียงหนึ่งชุดทางเลือกเท่านั้น

$$ES_j = \text{Max}(EF_i) + \text{Shift}_j \quad (3.2)$$

ES_j คือ เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมที่ j

EF_i คือ เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมก่อนหน้าที่ i

Shift_j คือ การเลื่อนเวลาเริ่มของกิจกรรมที่ j

3.3.3. ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraints)

เป็นการกำหนดข้อจำกัดของปัญหาในเทอมของตัวแปรตัดสินใจ โดยทั่วไป ข้อจำกัดพื้นฐานของการหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดเป็นเงื่อนไขของข้อกำหนดต่างๆของแต่ละปัญหา เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสม จากการสัมภาษณ์การวางแผนงานทำให้ทราบขั้นตอนการทำงานในการวางแผนงาน โครงการก่อสร้างโดยบริษัทส่วนมากจะเริ่มต้นด้วยการพิจารณาไปที่บัญชีปริมาณงานและราคา (Budget of Quantity: BOQ)รายการประกอบแบบและสัญญาก่อสร้างเพื่อกำหนดกิจกรรมสำหรับการทำงาน ขณะที่การกำหนดเวลาสำหรับทำงานในแต่ละกิจกรรมจะ

พิจารณาจากลักษณะงานหรือสถิติของกิจกรรมการทำงานที่เคยทำหรือกิจกรรมที่คล้ายๆ กันในอดีตมาเป็นข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นว่าการกำหนดเวลาให้กับแต่ละกิจกรรมไม่ได้คำนึงถึงเรื่องกระแสเงินสดหรือวงเงินเครดิตที่โครงการสามารถจัดหามาได้สำหรับไว้ใช้ในการทำงาน โครงการทำให้แผนงานที่ได้สร้างขึ้นไม่ได้ครอบคลุมกับกรณีที่โครงการอาจประสบกับปัญหาเรื่องการเงินหรือวงเครดิตที่ไม่พอในระหว่างการค้าโครงการได้ ปัญหาด้านการเงินหรือวงเงินเครดิตได้ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและต้นทุนในการทำงานก่อสร้างโดยตรงดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการสร้างสมการโจทย์ด้วยการนำประเด็นวงเงินเครดิตที่มีจำกัดเพิ่มเติมเข้าไปจากประเด็นที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยล่าสุดก่อนหน้าซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ ยอดเงินเบิกเกินบัญชี ของโครงการ (OD) น้อยกว่าหรือเท่ากับวงเงินเครดิต (CL) และระยะเวลาของโครงการ (Du) น้อยกว่าหรือเท่ากับระยะเวลารวมของโครงการ (T)

$$\text{Max } OD_j \leq CL \text{ และ } Du \leq T \quad (3.3)$$

$\text{Max } OD_j$ คือ ค่ามากที่สุดของเงินเบิกเกินบัญชีในช่วงเวลาที่ j

ยอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft) ประกอบไปด้วยกระแสเงินสดเข้า (Cash In : CI) และกระแสเงินสดออก (Cash Out : CO) กระแสเงินสดของโครงการที่เกิดขึ้นจริงก็คือผลต่างของกระแสเงินสดเข้าสะสมน้อยกว่ากระแสเงินสดออกสะสม คือ ยอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft) ในงานวิจัยนี้ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเงินสดเข้า (Cash In : CI) โดยที่

$$CI_{j=1} = 0 \text{ และ } CI_j = P_i - Ret_i \quad (3.4)$$

CI_j คือ กระแสเงินสดเข้าของโครงการช่วงเวลา j ใดๆ ($j=1, 2, 3 \dots T$)

P_i คือ เงินงวดงานของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i มีค่าเท่ากับ ค่าใช้จ่ายตรง + ค่าใช้จ่ายทางอ้อม + ผลกำไร (Mark up) ก่อนหน้าที่ i

Ret_i คือ ค่าประกันผลงานช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i

T คือ ระยะเวลารวมของโครงการ

ในส่วนของกระแสเงินสดออก (Cash Out : CO) จะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของค่าใช้จ่ายทางตรงกับค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ ในส่วนของยอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft : OD) จะมีค่าเท่ากับ

$$OD_{j=1} = CO \text{ และ } OD_j = CO_i + NC_i \quad (3.5)$$

OD_j คือ เงินเบิกเกินบัญชีช่วงเวลา j ใดๆ ($j=1, 2, 3 \dots T$)

CO_i คือ รายจ่ายของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้าที i

NC_i คือ จำนวนยอดเงินสดสุทธิช่วงเวลาก่อนหน้าที i

3.4. วิธีการหาคำตอบ Optimization

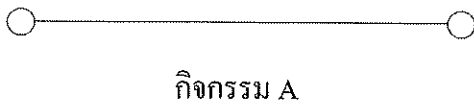
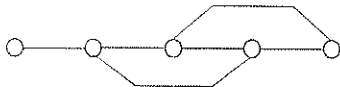
ในการนำเสนอรูปแบบแผนงานที่มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำ ซึ่งเป็นแผนงานที่มีค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดของโครงการน้อยที่สุด โดยนำเอาหลักการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมในขั้นตอนการคำนวณ ซึ่งในการคำนวณนั้นประกอบไปด้วยกระบวนการทำงานหลายขั้นตอนด้วยกัน สามารถอธิบายรายละเอียดในรูปแบบทางเจเนติกได้ดังนี้

(ก) ยีน เป็นหน่วยองค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานของคำตอบ ใช้เพื่อแสดงคุณสมบัติโดยรวมของแต่ละโครโมโซม โดยยีนแต่ละตัวจะทำหน้าที่เป็นตัวแปรหนึ่งๆ และค่าที่อยู่ภายในยีนแต่ละยีนจะเป็นค่าสำหรับตัวแปรตัวนั้นๆ ในงานวิจัยนี้จะใช้ยีนแทนค่าของตัวแปรสองชนิดด้วยกันคือตัวแปรสำหรับกำหนดระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมและตัวแปรสำหรับกำหนดวันเดือนของกิจกรรมของแต่ละกิจกรรม ดังนั้นในกิจกรรมหนึ่งกิจกรรมจะมียีนที่แทนค่าของตัวแปรสำหรับกิจกรรมนั้นๆ ทั้งหมดสองยีนด้วยกัน โดยที่ยีนแต่ละตัวจะเป็นตัวแทนที่บ่งบอกคุณสมบัติของกิจกรรมตามตำแหน่งของยีน เช่น ยีนตัวที่ 1 ก็จะได้แสดงถึงกำหนดระยะเวลาในการทำงานของกิจกรรมที่ 1 เป็นต้น

(ข) โครโมโซม คือชุดของยีนหลายๆยีนที่รวมกันเข้าเป็นโครโมโซม ดังนั้นโครโมโซมแต่ละตัวจึงเป็นเซตของตัวแปรทั้งหมดที่ต้องใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โครโมโซมหนึ่งตัวจึงมีค่าเท่ากับคำตอบที่เป็นไปได้หนึ่งคำตอบ สำหรับงานวิจัยนี้โครโมโซมหนึ่งตัวจะเปรียบเสมือนเป็นแผนงานหนึ่งแบบของแต่ละกิจกรรม ซึ่งรูปแบบแผนงานจะขึ้นอยู่กับค่าที่ปรากฏภายในยีนทุกตัวรวมกัน เนื่องจากในโครโมโซมหนึ่งตัวประกอบไปด้วยชุดของยีนที่แทนค่าของตัวแปรสองชุดด้วยกันและยีนหนึ่งตัวเป็นตัวแทนของหนึ่งตัวเป็นตัวแทนของหนึ่งกิจกรรมดังนั้นจำนวนของยีนทั้งหมดภายในหนึ่งโครโมโซมจึงมีจำนวนเป็นสองเท่าของจำนวนกิจกรรมทั้งหมดที่มีอยู่ในโครงข่าย

(ค) ประชากร (Population) คือเซตของโครโมโซมหลายๆตัวรวมกัน โดยมีจำนวนของโครโมโซมภายในเซตคำตอบเท่ากับค่า Population Number ซึ่งหมายถึงค่าที่แสดงจำนวนโครโมโซมทั้งหมดที่สามารถมีได้ในรุ่นประชากรหนึ่งๆถ้าโครโมโซมหนึ่งตัวมีค่าเท่ากับคำตอบที่เป็นได้หนึ่งคำตอบดังนั้นประชากรจึงมีค่าเท่ากับเซตของคำตอบหลายๆคำตอบที่มีความเป็นไปได้สำหรับปัญหา สำหรับงานวิจัยนี้ประชากรจะเปรียบเสมือนเป็นเซตของแผนงานที่มีความหลากหลายรูปแบบ โดยรูปแบบแต่ละรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของโครโมโซมที่มีความแตกต่างกันออกไป

ตารางที่ 3.2 แสดงความหมายการประยุกต์ระหว่างเจเนติกอัลกอริทึมและแผนงาน (Schedule)

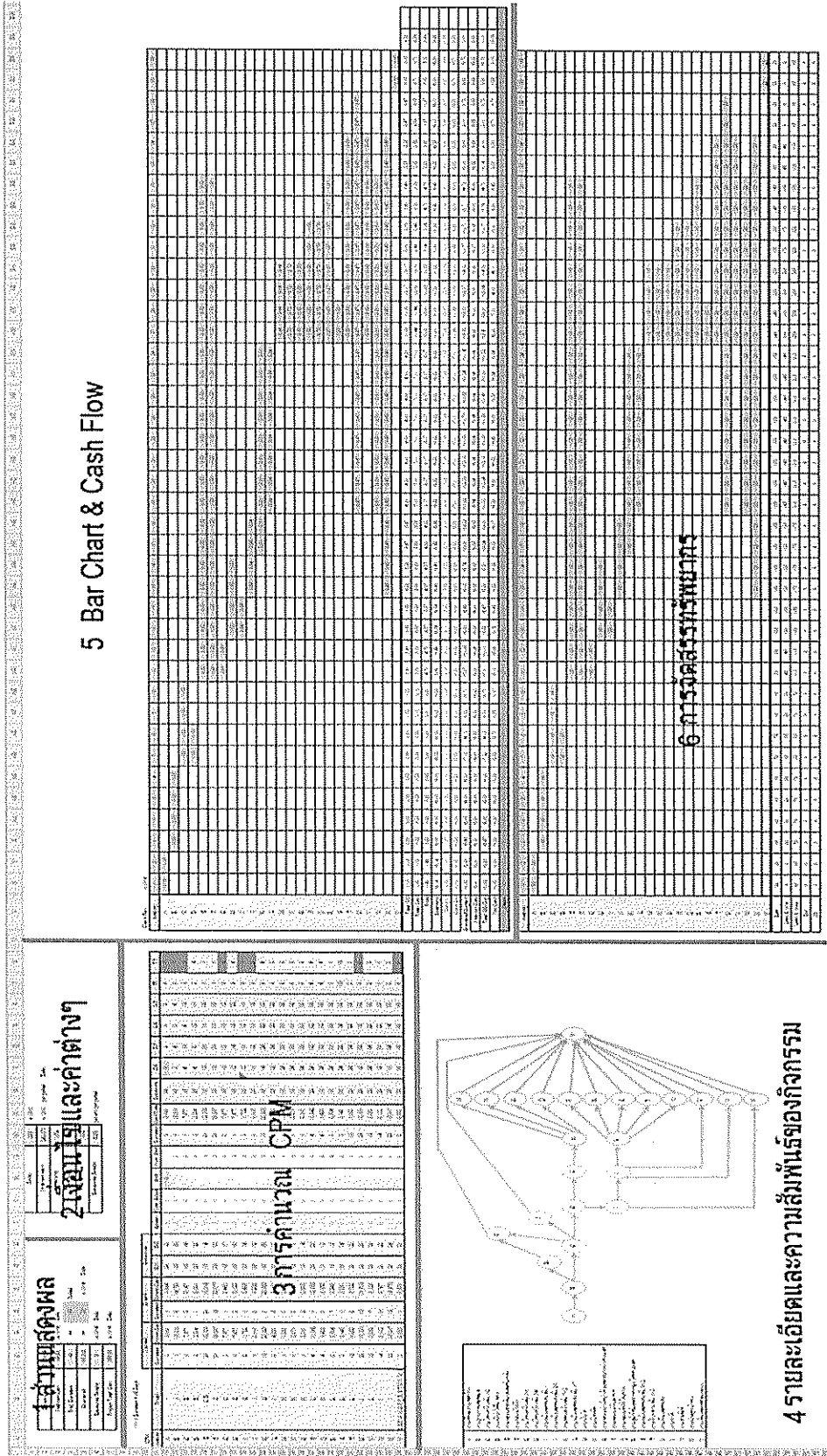
เจเนติกอัลกอริทึม	แผนงาน (Schedule)
<p><u>ยีน Genes</u></p> <p>X, Y ค่าตัวแปรที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติของกิจกรรม</p> <p>A แทนกิจกรรม</p> <p>สำหรับกิจกรรมหนึ่งๆจะมียีนแสดงคุณสมบัติทั้งหมด 2 ยีนด้วยกัน คือ</p> <p>X เป็นตัวแปรวิธีการก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมซึ่งได้กำหนดระยะเวลาของการทำงานของกิจกรรม A</p> <p>และ Y เป็นตัวแปรกำหนดวันเริ่มต้นของกิจกรรม A</p>	<p><u>กิจกรรม Activity</u></p> <p>วิธีการก่อสร้าง, จำนวนการเลื่อนวันเริ่มต้นของกิจกรรม</p>  <p>กิจกรรม A</p>
<p><u>โครโมโซม Chromosome</u></p> <p>ยีน A1 คือ กิจกรรม A มีตัวแปร X1, Y1</p> <p>ยีน A2 คือ กิจกรรม A มีตัวแปร X2, Y2</p> <p>จนถึง.....</p>	<p><u>แผนงาน (Schedule)</u></p> 

ตารางที่ 3.2 แสดงความหมายการประยุกต์ระหว่างเทคนิคอัลกอริธึมและแผนงาน (Schedule) (ต่อ)

เทคนิคอัลกอริธึม	แผนงาน (Schedule)																																																								
<p>ยีน Y1 คือ กิจกรรม Y มีตัวแปร X1, Y1</p> <p>ยีน Y2 คือ กิจกรรม Y มีตัวแปร X2, Y2</p> <p>จำนวนยีนทั้งหมดในภายในหนึ่งโครโมโซมจะมีจำนวนเป็นสองเท่าของกิจกรรมทั้งหมดที่มีอยู่</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Activity</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>15</td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td>30</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Activity	1	2	3	4	5	6	7	A	15	15						B			30	30	30	30		C							15	D							15	E								F							
Activity	1	2	3	4	5	6	7																																																		
A	15	15																																																							
B			30	30	30	30																																																			
C							15																																																		
D							15																																																		
E																																																									
F																																																									
<p>รุ่นของประชากร(Generation)</p> <p>คือเซตของโครโมโซมแต่ละเซตคำตอบ</p>	<p>เซตของแผนงาน</p> <p>เซตของแผนงานแต่ละแผนงานเพื่อหาแผนงานที่ดีที่สุด</p>																																																								

3.5. การสร้างพื้นที่สำหรับคำนวณ

การสร้างพื้นที่สำหรับนำเข้าข้อมูลของโครงการก่อสร้างที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมทั้งโครงการภายใต้เงื่อนไขขอดีเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตได้ทำการออกแบบให้เซลล์โดยแบ่งชนิดข้อมูลที่จะจัดเก็บออกเป็นตามรูปที่ 3.3 ดังนี้



รูปที่ 3.3 แสดงพื้นที่สำหรับการคำนวณ

3.5.1. การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการคำนวณตามเทคนิค CPM

ในการคำนวณด้วยเทคนิค CPM นี้เป็นการคำนวณด้วยวิธีสายทางกิจกรรมวิกฤต ซึ่งจะสามารถแสดงถึงระยะเวลาที่น้อยที่สุดของโครงการที่เป็นไปได้ ในการคำนวณดังกล่าวมีตัวแปรและขั้นตอนดังนี้ การคำนวณขาไป (Forward Pass Calculation) เป็นการคำนวณจากจุดเริ่มต้นไปจุดเสร็จสิ้นโครงการทำให้ได้ค่า

ES หมายถึง เวลาที่เริ่มได้เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น ในงานวิจัยนี้ค่า ES จะเพิ่มการเลื่อนเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมด้วย ตามในสูตรที่แสดงในรูปที่ 3.4 ใน Columns N = ค่า Maximum EF ของกิจกรรมที่ทำก่อนหน้านั้น + ระยะเวลาเลื่อนของกิจกรรม (Shift: Columns J)

EF หมายถึง เวลาที่เสร็จได้เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น ค่า EF นี้มีการคำนวณตามสูตรที่แสดงในรูปที่ 3.4 ใน Columns O = ES + ระยะเวลาของกิจกรรม (Duration: Columns L)

การคำนวณขากลับ (Backward Pass Calculation) เป็นการคำนวณจากจุดเสร็จสิ้นย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้นโครงการทำให้ได้ค่า

LS หมายถึง เวลาที่เริ่มได้ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น งานวิจัยนี้ค่า LF นี้มีการคำนวณตามสูตรที่แสดงในรูปที่ 3.4 ใน Columns P = ค่า LS - ระยะเวลาของกิจกรรม

LF หมายถึง เวลาที่เสร็จได้ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น สำหรับงานวิจัยนี้ค่า LF นี้มีการคำนวณตามสูตรที่แสดงในรูปที่ 3.4 ใน Columns Q = ค่า Minimum LS ของกิจกรรมที่ทำหลังนั้น

ในส่วนการคำนวณเวลา Float เป็นการคำนวณหาความยืดหยุ่นในการดำเนินกิจกรรมใดๆ กิจกรรมที่มี Float จะสามารถยืดหยุ่นระยะเวลาตามปริมาณของ Float ที่มีได้ ซึ่งค่า Float มีดังนี้

TF หมายถึง เวลาพอเพียง หรือเวลาที่ช้าที่สุดของแต่ละกิจกรรมซึ่งไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเวลาเสร็จของโครงการและเป็นเวลาพอเพียงของแต่ละกิจกรรมนั้น ๆ สำหรับในงานวิจัยนี้ค่า TF ได้แสดงสูตรตามรูปที่ 3.4 ใน Columns S = ค่า LF - ค่า ES

FF หมายถึง เวลาลอยตัว หรือความแตกต่างระหว่างวันที่กิจกรรมเสร็จเร็วที่สุดและวันแรกที่เริ่มต้นทำงานเร็วที่สุดของกิจกรรมถัดไป ค่า FF ได้แสดงสูตรตามรูปที่ 3.4 ใน Columns E = ค่า Minimum ES ของกิจกรรมถัดไป - ค่า EF

Activity	Preld	Normal		Crash		Shift	Name Shift	Duration	ES	EF	LS	LF	FF	IF	
		Duration	Direct Cost	Duration	Direct Cost										
9															
10															
11	A	2	1303	1	8066	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L12	EQ1-L12	EQ1-L12	SAUNP-D-011	EQ12-012		
12	A	4	15943	3	16781	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L13	EQ3-L13	EQ3-L13	SAUNP-D-012	EQ13-013		
13	B	4	1677	2	9167	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L14	EQ4-L14	EQ4-L14	SAUNP-D-013	EQ14-014		
14	B	2	2316	1	2354	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L15	EQ5-L15	EQ5-L15	SAUNP-D-014	EQ15-015		
15	B	24	12398	20	12346	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L16	EQ6-L16	EQ6-L16	SAUNP-D-015	EQ16-016		
16	CD	24	30837	18	31977	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L17	EQ7-L17	EQ7-L17	SAUNP-D-016	EQ17-017		
17	C	2	1677	1	1661	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L18	EQ8-L18	EQ8-L18	SAUNP-D-017	EQ18-018		
18	C	4	1677	2	9121	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L19	EQ9-L19	EQ9-L19	SAUNP-D-018	EQ19-019		
19	G	2	1721	1	1665	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L20	EQ10-L20	EQ10-L20	SAUNP-D-019	EQ20-020		
20	G	4	1445	3	4133	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L21	EQ11-L21	EQ11-L21	SAUNP-D-020	EQ21-021		
21	I	10	23009	9	22889	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L22	EQ12-L22	EQ12-L22	SAUNP-D-021	EQ22-022		
22	H	5	6390	5	6403	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L23	EQ13-L23	EQ13-L23	SAUNP-D-022	EQ23-023		
23	L	4	1555	3	3455	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L24	EQ14-L24	EQ14-L24	SAUNP-D-023	EQ24-024		
24	X	4	2374	2	3457	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L25	EQ15-L25	EQ15-L25	SAUNP-D-024	EQ25-025		
25	N	4	2345	2	2933	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L26	EQ16-L26	EQ16-L26	SAUNP-D-025	EQ26-026		
26	O	6	11855	4	12393	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L27	EQ17-L27	EQ17-L27	SAUNP-D-026	EQ27-027		
27	F	6	4833	3	5453	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L28	EQ18-L28	EQ18-L28	SAUNP-D-027	EQ28-028		
28	Q	5	5936	7	9265	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L29	EQ19-L29	EQ19-L29	SAUNP-D-028	EQ29-029		
29	R	2	2463	1	3351	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L30	EQ20-L30	EQ20-L30	SAUNP-D-029	EQ30-030		
30	S	10	4952	5	5722	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L31	EQ21-L31	EQ21-L31	SAUNP-D-030	EQ31-031		
31	T	20	13351	15	14510	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L32	EQ22-L32	EQ22-L32	SAUNP-D-031	EQ32-032		
32	U	10	3950	7	5155	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L33	EQ23-L33	EQ23-L33	SAUNP-D-032	EQ33-033		
33	V	16	5132	14	3767	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L34	EQ24-L34	EQ24-L34	SAUNP-D-033	EQ34-034		
34	W	22	15247	15	16870	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L35	EQ25-L35	EQ25-L35	SAUNP-D-034	EQ35-035		
35	X	1	5992	1	6592	0	ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L36	EQ26-L36	EQ26-L36	SAUNP-D-035	EQ36-036		
36	Y						ESUN=1(CI)FN=2(EI)D(0)	0	SNP-L37	EQ27-L37	EQ27-L37	SAUNP-D-036	EQ37-037		
37															

รูปที่ 3.4 แสดงสูตรการคำนวณด้วยวิธี CPM

3.5.2. การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการคำนวณ Cash flow

ในการคำนวณ Cash flow นี้เป็นการคำนวณสำหรับหายอดเงินเบิกเกินบัญชีในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งยอดเงินเบิกเกินบัญชีดังกล่าวจะต้องมีค่าไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีจำกัดภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์คือค่าใช้จ่ายโครงการน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ ในการคำนวณดังกล่าวมีตัวแปรและขั้นตอนดังนี้

Total Direct Cost	หมายถึง ค่าใช้จ่ายทางตรงของโครงการในแต่ละช่วงเวลา ในงานวิจัยนี้คือผลรวมของค่าใช้จ่ายทุกกิจกรรมในทุกๆช่วงเวลา ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 37
Total Cost	หมายถึง ค่าใช้จ่ายทางตรง + ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการในแต่ละช่วงเวลา งานวิจัยนี้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการในแต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 5% ของผลรวมของค่าใช้จ่ายทางตรงทั้งหมดหรือมีค่าเท่ากับ $263.975 \times 10^3 \text{ B/period}$ (Columns M2) และค่า Total Cost ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 38
Price	หมายถึง ราคาค่าก่อสร้างในแต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากับ Total Cost + กำไร (15% ของ Total Cost: Columns M3) ของแต่ละช่วงเวลา ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 39
Retainage	หมายถึง เงินประกันผลงานในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งในที่นี้คิด 10% (Columns M4) ของราคาค่าก่อสร้างแต่ละช่วงเวลา และได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 40
Cash In	หมายถึง กระแสเงินสดเข้าในแต่ละช่วงเวลา ในงานวิจัยนี้กระแสเงินสดเข้าใน period ที่ 1 มีค่าเป็นศูนย์ และใน period ที่ 2 มีค่าเท่ากับ ราคาก่อสร้าง period ที่ 1 + เงินประกันผลงาน period ที่ 1 ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 41
Cash Out	หมายถึง กระแสเงินสดออกในแต่ละช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ -Total Cost ในช่วงเวลานั้น และได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 42
Overdraft/Deposit	หมายถึง เงินเบิกเกินบัญชีหรือเงินฝากในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งใน period ที่ 1 มีค่าเท่ากับ Cash Out ในช่วงเวลานั้น และ period ที่ 2 = Net Cash flow ช่วงเวลาก่อนหน้า + Cash Out ใน period ที่ 2 ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 43

Interest Cost	หมายถึง ค่าดอกเบี้ยในแต่ละช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ ค่า Overdraft x อัตราดอกเบี้ย (12%: Columns M5) และได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 44
Total OD/Dep	หมายถึง ผลรวมของเงินเบิกเกินบัญชีกับค่าดอกเบี้ยในแต่ละช่วงเวลา และได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 45
Net Cash flow	หมายถึง ยอดกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละช่วงเวลา มีค่าเท่ากับ Cash In + Total OD/Dep ในแต่ละช่วงเวลา ได้แสดงสูตรคำนวณตามรูปที่ 3.5 ใน Row 46

	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
10	Cash Flow							
11	Activity Period	1	2	3	4	5	6	7
12	A	$=F(AD)X(1) - PI(1)X(1) - F(AD)X(1) - SP(1) - I(1)X(1)$						
13	B			$=F(AD)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$		$=F(AD)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$		
14	C							$=F(AD)ADS(1) - PI(1)ADS(1)$
15	D							$=F(AD)ADS(1) - PI(1)ADS(1)$
16	E							
17	F							
37	Total DC	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$	$=SUM(X)Z(3)$
38	Total Cost	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$
39	Price	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$	$=X(3) - I(1)X(3)$
40	Returnage	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$
41	Cash In	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$	$=F(AD)X(3) - PI(1)X(3) - F(AD)X(3) - SP(1) - I(1)X(3)$
42	Cash Out	$=X(3)$	$=X(3)$	$=X(3)$	$=X(3)$	$=X(3)$	$=X(3)$	$=X(3)$
43	Overdraft/Deposit	$=X(2)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$
44	Interest Cost	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$	$=F(X)Z(1) - PI(1)Z(1) - F(AD)Z(1) - SP(1) - I(1)Z(1)$
45	Total OD/Dep	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$	$=X(3) - X(4)$
46	Net Cash	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$	$=X(1) - X(2)$

รูปที่ 3.5 แสดงสูตรการคำนวณ Cash flow

3.5.3. การสร้างพื้นที่และสูตรสำหรับใช้ในการจัดสรรทรัพยากร

ในการสัมภาษณ์บริษัทที่เป็นสัญชาติไทยและต่างสัญชาติพบว่าในการจัดสรรทรัพยากรส่วนมากทำการจัดสรรโดยอาศัยสถิติของโครงการหรืองานที่มีลักษณะคล้ายกันหรือจากประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งในการจัดสรรทรัพยากรนั้นได้มีการกำหนดขอบเขตของการใช้ทรัพยากรโดยขอบเขตการใช้ทรัพยากรดังกล่าวได้มาจากข้อมูลของโครงการที่ผ่านมา

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการใช้ทรัพยากรโดยอ้างอิงจากการใช้ทรัพยากรของแผนงานปกติ และได้กำหนดข้อจำกัดของการใช้ทรัพยากรในแต่ละช่วงเวลา โดยให้มีจำนวนการใช้ทรัพยากรมากที่สุด (Limit R max) ไม่เกินจำนวนการใช้ทรัพยากรปกติ + ค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรทั้งโครงการ ตามรูปที่ 3.6 ใน Row 77 และจำนวนการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด (Limit R min) มีค่าไม่น้อยกว่าจำนวนการใช้ทรัพยากรปกติ - ค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรทั้งโครงการ ตามรูปที่ 3.6 ใน Row 76 ซึ่งค่าเฉลี่ยการใช้ทรัพยากรทั้งโครงการในโครงการนี้มีค่าเท่า 25 หน่วย ในส่วน Row 75 ค่า Sum คือผลรวมของการใช้ทรัพยากรทุกกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลา และค่า Sum ดังกล่าวควรมีค่าอยู่ระหว่างข้อจำกัดของการใช้ทรัพยากร ซึ่งในกรณีผลรวมของการใช้ทรัพยากรในแต่ละช่วงเวลามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าข้อจำกัดในการใช้ทรัพยากรส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายมากขึ้น (ตามรูปที่ 3.6 ใน Row 79) โดยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากับ ค่า Deference Resource x ค่าปรับการใช้ทรัพยากรเกินหรือน้อยกว่ากำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าปรับสำหรับการใช้ทรัพยากรเกินหรือน้อยกว่ากำหนดมีค่าเท่ากับ 5250 B/หน่วย/Period ตามข้อมูลของโครงการ

	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
48								
49	Activity/Period	1	2	3	4	5	6	7
50	A	20	20					
51	B			45	45	45	45	
52	C							45
53	D							25
54	E							
55	F							
75	Sum	20	20	45	45	45	45	70
76	Limit R Min	20	20	20	20	20	20	45
77	Limit R Max	45	45	70	70	70	70	95
78	Deference Resource	0	0	0	0	0	0	0
79	Resource Penalty Cost	0	0	0	0	0	0	0
80								

รูปที่ 3.6 แสดงข้อมูลการคำนวณของการจัดสรรทรัพยากร

3.5.4. การสร้างพื้นที่สำหรับข้อมูลเงื่อนไขการคำนวณเบื้องต้น

ในการกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นของแบบจำลองนี้ มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นในการคำนวณหาค่าต่างๆของโครงการ โดยประกอบไปด้วย ค่าปรับเนื่องจากงานล่าช้า ค่าใช้จ่ายทางตรง กำไร ค่าประกันผลงาน อัตราดอกเบี้ย และค่าปรับของการใช้ทรัพยากร

Delay 0.1%	3.825	$\times 10^6$	per period	Baht.
In direct cost	263.975	$\times 10^3$	per period	Baht.
mark-up	15%			
Retension	10%			
Interest rate	12%			
Resource Penalty	5250		per unit per period	

รูปที่ 3.7 แสดงเงื่อนไขเบื้องต้นสำหรับการคำนวณ

3.5.5. การสร้างพื้นที่แสดงผลทดสอบเบื้องต้น

การแสดงผลการทดสอบเบื้องต้น ได้ทำการแสดงผลการทดสอบในภาพรวมของโครงการตามที่แสดงในรูป 3.8 ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางตรงรวมของโครงการ (ใน column C2) ค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมของโครงการกับผลกำไร (ใน Column C3) เงื่อนไขฟังก์ชันข้อจำกัดด้านระยะเวลารวมของโครงการและยอดเงินเบิกเกินบัญชี (ใน Column E4, E5 ตามลำดับ) ผลลัพธ์ด้านระยะเวลารวมของโครงการและยอดเงินเบิกเกินบัญชี (ใน Column C4, C5 ตามลำดับ) ค่าปรับในการใช้ทรัพยากรรวม (ใน Column C6) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของโครงการ (ใน Column C7) และได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการดำเนินกิจกรรมแต่ละกิจกรรมพร้อมกับจำนวนการเลื่อนวันที่เริ่มต้นเร็วที่สุดของแต่ละกิจกรรมไว้ตามผลลัพธ์ในการทดสอบแต่ละครั้ง

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Total Direct Cost	211.18	x 10 ⁶	Baht.		
3		Total Indirect Cost+Mark up	43.82	x 10 ⁶	Baht.		
4		Proj. Duration	40	<=	40	Period	
5		Overdraft	20.795	<=	20	x 10 ⁶	Baht.
6		Resource Penalty	0	x 10 ⁶	Baht.		
7		Project Total Cost	255.00	x 10 ⁶	Baht.		
8							

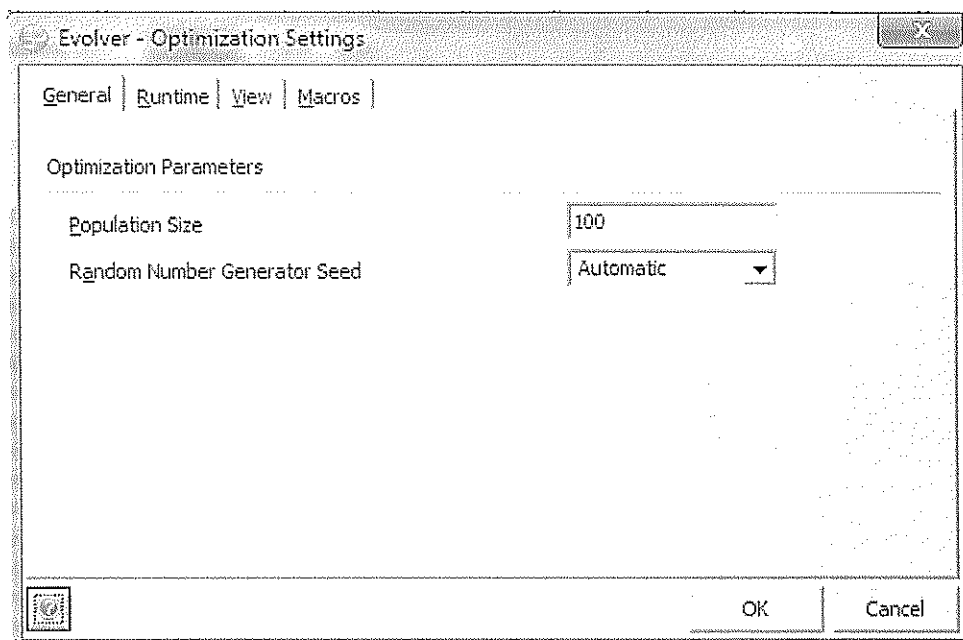
รูปที่ 3.8 แสดงผลการทดสอบและข้อจำกัดเบื้องต้นของแบบจำลอง

3.6. การตั้งค่าและกำหนดค่าต่างๆ ในโปรแกรม Evolver

การวิเคราะห์ด้วยวิธี GA ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม Evolver เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสม ซึ่งในโปรแกรมมีการตั้งค่าในการใช้งานแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

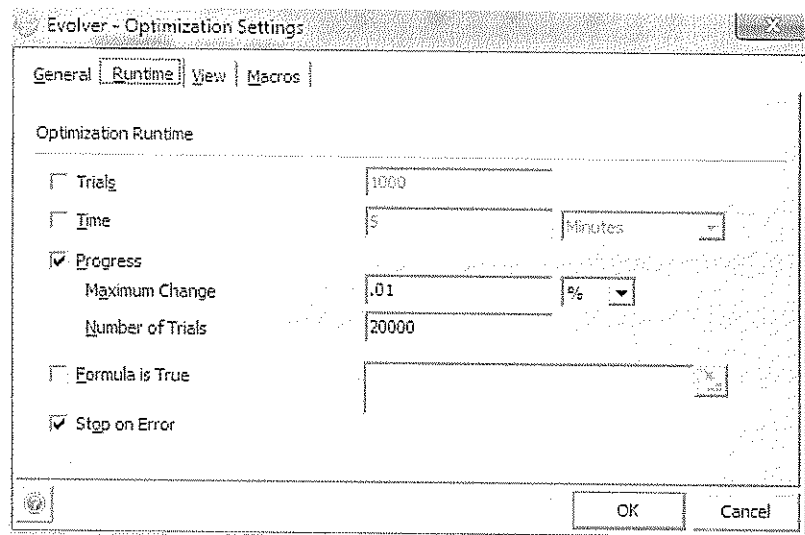
(ก) การตั้งค่าเพิ่มประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์แบบ GA

- การกำหนดขนาดประชากรให้มีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งการกำหนดค่าตัวเลขประชากรที่มากจะส่งผลให้ระยะเวลาในการให้ผลลัพธ์นานขึ้นแต่จะไม่มีผลต่อค่าผลลัพธ์ใดๆ จากนั้นได้กำหนดค่าอัตราการกลายพันธุ์ให้มีค่าอัตโนมัติ เพื่อค่าดังกล่าวได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือสอดคล้องกับอัตราการแลกเปลี่ยนยีนที่ 0.5 ตามรูปที่ 3.9



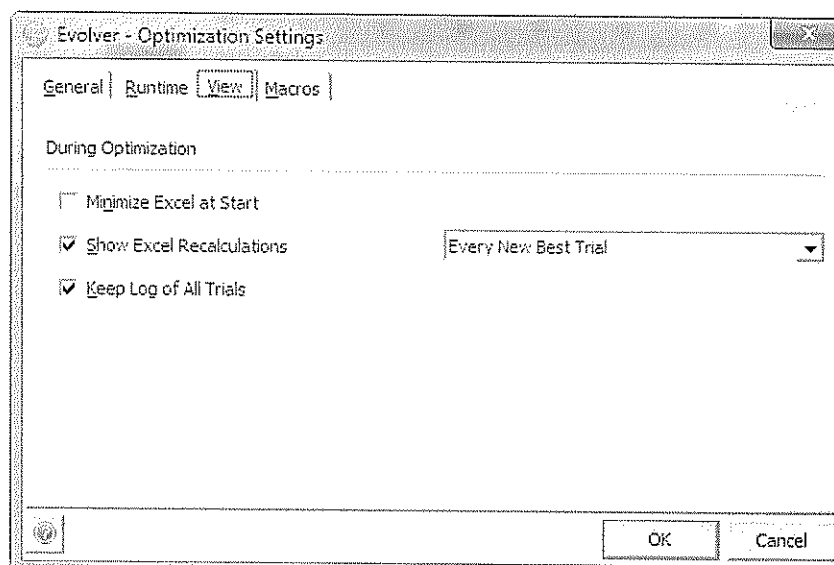
รูปที่ 3.9 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั่วไปของ โปรแกรม Evolver

- การกำหนดระยะเวลาการหาผลลัพธ์ ได้ทำการกำหนดให้หยุดการค้นหาค่าตอบของแบบจำลอง เมื่อค่าของผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 0.01% (Maximum Change) ภายในจำนวนรอบการค้นหา 20,000 รอบ (Number of Trials) และทำการหยุดเมื่อพบข้อผิดพลาด (Stop on Error) หรือไม่สามารถหาค่าได้ แสดงตามรูปที่ 3.10 เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหา



รูปที่ 3.10 แสดงการกำหนดระยะเวลาหรือเงื่อนไขในการหยุดการหาคำตอบของโปรแกรม Evolver

- การกำหนดพารามิเตอร์อื่นๆ ได้ทำการตั้งให้โปรแกรม Evolver แสดงค่าที่ดีที่สุดทุกรอบที่ทำการค้นหาคำตอบ และได้เก็บคำตอบทุกๆ รอบในการค้นหา ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการกำหนดค่าที่ต้องการให้แสดงของโปรแกรม Evolver

- (ข) การกำหนดค่าฟังก์ชันต่างๆ ในโปรแกรม Evolver ในการวิเคราะห์แบบจำลอง ได้แบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่
- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ Project Total Cost ได้กำหนดเป็น Minimum ในช่อง Optimization Goal โดยแสดงในรูปที่ 3.12
 - ตัวแปรตัดสินใจ คือ วิธีการก่อสร้างและการเลื่อนวันเริ่มกิจกรรม ซึ่งได้แสดงการกำหนดค่าในช่อง Adjustable Cell Range ตามรูปที่ 3.12
 - ข้อจำกัด คือ ระยะเวลารวมของโครงการและเงินเบิกเกินบัญชี ได้แสดงอยู่ในช่อง Constraints ตามรูปที่ 3.12

The screenshot shows the 'Evolver- Model' dialog box with the following settings:

- Optimization Goal:** Minimum
- Cell:** =C7
- Adjustable Cell Ranges:**

Minimum	Range	Maximum	Values
1 <=	=I12:I36 <=	2	Integer
0 <=	=K13:K36 <=	10	Integer
- Constraints:**

Description	Formula	Type
Total duration		
Overdraft	= 12 < \$C\$5 <= \$E\$5	Hard

รูปที่ 3.12 แสดงการกำหนดค่าฟังก์ชันต่างของแบบจำลอง

3.7. การทดสอบแบบจำลอง

จากที่ได้สร้างแบบจำลองและสำรวจเก็บข้อมูลของโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียม 12 ชั้น ในจังหวัดนครราชสีมา ได้ทำการแบ่งแยกกิจกรรมแต่ละกิจกรรมของโครงการได้จำนวน 25 กิจกรรม และนำกิจกรรมเหล่านั้นมาสร้างลำดับในการดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนการก่อสร้างดังแสดงตามรูปที่ 3.1 จากนั้นได้ทำการสร้างความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆให้อยู่ในรูปแบบของค่าใช้จ่ายรวมถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ซึ่งนำแบบจำลองที่สร้างได้มาทดสอบกับแผนงานปกติ พบว่าแผนงานปกติ มีค่าระยะเวลา (Duration) เท่ากับ 40 period (1 period = 15 วัน) มีค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีในแต่ละช่วงมากที่สุดเท่ากับ 20.795×10^6 ₪ และมีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่ากับ 255×10^6 ₪ แสดงตามรูปที่ 3.8 Column C5 และ C7 ตามลำดับ ในการดำเนินการทดสอบแบบจำลองได้ทำการทดสอบ โดยการปรับค่าระยะเวลารวมของโครงการลดลงทีละ 1 period จาก 40 period จนถึง 36 period ซึ่งในระยะเวลาแต่ละ period ได้ทำการปรับวงเงินเครดิตลดลงจาก 20×10^6 , 18×10^6 , 16×10^6 , 14×10^6 , 12×10^6 ₪ ตามลำดับ โดยในการทดสอบแต่ละค่าจะทำการทดสอบจำนวนค่าละ 5 รอบ โดยที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตและไม่เกินระยะเวลารวมของโครงการ

ในการศึกษาและเก็บข้อมูลผลทดสอบได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละรอบที่ทำการทดสอบ โดยค่าที่ทำการจัดเก็บ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของโครงการ วิธีการดำเนินกิจกรรมแต่ละกิจกรรม และค่าปรับจากการใช้ทรัพยากร เพื่อดูแนวโน้มข้อมูลดังกล่าวและความแตกต่างรูปแบบวิธีการดำเนินกิจกรรมเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้างแบบจำลองในการหาแผนงานที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิตและค่าใช้จ่ายรวมโครงการต่ำที่สุดนั้น ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้มีการพิจารณาเรื่อง ค่าใช้จ่ายระยะเวลา และการใช้ทรัพยากร จากนั้นได้ทำการแปลงค่าเหล่านั้นมาเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ และนำมาทดสอบกับโครงการก่อสร้างจริงที่ได้ทำการวางแผนงาน ซึ่งแผนงานดังกล่าวไม่พิจารณาถึงวงเงินเครดิตที่มีจำกัด ทำให้ยอดเบิกเกินบัญชีที่ได้จากแผนงานปกติมีค่า 20.795×10^6 ₪ และมีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่ากับ 255×10^6 ₪ ซึ่งยอดเบิกเกินบัญชีดังกล่าวอาจมีค่ามากเกินความจำเป็นได้ในการทดสอบแบบจำลองดังกล่าวเบื้องต้นพบว่าแบบจำลองมีความยืดหยุ่นน้อยเนื่องมาจากขอบเขตข้อจำกัดของการใช้ทรัพยากรมีผลต่อแบบจำลองมาก จึงได้ทำการขยายขอบเขตข้อจำกัดของการใช้ทรัพยากรให้มากขึ้นภายใต้เงื่อนไขการใช้ทรัพยากร

4.1. ผลลัพธ์จากการสัมภาษณ์การวางแผนงาน

งานวิจัยครั้งนี้ได้เริ่มต้นด้วยการสัมภาษณ์กระบวนการวางแผนงานกับบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างในประเทศไทย จำนวน 3 บริษัท ได้แก่ บริษัท แบล็คแอนด์ไวช (ประเทศไทย) จำกัด (สมสวรรค์ เลาหวิรภาพ, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) บริษัท ชินเทคคอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) (วิรพงษ์ ตั้งเบญจจาริกุล, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) และบริษัท 27 วิศวกรรม จำกัด (องอาจ พูลสุข, การสื่อสารระหว่างบุคคล, 25 มีนาคม 2553) ผู้ให้สัมภาษณ์ได้ให้ความเห็นจากมุมมองแต่ละท่านต่อปัญหาที่มีในการวางแผนงาน และโปรแกรมที่นิยมใช้ในการวางแผนงาน ได้แก่ Microsoft Project หรือ Primavera มาใช้สร้างแผนการทำงานเพื่อควบคุมและติดตามความคืบหน้าในการทำงานต่อไป จากการสัมภาษณ์บริษัทดังกล่าวในเรื่องเทคนิคและขั้นตอนที่ใช้ในการวางแผนงาน สรุปผลได้ว่าทุกบริษัทดังกล่าวได้ใช้เทคนิค Critical Path Method (CPM) ในการวางแผนงาน ซึ่งเป็นวิธีการวางแผนงานตามลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การก่อสร้างเสร็จสิ้นในเวลาสั้นที่สุดโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นปริมาณทรัพยากรและงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในการวางแผนงานลักษณะนี้ส่วนมากจะใช้

สถิติหรือประสบการณ์ของลักษณะงานที่คล้ายกันมาเป็นตัวกำหนดแผนงาน ทำให้แผนงานที่ได้มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและลำดับขั้นตอนการทำงานเท่านั้น ส่งผลให้แผนงานดังกล่าวไม่ครอบคลุมและตอบสนองความต้องการได้ ซึ่งแผนงานที่ได้ อาจทำให้ค่าใช้จ่ายโครงการสูงเกินความเป็นจริงและไม่เหมาะสมตามความต้องการได้

4.2. ผลลัพธ์จากการทดสอบ

ในการทดสอบแบบจำลองดังกล่าวได้ทำการตั้งสมมุติฐานในการทดสอบ เพื่อหาความสัมพันธ์ของยอดเงินเบิกเกินบัญชีภายใต้วงเงินเครดิตที่มีจำกัดกับค่าใช้จ่ายรวมและระยะเวลารวมของโครงการ โดยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบจำลองให้มีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการต่ำที่สุด ซึ่งในการทดสอบแบบจำลองได้ทำการกำหนดระยะเวลารวมของโครงการลงที่และทำการลดวงเงินเครดิตลงเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างวงเงินเครดิตกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการที่เกิดขึ้น จากนั้นได้ทำการปรับลดระยะเวลารวมของโครงการลงเพื่อดูความสัมพันธ์ของระยะเวลารวมของโครงการกับวงเงินเครดิต ซึ่งสามารถสรุปเป็นชุดในการทดสอบได้ 5 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงชุดข้อมูลการทดสอบ

ชุดข้อมูล	ค่าระยะเวลารวม (Duration)	ค่าวงเงินเครดิต (Credit limit)	จำนวนรอบทดสอบ
ชุดที่ 1	40period	$20 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	40period	$18 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	40period	$16 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	40period	$14 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	40period	$12 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
ชุดที่ 2	39period	$20 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	39period	$18 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	39period	$16 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	39period	$14 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	39period	$12 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
ชุดที่ 3	38period	$20 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	38period	$18 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ
	38period	$16 \times 10^6 \text{ B}$	5 รอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงชุดข้อมูลการทดสอบ (ต่อ)

ชุดข้อมูล	ค่าระยะเวลารวม (Duration)	ค่าวงเงินเครดิต (Credit limit)	จำนวนรอบทดสอบ
	38period	$14 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	38period	$12 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
ชุดที่ 4	37period	$20 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	37period	$18 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	37period	$16 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	37period	$14 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	37period	$12 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
ชุดที่ 5	36period	$20 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	36period	$18 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	36period	$16 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	36period	$14 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ
	36period	$12.5 \times 10^6 \text{B}$	5 รอบ

จากทำการทดสอบตามชุดข้อมูลดังกล่าวได้ทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชี วิธีการก่อสร้าง (Method Select) แต่ละกิจกรรมและจำนวนการเลื่อนวันเริ่มงานของแต่ละกิจกรรม (Shift) ตามตารางที่ 4.2 และภาคผนวก ก. ซึ่งในการทดสอบนี้ ได้ทำการพิจารณาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยแบ่งแยกความสัมพันธ์เป็น 3 ลักษณะ คือ

(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลารวมของโครงการกับยอดเงินเบิกเกินบัญชีเพื่อที่จะวิเคราะห์แนวโน้มของยอดเงินเบิกเกินบัญชีหรือวงเงินเครดิตส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการอย่างไร

(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมกับระยะเวลารวมของโครงการภายใต้วงเงินเครดิตต่างๆ เพื่อดูความสัมพันธ์ของระยะเวลารวมของโครงการส่งผลอย่างไรกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการและเป็นไปตามเทคนิค TCT หรือไม่ภายใต้เงื่อนไขของวงเงินเครดิตต่างๆ

(ค) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมกับยอดเงินเบิกเกินบัญชีเพื่อพิจารณาวิเคราะห์ยอดเงินเบิกเกินบัญชีส่งผลอย่างไรกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ

ซึ่งใน 3 ลักษณะดังกล่าวจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าวงเงินเครดิตส่งผลอย่างไรกับระยะเวลาโครงการและส่งผลอย่างไรกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ใช้วิธี GA ในการวิเคราะห์และได้ใช้โปรแกรม Evolver เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์งานวิจัยนี้เพื่อหาแผนงานที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีอยู่ซึ่งในการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆในการวิเคราะห์ด้วยวิธี GA สามารถกำหนดได้ดังนี้

- การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์โดยกำหนดให้เป็น Minimize Project Total Cost ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เก็บเป็นข้อมูลตามตารางที่ 4.2
- ตัวแปรตัดสินใจ ได้กำหนดวิธีการก่อสร้างและการเลื่อนวันเริ่มกิจกรรมเป็นตัวแปรตัดสินใจโดยวิธีการก่อสร้าง 1 เป็นการก่อสร้างแบบปกติ (Normal) วิธีการก่อสร้าง 2 เป็นการก่อสร้างแบบเร่งงาน (Crash)
- ข้อจำกัด ได้กำหนดระยะเวลารวมของโครงการและเงินเบิกเกินบัญชี ตามชุดข้อมูลที่แสดงอยู่ตารางที่ 4.1

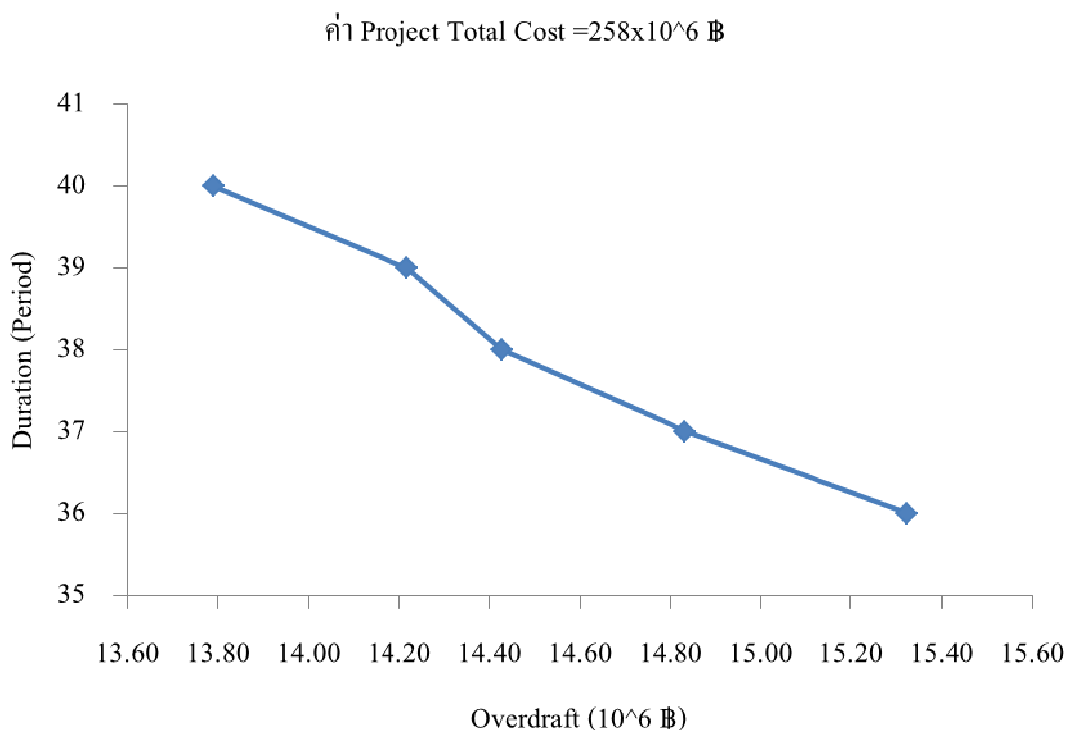
และมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพิ่มเติมได้แก่ ขนาดประชากรให้มีค่าเท่ากับ 100 เนื่องจากการกำหนดค่าตัวเลขประชากรที่มากนั้นจะส่งผลให้ระยะเวลาในการให้ผลลัพธ์นานขึ้นแต่จะไม่มีผลต่อค่าผลลัพธ์ที่ต้องการใดๆ (จากการทดสอบแบบจำลองโดยการปรับค่าขนาดประชากรเพิ่มขึ้นครั้งละ 200 แต่พารามิเตอร์อื่นๆ เป็นจำนวน 3 ค่า และทำการทดสอบแต่ละค่าจำนวน 5 รอบ) จากนั้นได้กำหนดค่าอัตราการกลายพันธุ์ให้มีค่าอัตโนมัติ เพื่อค่าดังกล่าวได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือสอดคล้องกับอัตราการแลกเปลี่ยนยีนที่ 0.5

Activity	ครั้งที่ 3				ครั้งที่ 4				ครั้งที่ 5			
	Select		Shift		Method		Select		Shift		Method	
	Shift	Select	Select	Shift	Select	Shift	Select	Select	Shift	Select	Select	Shift
A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
B	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
C	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
D	0	1	0	1	5	1	0	1	0	1	0	1
E	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
F	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
G	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
H	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
I	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
J	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
K	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
L	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
M	0	1	0	1	0	1	0	1	4	1	0	1
N	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
O	2	1	3	1	3	1	0	1	0	1	0	1
P	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบที่ Du = 40, OD = 20

จากการทดสอบความสัมพันธ์ทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิต-ระยะเวลารวมของโครงการ, ค่าใช้จ่ายรวม-ระยะเวลารวมของโครงการ, ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิต-ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ซึ่งสามารถสรุปผลในการทดสอบดังกล่าวแบ่งได้เป็น 3 กรณี ได้แก่

4.1.1. กรณีที่ 1 คือด้านค่าใช้จ่ายรวมโครงการคงที่ ตามรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าของยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีจำกัดส่งผลกับระยะเวลา รวมของโครงการ โดยที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีจำกัดมีค่าน้อยลง ทำให้ระยะเวลารวมของโครงการจะมีค่ามากขึ้นสังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4.1 ค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft) มีค่าประมาณ $14.2 \times 10^6 \text{฿}$ ค่าระยะเวลารวมโครงการ (Duration) มีค่าเท่ากับ 39period และค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft) มีค่าประมาณ $13.8 \times 10^6 \text{฿}$ ค่าระยะเวลารวมโครงการ (Duration) จะมีค่าเท่ากับ 40period ตามลำดับ เนื่องจากระยะเวลารวมของโครงการที่มากขึ้นทำให้แบบจำลองหรือแผนงานมีรูปแบบการกระจายของกิจกรรมได้มากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วงเวลามีความยืดหยุ่นมากขึ้นทำให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตในแต่ละช่วงเวลาลดน้อยลงด้วย

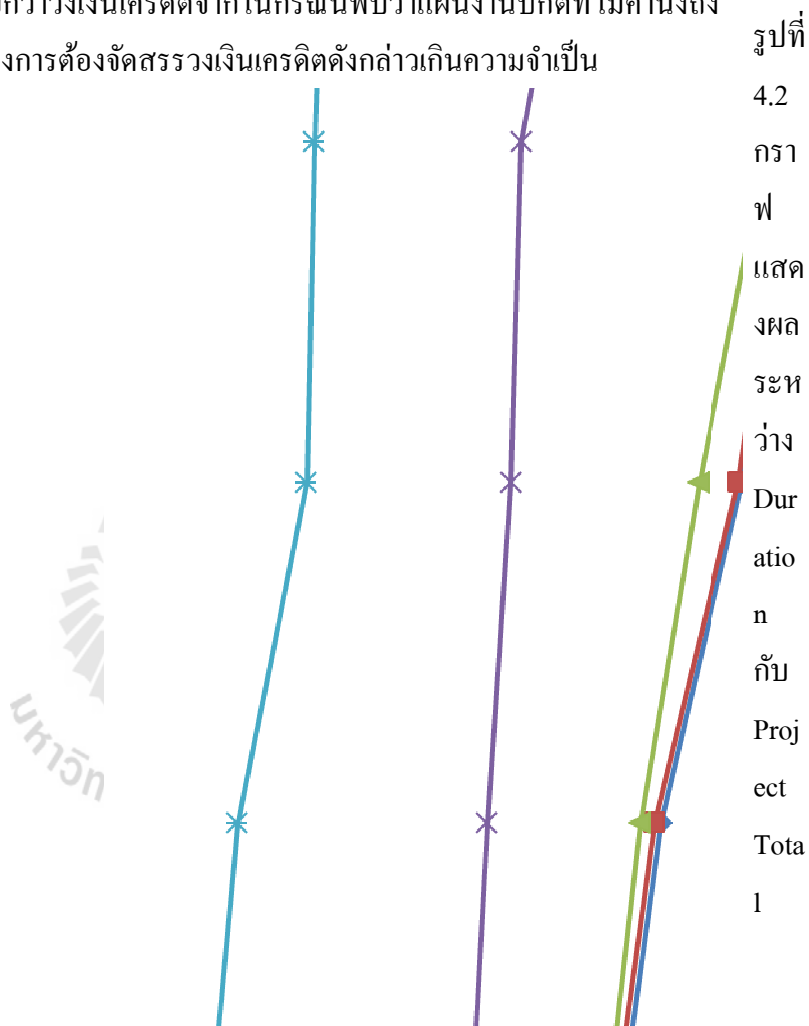


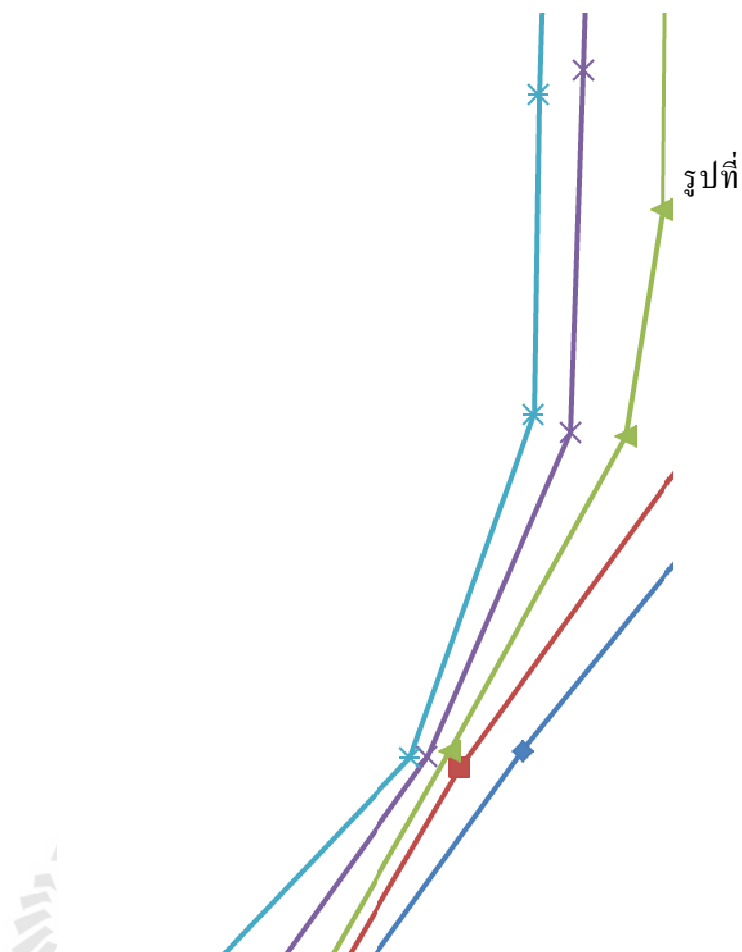
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลระหว่าง Overdraft และ Duration ที่ Project Total Cost = 258×10^6 ฿

4.1.2. กรณีที่ 2 ด้านระยะเวลาคงที่ รูปที่ 4.2 กราฟแสดงให้ทราบกรณีที่ระยะเวลาคงที่พบว่าวงเงินเครดิตส่งผลกับค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของโครงการ โดยที่วงเงินเครดิตมีค่าน้อยลงจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้นสังเกตได้จากกราฟรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของวงเงินเครดิตที่มีค่า 12×10^6 ฿ จะมีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการค่ามากที่สุด สาเหตุมาจากแบบจำลองมีการกระจายตัวของกิจกรรมที่ไม่มีผลกับยอดเงินเบิกเกินบัญชี และปรับช่วงที่มียอดเงินเบิกเกินบัญชีเกินวงเงินเครดิตโดยการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรม (Shift) และเปลี่ยนวิธีการก่อสร้างของกิจกรรมบางกิจกรรม เพื่อให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีในช่วงนั้นเวลาลดลง แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นนั้นมากจากการเลือกวิธีการดำเนินกิจกรรมบางกิจกรรมโดยการเร่งเวลาการทำงานส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการมากขึ้น

4.1.3. กรณีที่ 3 ด้านระยะเวลารวมโครงการคงที่และทำการปรับค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีลดลงถึงจุดๆหนึ่ง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าแผนงานปกตินั้นยังสามารถปรับเปลี่ยนแผนให้ได้ค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตลดลง โดยที่ไม่กระทบ

กับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ซึ่งพิจารณาได้จากกราฟรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าที่ระยะเวลารวมของโครงการเท่ากับ 40 period และปรับลดยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตลดลงปรากฏว่าค่าใช้จ่ายรวมของโครงการคงที่จนถึงค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีค่าประมาณ 15.6×10^6 บาทค่าใช้จ่ายรวมของโครงการจึงมากขึ้น เนื่องจากผลในการปรับเปลี่ยนนั้นแบบจำลองได้ทำการปรับเปลี่ยนโดยการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อกระจายค่าใช้จ่ายในช่วงเวลานั้นให้มียอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยกว่าวงเงินเครดิตจากในกรณีนี้พบว่าแผนงานปกติที่ไม่คำนึงถึงวงเงินเครดิตนั้นทำให้โครงการต้องจัดสรรวงเงินเครดิตดังกล่าวเกินความจำเป็น





4.3. อภิปรายผล

จากที่ทำการทดสอบแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลทั้ง 5 ชุดข้อมูล และนำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 5 ชุดดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมและเงินเบิกเกินบัญชีหรือวงเงินเครดิตที่มีจำกัด จากนั้นนำผลที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลารวมของโครงการกับเงินเบิกเกินบัญชี ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมกับระยะเวลารวมของโครงการภายใต้วงเงินเครดิต และความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมกับเงินเบิกเกินบัญชี ซึ่งนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาเขียนกราฟได้ตามรูปกราฟที่ 4.1, 4.2, 4.3 พบว่าค่าของยอดเงินเบิกเกินบัญชีหรือวงเงินเครดิตที่มีอยู่อย่างจำกัดส่งผลทางด้านค่าใช้จ่ายรวม และระยะเวลาของโครงการ โดยยอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยลงในขณะที่ระยะเวลาของโครงการคงที่ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายโครงการมากขึ้น เนื่องมาจากการกระจายกิจกรรมและเปลี่ยนวิธีดำเนินกิจกรรม (จาก Normal เป็น Crash) ในส่วนที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยลงและค่าใช้จ่ายโครงการคงที่ส่งผลให้ระยะเวลารวมโครงการมากขึ้นสาเหตุมาจากระยะเวลารวมโครงการมากขึ้นทำให้สามารถเลื่อนกิจกรรมในช่วงที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีเกินที่กำหนดได้มากขึ้นโดยไม่ส่งผลกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการและในงานวิจัยนี้ยังพบว่าโครงการที่นำมาทดสอบนั้นแผนงานปกติของ

โครงการดังกล่าวที่เกิดจากการวางแผนงานโดยไม่คำนึงถึงกระแสเงินสดหรือยอดเบิกเกินบัญชีไม่
เกินวงเงินเครดิตนั้น ยังสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนงานโดยไม่กระทบกับค่าใช้จ่ายรวม
ของโครงการและสามารถลดการจัดสรรวงเงินเครดิตที่สิ้นเปลืองลงได้ ดังนั้นในการวางแผนงานที่
ดีควรจะพิจารณายอดเงินเกินบัญชีหรือวงเงินเครดิตที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้แผนงานที่เหมาะสม
ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้เสนอสมการ โจทย์สำหรับการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมหลายวัตถุประสงค์แบบมีเป้าหมายชนิดจำนวนเต็ม (Multi-Objective Goal Programming and Integer Programming) การสร้างสมการ โจทย์ในงานวิจัยนี้ได้้นำเป้าหมายในการบริหารงานโครงการก่อสร้างอันได้แก่ ระยะเวลารวมของโครงการค่าใช้จ่ายรวมโครงการ เงินไขด้านความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแต่ละกิจกรรม และเงินไขด้านยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตมาใช้ในการสร้างสมการให้กับปัญหาการหาอัตราแลกเปลี่ยนระหว่างเวลาและต้นทุน (Time-Cost Trade-Off Problem) แบบจำลองที่สร้างจากสมการ โจทย์ในครั้งนี้ได้จะนำ มาใช้แก้ปัญหาโดยวิธีประมาณ (Approximate Methods) ด้วยวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม (Genetic Algorithms) และทำการทดสอบแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลารวมโครงการค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ และวงเงินเครดิตสำหรับใช้ในการวางแผนงานด้วยข้อมูลในการทำงานจริงในโครงการก่อสร้าง

จากการทำการทดสอบแบบจำลองในการวางแผนงานภายใต้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีจำกัดของโครงการนั้น พบว่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีมีผลกับระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเด็นดังนี้

- ประเด็นที่ 1 กรณีค่าใช้จ่ายโครงการคงที่ ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตมีค่าต่ำลงส่งผลให้ระยะเวลาของโครงการมากขึ้น (ตามรูปที่ 4.1) สาเหตุมาจากยอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยๆในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวให้กิจกรรมบางกิจกรรมต้องเลื่อนจึงทำให้ระยะเวลารวมโครงการมากขึ้น

- ประเด็นที่ 2 กรณีโครงการมีระยะเวลาจำกัด (Time Constraint) ยอดเงินเบิกเกินบัญชี (วงเงินเครดิต) มีค่าต่ำลงจะทำให้ต้นทุนของโครงการสูงขึ้น (ตามรูปที่ 4.2, 4.3) เนื่องจากยอดเงินเบิกเกินบัญชีมีค่าน้อยๆ แต่ระยะเวลารวมโครงการเท่าเดิมทำให้บางกิจกรรมต้องเร่งงานเพื่อมีการกระจายของกิจกรรมในช่วงเวลาที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีมากมีค่าลดลง

จากข้อสรุปดังกล่าวพบว่าแผนงานปกติจากโครงการที่นำมาทดสอบเป็นแผนงานที่ไม่ได้พิจารณาเรื่องยอดเงินเบิกเกินหรือวงเงินเครดิต ทำให้ต้องจัดสรรวงเงินเครดิตมากเกินไปจน

ซึ่งยอดเงินเบิกเกินบัญชีของแผนงานปกติมีค่าเท่ากับ 20.795×10^6 ₪ ที่ระยะเวลาตามสัญญา มีค่าเท่ากับ 40 period หรือประมาณ 20 เดือน และค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่ากับ 255×10^6 ₪ หากพิจารณาจากกราฟรูปที่ 4.3 นั้นถ้าต้องการระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่าเดิมแผนงานปกตินี้สามารถปรับแก้และทำให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีลดลงเหลือประมาณ 16×10^6 ₪ ซึ่งจะลดการจัดสรรวงเงินเครดิตลงได้ประมาณ 4×10^6 ₪ ดังนั้นในการวางแผนงานโดยไม่คำนึงถึงยอดเงินเบิกเกินบัญชีหรือวงเงินเครดิต ทำให้จัดสรรเงินทุนหมุนเวียนมากเกินไปจนเกินไปและเป็นและส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

จากผลการทดสอบแบบจำลองที่ผ่านในงานวิจัยนี้พบว่า การวางแผนงานที่ดีนั้นควรจะพิจารณาเรื่องวงเงินเครดิตที่มีจำกัดของโครงการประกอบในการวางแผนงานด้วย ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์หาแผนงานที่เหมาะสมของโครงการได้ เช่น ถ้าโครงการต้องการให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จเร็วขึ้นจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเท่าใดและมีวงเงินเครดิตที่เหมาะสมเท่าใด เพื่อที่จะจัดสรรวงเงินได้อย่างถูกต้อง หรือปรับแก้แผนงานให้มีวงเงินเครดิตตามที่ต้องการหรือที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม

5.2. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยนี้ได้เน้นไปที่การสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในกระบวนการวางแผนงานด้านระยะเวลาสำหรับโครงการก่อสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับประเด็นด้านวงเงินเครดิตที่มีอยู่อย่างจำกัดของโครงการ ทำให้ไม่ได้ทำการวิจัยในเชิงลึกถึงประเด็นด้านการใช้ทรัพยากรที่เด่นชัดทั้งในเรื่องประเภทแรงงาน และข้อจำกัดของตัวแบบจำลองซึ่งอยู่เกินขอบเขตงานวิจัยนี้อีกประเด็นคือ เนื่องจากบริษัทที่นำมาทดสอบเป็นบริษัทขนาดใหญ่มีโครงการก่อสร้างหลายโครงการ ดังนั้นการที่วิเคราะห์แผนงานโครงการภายใต้วงเงินเครดิตที่มีจำกัดทุกโครงการควรพิจารณาพร้อมกัน ซึ่งจะ เป็นประเด็นสำหรับงานวิจัยในอนาคตต่อไป

ในการวางแผนงานโครงการ ควรพิจารณาทั้งค่าใช้จ่าย ระยะเวลา และทรัพยากร สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยในการวางแผนงานที่ดี ดังนั้นการจะวางแผนงานให้เหมาะสมและครอบคลุมทุกปัจจัยขึ้นอยู่กับความต้องการและวัตถุประสงค์ ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมการบริหารงานด้านการวางแผนงานอยู่มาก เช่น โปรแกรม (Microsoft Project) หรือ โปรแกรม Primavera จึงควรเลือกตามความเหมาะสม และงานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อในด้านการวางแผนด้านกระแสเงินสดในโครงการก่อสร้างเพื่อให้โครงการสามารถจัดการบริหารกระแสเงินสดของโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

รายการอ้างอิง

- หทัยจรี แสงประดิษฐ์, (2546). การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดทำแผนงานที่มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำ. การศึกษาโครงการเฉพาะเรื่อง วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม และการบริหารการก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 12-29.
- Elazouni, A.M., and Gad-Allah, A.A. (2004). **Finance-based scheduling of construction project using integer programming.** *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130, No. 1, 15-24.
- Elazouni, A.M., and Metwally, F.G. (2005). **Finance-based scheduling: Tool to Maximize Project Profit Using Improve Genetic Algorithms.** *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 131, No. 4, 400-412.
- Evolver: Genetic Algorithm Optimization Software for Excel-Palisade [Online]. Available: <http://www.palisade.com/evolver>
- Hegazy, T., and Ersahin, T. (2001). **Simplified spreadsheet solutions .II: overall schedule optimization.** *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 127, No. 6, 469-475.
- Shu-Shun Liu, Chang-Jung Wang. (2008). **Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization.** *Automation in Construction* 17 (2008), 966-974.



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์

ตัวอย่างข้อมูลการสัมภาษณ์

ส่วนข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....
2. ตำแหน่ง.....
3. ประสบการณ์ทำงาน.....
4. ชื่อองค์กร.....
5. ที่ตั้งโครงการก่อสร้าง.....
6. ลักษณะงานที่ทำ.....
7. จำนวนบุคลากรในโครงการ.....
8. ระดับมูลค่าของงาน.....

ขั้นตอนด้านการวางแผนงาน

1. มีการใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการวางแผนงานหรือไม่
 มี โปรแกรม Primavera
 Microsoft Project
 Microsoft Excel
 ไม่มี
2. ขั้นตอนการจัดการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการวางแผนงาน ใช้ข้อมูลจากแหล่งใดบ้าง (เรียงลำดับตามความสำคัญ 1 สำคัญมาก)
 แบบก่อสร้าง รายการประกอบแบบ
 รายการประมาณราคา (BOQ) สัญญาก่อสร้าง
 การตรวจสภาพหน้างาน อื่นๆ.....

3. มีการแบ่งโครงสร้างรายงานออกเป็นส่วนย่อยๆ(WBS) ในขั้นตอนการวางแผนงานหรือไม่

มี มีระบบมาตรฐานในการทำ WBS หรือไม่ อย่างไร

.....

มีการใช้ BOQในการทำ WBS หรือไม่ อย่างไร

.....

ไม่มี

4. มีการกำหนดตำแหน่งหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรของการวางแผนงาน ในแต่ละกิจกรรมหรือไม่หรือไม่

มี กำหนดอย่างไร.....

ไม่มี

5. การประมาณระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในโครงการใช้ข้อมูลด้านใดบ้าง

แบบก่อสร้าง รายการประกอบแบบ

ข้อมูลภาคสนาม โครงสร้างรายงาน (WBS)

รายการปริมาณงาน (BOQ) สัญญาก่อสร้าง

ประสบการณ์การทำงาน สถิติข้อมูลโครงการที่ผ่านมา

6. หลังจากกำหนดระยะเวลาแล้วเสร็จทุกกิจกรรมหาระยะเวลาสิ้นสุดโครงการเกินหรือน้อยกว่าสัญญามีการปรับแก้ระยะเวลาอย่างไร

.....

.....

จะส่งผลกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหรือไม่

ส่งผล อย่างไร.....

ไม่ส่งผล

7. มีการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมอย่างไรบ้าง
แบบปกติ

- [] FS (Finish to Start) [] SS (Start to Start)
[] SF (Start to Finish) [] FF (Finish to Finish)

แบบพิเศษ

- [] Overlapping [] Delaying

8. ในการวางแผนงานมีการจัดสรรทรัพยากรลงในแต่ละกิจกรรมหรือไม่

- [] มี อย่างไร.....
 มีการกำหนดจำนวนทรัพยากรสูงสุดที่ใช้ได้.....

[] ไม่มี

ในการวางแผนงานการใช้ทรัพยากรมีการแยกชนิดของทรัพยากรของแต่ละกิจกรรมหรือไม่ (ทรัพยากร แรงงาน, วัสดุ, เครื่องจักร)

- [] มี ทรัพยากรใดบ้าง.....
 วางแผนอย่างไร.....

[] ไม่มี

9. ในการจัดสรรทรัพยากรมีการปรับระดับการใช้ทรัพยากร(Resource leveling)หรือไม่

- [] มี โดย [] Minimum moment
 [] Trial and error
 [] อื่นๆ.....
[] ไม่มี

- ถ้ามีการใช้ทรัพยากรเกินกว่าระดับจะทำการปรับแก้แผนงานอย่างไรและส่งผลกับแผนงานหรือไม่.....

10. ในการวางแผนงานมีการแบ่งแยกต้นทุนของแต่ละกิจกรรมหรือไม่
- [] มี แบ่งตาม [] BOQ
[] การประมาณราคาใหม่
- [] Budget ของโครงการ (ได้จากอะไร.....)
- [] ไม่มี
11. การวางแผนงานมีการคำนึงถึง Cash Flow ของโครงการหรือไม่ (ก่อนการเริ่มงาน)
- [] มี อธิบาย.....
ค่าใช้จ่ายที่นำมาคิดมาจากข้อมูลใด.....
มีค่าใช้จ่ายอะไรบ้าง.....
- [] ไม่มี
12. มีการจัดเตรียมแผนงานหลายๆชุด (Scenarios) โดยกำหนดทางเลือกสำหรับวิธีการก่อสร้างของแต่ละกิจกรรมไว้หลายๆวิธี เพื่อนำแผนงานเหล่านี้มาเปรียบเทียบและคัดเลือกแผนที่ดีที่สุดหรือไม่
- [] มี อธิบาย.....
.....
- [] ไม่มี



ภาคผนวก ข

ผลลัพธ์จากการทดสอบข้อมูล

ข้อมูล: $D_n = 40, CR = 20$

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift
A	1		1		1		1		1	
B	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	0	1	0	1	5	1	0
E	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
F	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
M	1	0	1	0	1	0	1	0	1	4
N	1	0	1	2	1	0	1	1	1	0
O	1	0	1	5	1	2	1	3	1	0
P	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
R	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	0	1	0	1	0	1	4
X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Y	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean										
OD	19.362		18.175		19.618		18.938		19.902	
RP	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
PTC	255.000		255.000		255.000		255.000		255.000	

ตาราง



ข้อมูลที Du = 40, CR = 18

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
E	1	4	1	0	1	0	1	0	1	0
F	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
M	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
N	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
O	1	0	1	3	1	0	1	0	1	0
P	1	2	1	0	1	3	1	5	1	2
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
R	1	0	1	4	1	0	1	0	1	0
S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Y	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean										
OD	17,960		17,461		16,822		16,822		17,917	
RP	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
PTC	255,000		255,000		255,000		255,000		255,000	

ข้อมูลที Dn = 40, CR = 16

Activity	กรณี 1		กรณี 2		กรณี 3		กรณี 4		กรณี 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	1		1		1		1		1	
B	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
E	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
F	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
M	1	0	1	0	1	1	1	0	1	2
N	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0
O	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
P	1	5	1	5	1	5	1	5	1	4
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
R	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
X	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Y	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean	15.739		15.507		15.630		15.379		15.891	
RP	0.105		0.079		0.105		0.053		0.105	
PTC	255.105		255.079		255.116		255.052		255.105	

ตาราง



ข้อมูลที่มี $Dm = 40, CR = 14$

Activity	วิธีที่ 1		วิธีที่ 2		วิธีที่ 3		วิธีที่ 4		วิธีที่ 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	1		1		1		1		1		1	
B	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
C	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
E	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
F	1	1	1	2	2	0	1	0	1	0	2	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	2	1	1	0
K	1	1	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
L	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0
M	1	1	1	2	1	0	1	0	1	2	1	0
N	1	2	1	3	1	0	1	0	1	4	1	4
O	1	3	1	0	1	0	1	3	1	2	1	0
P	1	3	1	4	1	3	1	3	1	5	1	2
Q	1	0	1	0	1	0	1	2	1	0	1	1
R	1	5	1	2	1	0	1	0	1	0	1	2
S	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
U	1	1	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
X	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0
Y	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean												
OD	13,988		13812		13874		13947		13972		13918	
RP	0446		0420		0347		0525		0399		0427	
PTC	258,866		257,133		257,784		257,012		257,837		257,727	



ข้อมูลที Dn = 40, CR = 12

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift
A	1		1		2		2		2	
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1
E	1	2	1	3	1	0	1	1	1	3
F	1	3	1	0	1	1	1	4	1	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
I	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
J	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	2	1	1	0	1	0
L	1	4	1	2	1	5	1	5	1	2
M	1	4	1	3	1	4	1	3	1	0
N	1	3	1	0	1	0	1	1	1	3
O	1	0	1	0	1	4	1	4	1	0
P	1	3	1	3	1	1	1	2	1	4
Q	1	0	1	5	1	0	1	1	1	1
R	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
S	1	0	1	0	1	2	1	0	1	3
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	0	1	2	1	0	1	5
X	1	2	1	0	1	0	1	2	1	1
Y	1	0	1	0	2	0	2	0	1	0
Mean										
OD	11,950		11,979		11,903		11,709		11,983	
RP	1.145		1.465		1.397		1.365		1.790	
PTC	260,483		260,804		261,252		260,645		259,312	

ตาราง



ข้อมูล D_{ij} = 39, CR = 20

Activity	กรณี 1		กรณี 2		กรณี 3		กรณี 4		กรณี 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	1		1		1		1		1		1	
B	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	5	1	1	1	1	0	1	1	1
E	1	0	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1
F	1	0	1	0	1	3	1	0	1	1	1	1
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
M	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	3
N	1	0	1	2	1	0	1	0	1	1	1	0
O	1	0	1	4	1	3	1	1	1	1	1	1
P	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Q	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
R	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
S	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
W	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2
X	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
Y	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean												
OD	19,711		18,230		19,591		19,483		19,805		19,364	
RP	0,000		0,000		0,053		0,000		0,053		0,021	
PTC	255,491		235,491		255,712		255,608		255,712		255,603	

ตาราง

ข้อมูลที Du = 39, OD = 18

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	5	1	0	1	5	1	0	1	0
E	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
F	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
G	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
M	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
N	1	5	1	0	1	0	1	0	1	4
O	1	5	1	0	1	0	1	0	1	0
P	1	0	1	4	1	2	1	3	1	0
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2
R	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
S	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
T	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
X	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Y	2	0	1	0	1	0	1	0	2	0
OD	17,752	16,779	17,904	17,879	17,883	17,879	17,883	17,619		
RP	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021		
PTC	255,596	255,828	255,660	255,608	255,491	255,637				

ข้อมูลที Du = 39, CR = 16

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift
A	1		1		1		2		1	
B	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
E	1	0	1	0	1	5	1	1	1	0
F	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
M	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
N	1	2	1	0	1	0	1	1	1	2
O	1	0	1	0	1	3	1	0	1	0
P	1	5	1	4	1	4	1	3	1	4
Q	1	0	1	0	1	0	1	5	1	0
R	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
S	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	2	1	1	1	0	1	0
W	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
X	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
Y	2	0	2	0	1	0	1	0	2	0
Mean										
OD	15.379		16.000		15.795		15.724		15.476	
RP	0.053		0.158		0.105		0.394		0.053	
PTC	255.543		256.560		255.765		255.898		255.543	

ตาราง



ข้อมูลที่มี Du = 39, CR = 14

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	1			1			1			1		
B	2	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
C	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
D	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
E	1	3	1	0	1	0	1	0	1	5	1	0
F	1	1	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0
G	1	0	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
N	1	0	1	4	1	5	1	5	1	0	1	4
O	2	3	1	0	1	1	1	1	1	0	1	2
P	1	5	1	3	1	5	1	5	1	2	1	4
Q	1	0	1	2	1	3	1	3	1	1	1	0
R	2	5	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0
S	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
W	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
X	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
Y	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean												
OD	13.725		13.830		13.808		13.834		13.879		13.815	
RP	0.961		0.399		0.568		0.525		0.399		0.530	
PTC	258.069		258.328		258.633		258.623		258.549		258.440	



ข้อมูล Du = 39, CR = 12

Activity	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	2		1		1		2		1	
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	1	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1
E	1	0	1	0	1	3	1	3	1	0
F	1	4	1	4	2	1	1	1	0	4
G	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
H	2	0	2	0	1	0	1	1	2	0
I	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	2	1	3	1	3	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	1	1	0	1	0	1	1	1	2
M	1	4	1	5	1	4	1	4	1	0
N	1	0	1	0	1	4	1	4	1	0
O	1	0	1	0	1	0	1	2	1	3
P	1	5	1	5	1	5	1	4	1	5
Q	1	1	1	3	1	4	1	2	1	3
R	1	0	1	3	1	0	1	1	1	2
S	1	3	1	1	1	0	1	3	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
U	1	0	1	0	2	5	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	4	1	3	1	2	1	4	1	5
X	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Y	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
Mean										
OD	11,801		11,826		11,977		11,992		11,803	
RP	1,192		1,019		1,328		1,318		2,084	
PTC	259,322		260,054		263,221		260,294		260,201	
										260,618



ตาราง

ข้อมูล Dn = 38 CR = 20

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select/Shift	Method	Select/Shift	Method	Select/Shift	Method	Select/Shift	Method	Select/Shift
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
C	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0
D	1	5	1	1	1	0	1	0	1	5
E	1	0	1	5	1	5	1	5	1	0
F	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	2	1	1	1	0	1	0	1	4
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	0	1	2	1	1	1	0
M	1	0	1	4	1	2	1	0	1	3
N	1	0	1	0	1	0	1	0	1	3
O	1	2	1	0	1	5	1	4	1	0
P	1	2	1	1	1	0	1	0	1	1
Q	1	0	1	0	1	0	1	2	1	0
R	1	2	1	1	1	0	1	1	1	0
S	1	2	1	1	1	0	1	1	1	3
T	1	0	1	1	1	0	1	1	1	2
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	2	1	0	1	0	1	0	1	2
W	1	2	1	1	1	0	1	2	1	2
X	1	2	1	1	1	2	1	2	1	0
Y	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
Mean										
OD	19.568		19.861		19.502		19.489		19.119	19.506
RP	0.000		0.000		0.000		0.000		0.035	0.011
PTC	256.106		256.151		256.106		256.106		256.159	256.126

ตาราง



ข้อมูลที Du = 38, CR = 18

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
B	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
C	2	0	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
D	1	0	1	1	1	2	1	0	1	0	1	0
E	1	4	1	3	1	4	1	5	1	4	1	4
F	1	2	1	1	1	0	1	2	1	2	1	2
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	4	1	1	1	1	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	2	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
M	1	0	1	1	1	4	1	0	1	0	1	1
N	1	4	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
O	1	0	1	0	1	0	1	5	1	2	1	2
P	1	0	1	4	1	3	1	1	1	1	1	3
Q	1	4	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0
R	1	0	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
S	1	0	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
T	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
W	1	0	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2
X	1	2	1	1	1	0	1	2	1	2	1	2
Y	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Mean												
OD	17.672		17.243		16.556		17.340		16.689		17.100	
RP	0.000		0.000		0.079		0.000		0.000		0.016	
PTC	256.106		256.268		256.244		256.106		256.106		256.166	

ข้อมูลที่มี $D_n = 38, CR = 16$

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	1	1	1	1	1	1	2			1
B	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	1	0	1	0	1	0	2	0
D	1	0	1	0	1	1	1	2	1	1
E	1	4	1	0	1	5	1	5	1	5
F	1	4	1	0	1	1	1	4	1	3
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	2	0	1	0	1	0	1	1
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
L	1	0	1	1	1	0	1	0	1	2
M	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
N	1	0	1	2	1	5	1	5	1	3
O	1	4	1	0	1	2	1	4	1	0
P	1	4	1	4	1	0	1	0	1	3
Q	1	2	1	0	1	3	1	0	1	0
R	1	2	1	0	1	1	2	5	1	0
S	1	2	1	0	1	0	1	2	1	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
W	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2
X	1	2	1	0	1	1	1	2	1	1
Y	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0
Mean										
OD	15.568		15.446		15.996		15.876		15.945	15.766
RP	0.053		0.053		0.184		0.131		0.105	0.105
PTC	256.159		256.152		256.335		257.065		257.175	256.577

การ



ข้อมูลที่มี $n = 38$, $CR = 14$

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
B	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	0	1	0	1	1	1	0	1	2
E	1	5	1	2	1	2	1	1	1	0
F	1	2	2	1	1	5	1	4	1	2
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	2	1	0	2	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	2	0	1	0	1	1	1	0	1	0
L	1	2	1	1	1	0	1	0	1	0
M	1	4	1	0	1	1	1	4	1	0
N	1	1	1	5	1	0	1	0	1	2
O	1	0	1	1	1	5	1	0	1	4
P	1	2	1	3	1	3	1	5	1	5
Q	2	0	1	0	1	5	1	2	1	0
R	1	0	1	1	1	5	1	0	1	2
S	1	0	1	1	1	0	1	2	1	0
T	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	2	1
V	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
W	1	0	1	2	1	5	1	2	1	0
X	1	2	1	2	2	0	1	2	1	0
Y	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
Mean										
OD	13.967	13.772	13.958	13.954	13.939	13.914				
RP	0.236	0.446	0.704	0.236	0.278	0.380				
PTC	257.803	258.990	259.410	258.004	258.525	258.546				



จัดเกณฑ์ Dm = 38, CR = 12

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	2		2		2		2		2		2	
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
F	1	0	1	1	1	4	1	0	1	0	1	4
G	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
H	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0
I	1	0	1	2	1	2	1	2	1	1	1	0
J	2	3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
M	1	1	1	1	0	1	0	1	3	1	1	4
N	1	0	1	4	1	3	1	2	1	2	1	5
O	1	5	1	0	1	4	1	0	1	0	1	0
P	1	5	1	4	1	4	1	5	1	5	1	3
Q	1	5	1	2	1	0	1	4	1	4	1	0
R	1	2	1	0	1	0	1	3	1	3	1	0
S	1	1	1	5	1	2	1	0	1	0	1	1
T	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
W	1	4	1	4	1	4	1	5	1	5	1	0
X	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	4
Y	2	0	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0
OD	11,993		11,930		11,990		11,998		11,878		11,958	
RP	1,108		1,344		0,798		1,428		1,003		1,136	
PTC	260,693		260,017		260,338		261,116		261,338		260,700	
Mean												

ตาราง



ข้อมูล $n = 37$, $CR = 20$

Activity	กรณี 1		กรณี 2		กรณี 3		กรณี 4		กรณี 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
B	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0
C	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0
D	1	0	1	1	1	4	1	1	1	1
E	1	5	1	2	1	0	1	5	1	5
F	1	2	1	1	1	4	1	5	1	5
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	2	1	1	1	1	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0
K	1	2	1	2	1	1	1	5	1	1
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
M	1	0	1	4	1	1	1	0	1	4
N	1	3	1	1	1	5	1	0	1	0
O	1	1	1	3	1	0	1	1	1	2
P	1	0	1	0	1	3	1	0	1	2
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
R	1	3	1	0	1	1	1	3	1	2
S	1	2	1	3	1	3	1	3	1	2
T	1	0	1	2	1	1	2	4	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	2	1	0	1	0	1	2	1	0
W	1	0	1	0	1	3	1	0	1	4
X	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Y	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
Mean										
OD	19.174	18.955	18.769	19.926	19.729	19.311				
RP	0.000	0.053	0.042	0.158	0.289	0.108				
PTC	256.597	256.812	256.757	257.809	256.900	256.975				

ตาราง

ข้อมูลด้าน = 37, CR = 18

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		
	Method	Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift	Method Select	Shift
A	2		1		2		2		2		2
B	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0	2
C	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1
D	1	2	1	0	1	2	1	2	1	2	1
E	1	4	1	2	1	4	1	5	1	5	1
F	1	5	1	2	1	4	1	2	1	4	1
G	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0
H	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1	5
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
J	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0
K	1	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0
L	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2	2
M	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
N	1	2	1	0	1	5	1	0	1	0	0
O	1	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1
P	1	3	1	2	1	3	1	2	1	3	1
Q	1	1	1	4	1	1	1	1	3	1	0
R	1	4	1	0	1	0	1	0	1	0	0
S	1	0	1	2	1	3	1	2	1	1	1
T	1	2	1	0	1	1	1	0	1	0	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
V	1	3	1	2	1	1	1	2	1	0	0
W	1	4	1	2	1	3	1	2	1	3	3
X	1	3	1	2	1	1	1	2	1	0	0
Y	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0	0
Mean											
OD	17.874		17.926		17.997		17.923		17.907		17.925
RP	0.368		0.000		0.042		0.026		0.210		0.129
PTC	257.942		256.597		256.815		256.682		257.203		257.048



ข้อมูลที่มี $n=37, CR=16$

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift	Method	Shift
A	1		1		1		1		1	
B	2	0	1	0	2	0	1	0	1	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	5	1	0	1	5	1	0	1	2
E	1	1	1	5	1	1	1	5	1	5
F	1	5	1	4	1	5	1	4	1	4
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
L	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
M	1	0	1	1	1	2	1	2	1	2
N	1	0	1	0	1	3	1	0	1	0
O	1	4	1	2	1	0	1	0	1	1
P	1	3	1	4	1	5	1	3	1	4
Q	1	2	1	4	1	0	1	4	1	5
R	1	1	1	0	1	2	1	0	1	0
S	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	2	0	2	4
V	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
W	1	2	1	2	1	3	1	1	1	2
X	1	0	1	2	1	1	1	0	1	0
Y	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
Mean										
OD	15.546		15.940		15.959		15.773		15.733	
RP	0.053		0.053		0.105		0.284		0.310	
PTC	257.613		256.650		256.871		257.373		257.458	



ข้อมูลด้าน = 37, CR = 14

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	1		2		2		1		1	
B	2	0	2	0	2	0	1	0	2	0
C	2	0	1	0	1	0	2	0	2	0
D	1	1	1	2	1	2	1	0	1	1
E	1	4	1	4	1	5	1	4	1	5
F	1	3	1	2	1	2	1	2	1	5
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	2	1	1	0	2	0	1	0	2	1
I	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
L	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2
M	1	4	1	3	1	2	1	2	1	4
N	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
O	1	3	1	0	1	4	1	0	1	0
P	1	5	1	4	1	4	1	5	1	3
Q	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
R	1	3	2	5	1	1	1	4	1	0
S	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
W	1	3	1	0	1	2	1	3	1	3
X	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1
Y	1	0	2	0	2	0	2	0	1	0
Mean			13.850		13.908		13.750		13.919	
OD	13.998		13.850		13.908		13.750		13.919	
RP	0.630		0.473		0.368		0.383		0.473	
PTC	259058		258.473		258.685		258.881		258.901	
										258.800

ตาราง



ข้อมูล TDM=37, CR= 12

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	2		2		2		2		2	
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
E	1	0	1	1	1	5	1	0	1	0
F	1	4	1	0	1	0	1	0	1	4
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	2	0	1	0	2	0	1	0	2	0
I	1	0	2	0	1	2	2	1	1	2
J	1	2	1	2	1	0	2	2	1	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2
M	1	5	1	2	1	5	1	5	1	5
N	1	4	1	0	1	0	1	0	1	1
O	1	0	1	2	1	5	1	1	1	0
P	1	5	1	5	1	5	1	5	1	4
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	4
R	1	0	1	4	1	2	1	4	1	2
S	1	3	1	3	1	0	1	2	1	0
T	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
W	1	3	1	5	1	4	1	5	1	3
X	1	4	1	0	1	2	1	1	1	2
Y	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
Mean										
OD	11.856		11.997		11.993		11.999		11.872	
RP	0.956		2.720		1.066		1.675		0.950	
PTC	260.987		262.104		261.097		261.972		260.981	

ตาราง



ข้อมูลที่ Du = 36, CR = 20

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	2		2		2		1		1	
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
D	1	2	1	2	1	2	1	1	1	5
E	1	4	1	4	1	4	1	4	1	0
F	1	4	1	4	1	5	1	5	1	5
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
J	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
K	1	0	1	0	1	5	1	1	1	1
L	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
M	1	1	1	0	1	0	1	4	1	2
N	1	4	1	5	1	3	1	0	1	0
O	1	0	1	3	1	1	1	4	1	1
P	1	0	1	0	1	4	1	1	1	1
Q	1	0	1	0	1	0	1	0	1	4
R	1	2	1	2	1	0	1	0	1	2
S	1	2	1	2	1	4	1	3	1	3
T	1	0	1	0	1	2	1	1	1	0
U	2	3	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	2	1	1	1	1
W	1	0	1	3	1	4	1	4	1	3
X	1	0	1	1	1	2	1	2	1	2
Y	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0
Mean										
OD	19728		18557		19055		18366		19001	
RP	0.551		0.042		0.263		0.320		0.053	
PTC	257.396		257.306		257.534		257.798		257.310	
										18.941
										0.246
										257.469

ตาราง

ข้อมูลที Du = 36, CR = 18

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	1	0
D	1	2	1	5	1	1	1	0	1	3
E	1	4	1	1	1	4	1	3	1	1
F	1	5	1	5	1	5	1	5	1	4
G	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
H	1	0	1	5	1	1	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
K	1	2	1	0	1	0	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	0	1	2	1	0
M	1	2	1	0	1	2	1	0	1	2
N	1	3	1	0	1	4	1	0	1	4
O	1	2	1	0	1	2	1	4	1	4
P	1	0	1	5	1	0	1	1	1	0
Q	1	3	1	0	1	4	1	4	1	2
R	1	3	1	3	1	4	1	1	1	0
S	1	2	1	3	1	4	1	1	1	3
T	1	1	1	1	1	2	1	0	1	2
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	1	1	0	1	2	1	0	1	1
W	1	4	1	4	1	4	1	3	1	3
X	1	2	1	0	1	0	1	2	1	2
Y	1	0	1	0	1	0	2	0	2	0
Mean										
OD	17,809	17,778	17,491	17,915	17,900	17,779				
RP	0.315	0.473	0.032	0.121	0.126	0.213				
PTC	257,586	257,744	257,406	257,378	257,610	257,545				



ข้อมูลที Dn=36, CR=16

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5			
	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift	Method	Select	Shift
A	1			1			2			1		2
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	0	1	0	1	0	1	2	1	5	1	2
E	1	0	1	3	1	4	1	4	1	0	1	4
F	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
K	1	5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
L	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0
M	1	3	1	2	1	1	1	1	1	2	1	0
N	1	2	1	0	1	5	1	0	1	0	1	5
O	1	0	1	5	1	1	1	1	1	0	1	1
P	1	4	1	3	1	5	1	5	1	4	1	4
Q	1	1	1	0	1	1	1	1	1	3	1	3
R	1	3	1	1	1	0	1	0	1	0	1	4
S	1	0	1	1	1	1	3	1	2	1	0	0
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
W	1	0	1	3	1	4	1	4	1	3	1	4
X	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Y	2	0	2	0	1	1	0	2	0	1	1	0
Mean												
OD	15.975		15.757		15.898		15.904		15.967		15.900	
RP	0.593		0.200		0.315		0.079		0.525		0.342	
PTC	257.851		257.457		257.586		257.336		257.796		257.605	



ตาราง

ข้อมูลที Du = 36, CR = 14

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift	Method	Select Shift
A	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1
E	1	3	1	2	1	4	1	4	1	4
F	1	0	1	5	1	5	1	3	1	5
G	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
H	1	1	2	0	1	1	1	0	1	0
I	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
J	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
K	1	1	1	0	1	0	2	2	1	0
L	1	1	1	2	1	2	1	0	1	2
M	1	1	1	5	1	2	1	0	1	4
N	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
O	1	4	1	2	1	0	1	0	1	0
P	1	5	1	3	1	5	1	5	1	4
Q	1	4	1	0	1	5	1	5	1	0
R	1	0	1	1	1	1	1	4	1	1
S	1	2	1	1	1	3	1	3	1	2
T	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	0	1	0	1	2	1	0
W	1	4	1	3	1	0	1	0	1	5
X	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3
Y	2	0	2	0	2	0	1	0	2	0
Mean										
OD	13.799		13.721		13.986		13.997		13.881	
RP	0.562		0.604		0.410		1.601		0.719	
PTC	258.628		259.523		258.579		259.447		258.785	



ข้อมูล Du=36, CR=1.25

Activity	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select	Method	Select
A	2		2			2		2		2
B	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
C	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
D	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
E	1	2	1	4	1	4	1	4	1	4
F	1	5	1	2	1	0	1	4	1	4
G	1	0	2	1	1	0	1	0	1	0
H	2	0	2	1	1	0	2	0	2	0
I	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0
J	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0
K	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
L	2	5	1	0	1	3	1	2	1	3
M	1	5	1	2	1	2	1	5	1	4
N	1	0	2	5	1	0	1	0	1	1
O	1	4	1	0	1	4	1	0	1	0
P	1	5	1	5	2	5	1	5	1	3
Q	1	2	1	0	1	0	1	3	1	0
R	1	3	1	4	1	1	1	2	1	1
S	1	3	1	0	1	3	1	0	1	1
T	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
V	1	0	1	2	1	0	1	1	1	0
W	1	0	1	3	1	4	1	4	1	4
X	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3
Y	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
Mean										
OD	11.934		12.403		12.498		12.364		12.459	
RP	1.166		1.092		1.402		1.250		1.013	
PTC	263,208		263,568		260,301		260,977		260,741	

ตาราง







ภาคผนวก ค

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

จิรเดช เศรษฐกัมพูและวชรภูมิ เบญจ โอปาร (2556). การวางแผนงานก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้าน
กระแสเงินสด.ตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน 2556,
หน้า 67-72.



การวางแผนงานก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้านกระแสเงินสด

Construction Planning Model with Cash Flow Constraints

จิระเดช เสริมฐกัมพู วชรภูมิ เบนจิวโอาหาร

สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การวางแผนเป็นงานที่มีความสำคัญในการบริหารงานโครงการก่อสร้าง ซึ่งการวางแผนงานโครงการก่อสร้างต้องนำประเด็นด้านระยะเวลา ค่าใช้จ่ายและข้อจำกัดของทรัพยากรมาใช้ประกอบเพื่อให้ได้แผนงานที่มีประสิทธิภาพดี การวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลอง สำหรับการวางแผนงานด้านระยะเวลาของโครงการที่เหมาะสม โดยพิจารณาเงื่อนไขที่กระแสเงินสดของโครงการต้องมียอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินกว่าวงเงินเครดิตที่ใช้ โดยทรัพยากรต่างๆของโครงการที่นำมาใช้จะถูกแปรออกมาในรูปแบบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำงานของแต่ละกิจกรรม การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้ใช้โปรแกรมกระดานคำนวณ ในการสร้างแบบจำลองและนำ Genetic Algorithms มาใช้ในการหาคำตอบของปัญหา แบบจำลองนี้สามารถสร้างแผนงานด้านระยะเวลาที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของวงเงินเครดิตของโครงการ ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าเมื่อมีวงเงินเครดิตน้อยลงจะส่งผลให้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบแผนงานปกติที่ไม่คำนึงถึงวงเงินเครดิตกับแผนงานที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองนี้สามารถสร้างแผนงานที่ต้องการใช้วงเงินเครดิตที่น้อยกว่าแผนงานปกติภายใต้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมที่เท่ากัน แผนงานที่ได้จากแบบจำลองนี้จึงสามารถใช้สำหรับการบริหารงานโครงการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากขึ้น

คำสำคัญ : การวางแผนงานก่อสร้าง กระแสเงินสด วงเงินเครดิต

Abstract

One of the most important aspects of construction management is the planning and scheduling of the construction project. Time, cost and limitation of resources in construction projects have to be considered for developing the scheduling model which provides the efficacious construction schedules. This research aims to develop the model for appropriate project time schedule. Project cash flow is considered as one of constraints of the model. The project overdraft must not exceed the credit limit of the project. Also, project resources are represented in cost of each activity. The Excel spreadsheet is used for creating the model and Genetic Algorithms are used for searching the results. The model provides the suitable project time schedule under the credit limit constraint. The testing on the new model shows the result that project duration and overall cost of the project are increasing while the required credit limit of the project is decreasing. Moreover, the new model provides the project time schedule with smaller credit limit required than the one without. Finally, it also provide the suitable and efficient project time schedule for managing a construction project.

Keywords : Construction Scheduling, Cash flow, Credit Limit

1. บทนำ

เป้าหมายในการบริหารงานโครงการก่อสร้างที่สำคัญ คือ การดำเนินงานก่อสร้างโครงการให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ภายในงบประมาณต้นทุนที่ได้วางแผนไว้ด้วยคุณภาพของงานตามต้องการ ในการดำเนินงานก่อสร้างมีปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพสิ่งก่อสร้างอันประกอบด้วย แรงงานที่มีคุณภาพ วัสดุที่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด เครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพ และการจัดสรรเงินงบประมาณสำหรับใช้ในการทำงานได้อย่างเหมาะสม การวางแผนงานด้านระยะเวลาที่ดีจะส่งผลให้งานก่อสร้างดำเนินไปอย่างราบรื่นมีประสิทธิภาพและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการควบคุมให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ในการสร้างแผนงานด้านระยะเวลาที่ดำเนินควรพิจารณาทั้งด้านระยะเวลา ค่าใช้จ่าย ข้อจำกัด การใช้ทรัพยากร และเงินสดของโครงการพร้อมกัน สิ่งเหล่านี้แสดงถึงความซับซ้อนของงานก่อสร้างและเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้โครงการบรรลุตามเป้าหมายทั้งด้านระยะเวลาและต้นทุน

เงินสดหรือกระแสเงินสดเป็นทรัพยากรที่สำคัญในงานก่อสร้าง เนื่องจากเป็นทรัพยากรเบื้องต้นที่ต้องใช้จ่ายไปในการจัดหาทรัพยากรแรงงาน เครื่องจักร วัสดุ รวมถึงค่าดำเนินงาน บริษัทก่อสร้างที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางส่วนมากมีเงินลงทุนต่ำ ส่งผลให้มีข้อจำกัดด้านการเงินของโครงการ ซึ่งงานก่อสร้างในแต่ละเดือนมีการใช้กระแสเงินสดที่แตกต่างกันตามปริมาณงานที่เกิดขึ้น ทำให้โครงการที่มีปัญหาในด้านกระแสเงินสดจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการจัดหาทรัพยากรด้านต่างๆและมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เนื่องจากค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าดำเนินการและค่าปรับ ดังนั้นควรมีการวางแผนการใช้กระแสเงินสดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขของกระแสเงินสดที่มีอยู่จำกัดและระยะเวลาที่กำหนดในสัญญา

งานวิจัยที่ผ่านมาในปี 2001 Hegazy and Ersahin [5] ได้เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนงาน โดยการทำให้แบบจำลองใน Spreadsheet เพื่อให้ได้แผนงานที่เหมาะสม ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้มีการพิจารณาเรื่องระยะเวลา การใช้ทรัพยากร และกระแสเงินสดในมุมมองของดอกเบี้ยที่

เกิดขึ้นแต่ไม่พิจารณาปริมาณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา และได้ใช้วิธีเงินเดบิตอัลกอริทึม (GA) ช่วยในการหาค่าตอบโดยการสุ่มวิธีการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรม ให้ได้ชุดคำตอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายของโครงการน้อยที่สุด ต่อมาในปี 2003 หทัยจรี แสงประดิษฐ์ [3] ได้ทำการศึกษาและเสนอวิธีการวางแผนงานที่เหมาะสมโดยใช้ในการหาต้นทุนในก่อสร้างที่ต่ำ โดยสมมุติชุดตัวอย่างกิจกรรม 2 ตัวอย่าง และใช้วิธีเงินเดบิตอัลกอริทึมมาประยุกต์เพื่อคำนวณหาแผนงานที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และในปี 2004 Elazouni and Gad-Allah [1] ได้เสนอการแก้ปัญหาการวางแผนงานที่คำนึงถึงวงเงินผู้ (Credit Limit) หรือกระแสเงินสดของโครงการแต่ละช่วงเวลา ในรูปแบบ Integer-Programming Model โดยการจัดวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อให้ได้ระยะเวลาารวมของโครงการน้อยที่สุด ภายใต้กระแสเงินสดที่มีจำกัด (Negative Cash Flow) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวกำหนดให้ระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมคงที่ ต่อมาในปี 2005 Elazouni and Metwally [2] ได้ปรับปรุงเงื่อนไขวงเงินเครดิตเพิ่มอีกเล็กน้อย และปรับรูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองโดยการใช่วิธีเงินเดบิตอัลกอริทึมหาค่าตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมมากขึ้น และในปี 2008 Liu and Wang [4] ได้เสนอการแก้ปัญหาการวางแผนงาน ในมุมมองของ Cash flow ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านการพยากรณ์เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด โดยใช้วิธี Constraint Programming (CP) ซึ่งเป็นการรวมปัญหาการจัดสรรทรัพยากรและกระแสเงินสดเข้าไว้ด้วยกัน

จากการสัมภาษณ์บริษัทก่อสร้างขนาดใหญ่ต่างๆทั้งที่เป็นบริษัทต่างชาติและบริษัทสัญชาติไทยที่ดำเนินงานโครงการก่อสร้างประเภทโรงไฟฟ้าและอาคารสูง ในเรื่องเทคนิคและขั้นตอนที่ใช้ในการวางแผนงาน บริษัทดังกล่าวส่วนมากได้ใช้เทคนิค Critical Path Method (CPM) ในการวางแผนงาน ซึ่งเป็นวิธีการวางแผนงานตามลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การก่อสร้างเสร็จสิ้นในเวลาสั้นที่สุดโดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ปริมาณทรัพยากรและงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งในการวางแผนงานลักษณะนี้ส่วนมากจะใช้ประสบการณ์หรือ

สถิติข้อมูลของลักษณะงานที่คล้ายกันมาเป็นตัวกำหนดแผนงาน ทำให้แผนงานที่ได้นั้นส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเกินงบโครงการเนื่องจากสาเหตุการเร่งเวลาหรือการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองหรือวงเงินเครดิตมีไม่เพียงพอ ในปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวางแผนงานโครงการ เช่น Primavera, Microsoft Project, Microsoft Excel เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าโปรแกรม Primavera และ Microsoft Project มีฟังก์ชันการใช้งานคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีการใช้เทคนิค CPM และ Resource leveling ในส่วนโปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการวางแผนในเรื่องกระแสเงินสดและควบคุมโครงการ โปรแกรมเหล่านี้ไม่เน้นการรวมเทคนิคและข้อจำกัดของการวางแผนให้ครอบคลุมและตอบสนองความต้องการได้ การวางแผนงานที่กล่าวมาได้มีวัตถุประสงค์ในการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกันไป โดยมุ่งเน้นการหาค่าตอบแทนที่เหมาะสมและดีที่สุดของแต่ละปัญหาคาดาวัดอุปสงค์ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงภาพรวมของการแก้ไขปัญหา ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนงานให้ได้ต้นทุนในการก่อสร้างที่ต่ำ (Minimize Project Total Cost) ซึ่งพิจารณาด้านระยะเวลา ทรัพยากร และกระแสเงินสด ภายใต้ข้อจำกัดในด้านวงเงินเครดิต (Credit Limits) โดยการแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในรูปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด และใช้หลักการ Genetic Algorithm (GA) ในการแก้ปัญหาวิเคราะห์หาแผนงาน จากนั้นทำการทดสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แผนงานมีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการได้

2. วิธีการวิจัย

การศึกษาการวางแผนงานเบื้องต้น

ในการสัมภาษณ์จะดำเนินการสัมภาษณ์ 5 บริษัท และสัมภาษณ์กับผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการวางแผนงาน โดยการทำแบบสอบถามเป็นแบบปลายเปิดและปลายปิด เพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามได้อย่างอิสระ ซึ่งผลสรุปจากการสัมภาษณ์โดยรวมทั้ง 5 บริษัท พบว่าบริษัทส่วนมากจะทำการวางแผนงานโดยพิจารณาไปที่บัญชีปริมาณงาน รายการประกอบแบบและระยะเวลาก่อสร้าง

ตามสัญญา ในขณะที่การกำหนดเวลาและการใช้ทรัพยากร (คนงาน)ในแต่ละกิจกรรมจะพิจารณาจากลักษณะของงานที่คล้ายกันหรือตามสถิติที่ผ่านมาของแต่ละกิจกรรมในอดีต แต่จะไม่ได้คำนึงถึงวงเงินเครดิตที่มีจำกัด (Credit Limit: CL) หรือยอดเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft : OD) ซึ่งในที่นี่จะนำไปสร้างสมการ โจทย์เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองภายใต้วงเงินที่มีอยู่อย่างจำกัด

การสร้างแบบจำลองและสมการ

ในการสร้างแบบจำลองนี้ได้ทำการอ้างอิงจากข้อมูลการวางแผนงานจากโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียม 12 ชั้น ในจังหวัดนครราชสีมา โดยการจัดแนกกิจกรรมได้ทั้งหมด 25 กิจกรรมรวมถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม ตามรูปที่ 1 และแบบจำลองมีเงื่อนไขดังนี้

- (1) การเบิกจ่ายเงินคิดตามปริมาณของงานที่ทำให้ในแต่ละช่วงเวลาและไม่มีเงินเบิกล่วงหน้า
- (2) ค่าประกันผลงาน = 10% ของมูลค่างานที่เบิก
- (3) กำไร = 15% ของมูลค่างานที่ทำได้
- (4) อัตราดอกเบี้ย = 12% ของยอดเบิกเกินบัญชี
- (5) ค่าปรับการใช้ทรัพยากรเกินกำหนด = 5250 ฿/หน่วย/Period

การสร้างแบบจำลองได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรม โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายปกติ (Normal Cost) และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเร่งเวลา (Crash Cost) ของแต่ละกิจกรรม จากนั้นทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นของแต่ละกิจกรรมโดยที่ชั่วโมงการทำงานของแต่ละกิจกรรมคงที่ และได้มีการกำหนดขอบเขตการใช้ทรัพยากรเพื่อเป็นค่าปรับในการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง จากนั้นสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเงินสดเข้า (Cash In : CI) โดยที่

$$CI_{j-1} = 0 \text{ และ } CI_j = P_i - Ret_i \quad (1)$$

CI_j คือ กระแสเงินสดเข้าของโครงการช่วงเวลาที่ j โดย

$$(j=1, 2, 3...T)$$

P_i คือ เงินงวดงานของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i

Ret_i คือ ค่าประกันผลงานช่วงเวลาก่อนหน้าที่ i

T คือ ระยะเวลารวมของโครงการ

Activity	Detail	Predecessor	Normal		Crash		Resource		Method Select	Shift
			Duration	Direct Cost	Duration	Direct Cost	Normal	Crash		
A	งานเตรียมงานก่อสร้าง	-	2	2,303	1	3,006	20	22		0
B	งานฐานรากและคานคอด	A	4	15,943	3	16,781	45	50		
C	งาน โครงสร้างชั้น 1-2	B	4	7,677	2	9,167	45	46		
D	งานตั้งเสาใต้ดิน คสค.	B	2	2,236	1	2,984	25	28		
E	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	C,D	24	12,398	20	13,348	15	16		
F	งานระบบไฟฟ้า	C	24	30,857	18	32,977	30	32		
G	งาน โครงสร้างชั้น 3-4	C	2	7,677	1	8,661	45	47		
H	งาน โครงสร้างชั้น 5-6	G	4	7,677	2	9,122	45	48		
I	งานผนังและคานคอง ชั้น 1	G	2	1,722	1	2,605	35	36		
J	งานผนังและคานคอง ชั้น 2-3	I	4	3,445	3	4,238	35	38		
K	งานคานคองชั้น 7-12	H	10	23,089	9	23,589	45	50		
L	งานผนังและคานคอง ชั้น 4-7	J	8	6,800	5	8,403	35	38		
M	งานบันได	K	4	1,855	3	2,456	15	17		
N	งานเหล็กคาน	K	4	2,874	2	3,487	10	15		
O	งานระบบน้ำดื่มและระบบน้ำภายนอก	K	4	2,343	2	2,933	10	16		
P	งานระบบปรับอากาศ	L	6	11,868	4	12,593	20	25		
Q	งานระบบลิฟท์โดยสาร	K	6	4,688	3	5,458	10	12		
R	งานภูมิทัศน์และสาธารณูปโภคภายนอก	L	8	8,596	7	9,265	15	15		
S	งานผนังและคานคอง ชั้น 8-12	L	2	2,468	1	3,351	35	36		
T	งานฝ้าเพดาน ชั้น 1-12	L	10	4,952	8	5,722	20	22		
U	งานฝ้าและคานคอง	J	20	13,391	15	14,510	20	23		
V	งานฝ้า	L	10	3,950	7	5,125	20	20		
W	งานสุขภัณฑ์	J	16	8,132	14	8,767	20	22		
X	งานประตูลูกน้ำค้าง	I	22	15,247	18	16,670	25	26		
Y	งานเก็บและทดสอบระบบ	D,E,F,M,N, O,P,Q,R,S,T, U,V,W,X	2	8,902	1	9,593	20	23		

รูปที่ 1 แสดงรายละเอียดและความสัมพันธ์ของกิจกรรม

และกระแสเงินสดออก (Cash Out : CO) จะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของค่าใช้จ่ายทางตรงกับค่าใช้จ่ายทางอ้อมของ โครงการ ในส่วนของเงินเบิกเกินบัญชี (Overdraft : OD) จะมีค่าเท่ากับ

$$OD_{j=1} = CO \text{ และ } OD_j = CO_j + NC_j \quad (2)$$

OD_j คือ เงินเบิกเกินบัญชีช่วงเวลา j ใดๆ ($j=1, 2, 3...T$)
 CO_j คือ ใช้จ่ายของโครงการช่วงเวลาก่อนหน้านี้ที่ j
 NC_j คือ จำนวนยอดเงินสดสุทธิช่วงเวลาก่อนหน้านี้ที่ j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) เป็น ฟังก์ชันที่กำหนดเป้าหมายของแบบจำลอง เพื่อให้สามารถ หาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดและบรรลุ วัตถุประสงค์อย่างถูกต้อง โดยทั่วไปจะระบุฟังก์ชัน วัตถุประสงค์เป็นเป้าหมายการหาสูงสุดหรือค่าต่ำสุด ซึ่ง ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของ โครงการ (Minimize Project Total Cost) เป็นฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ โดยค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด (PTC) มีค่าตาม สมการที่ (3)

$$PTC = \sum_{i=1}^H \sum_{k=1}^I D_k C_{ik} + \sum IDC_i + \sum RP_i + \sum I \quad (3)$$

$D_k C_{ik}$ คือ ชุดทางเลือกด้านต้นทุนทางตรงในการทำงาน ที่ k ใดๆ ($k=1,2$) สำหรับกิจกรรมที่ i ใดๆ
 H คือ จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

J คือ จำนวนชุดทางเลือก
 $\sum IDC_i$ คือ ผลรวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม โดยที่ IDC_i คือ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมในช่วงเวลา i ใดๆ มีค่า เท่ากับ 5% ของค่าใช้จ่ายทางตรงในช่วงเวลา i ใดๆ
 $\sum RP_i$ คือ ผลรวมค่าปรับจากการใช้ทรัพยากร โดยที่ RP_i คือ ค่าปรับการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองใน ช่วงเวลา i ใดๆ มีค่าเท่ากับ 5250฿ x ปริมาณการ ใช้ทรัพยากรมากหรือน้อยกว่ากำหนดใน ช่วงเวลา i ใดๆ
 $\sum I$ คือ ผลรวมค่าดอกเบี้ย

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรที่ แทนกิจกรรมต่างๆของปัญหาที่สนใจ ค่าตัวแปรนี้จะ นำไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจ ในแต่ละปัญหาตัวแปร ตัดสินใจมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของปัญหา ซึ่ง ในงานวิจัยนี้ตัวแปรตัดสินใจคือ ทางเลือกของกิจกรรมแต่ละกิจกรรม (Method Select: 1=Normal, 2=Crash) และการ เลื่อนของเวลาเริ่มที่เร็วที่สุด (Earliest Start) ของแต่ละ กิจกรรม ตามรูปที่ 1

$$ES_j = \text{Max}(EF_i) + \text{Shift}_j \quad (4)$$

ES_j คือ เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมที่ j

EF_i คือ เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมก่อนหน้า i

$Shift_j$ คือ การเลื่อนเวลาเริ่มของกิจกรรมที่ j

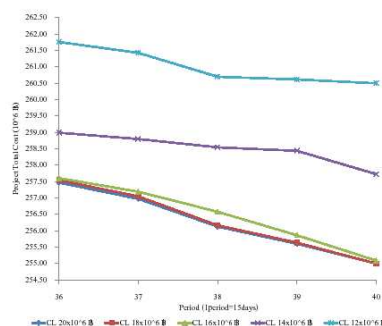
ข้อจำกัด (Constraints) เป็นการกำหนดข้อจำกัดของปัญหาในทอมของตัวแปรตัดสินใจ โดยทั่วไปข้อจำกัดพื้นฐานของการหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดเป็นเงื่อนไขของข้อกำหนดต่างๆของแต่ละปัญหาเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ เงินเบิกเกินบัญชี ของโครงการ (OD) น้อยกว่าหรือเท่ากับวงเงินเครดิต (CL) และระยะเวลาของโครงการ (Du) น้อยกว่าหรือเท่ากับระยะเวลารวมของโครงการ (T)

$$Max OD_i \leq CL \text{ และ } Du \leq T \quad (5)$$

ในการวิเคราะห์หาค่าที่ดีที่สุด GA ได้ใช้โปรแกรม Evolver เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาแผนงานที่เหมาะสม และมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้คือ ขนาดประชากรให้มีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งการกำหนดค่าตัวเลขประชากรที่มากจะส่งผลให้ระยะเวลาในการให้ผลลัพธ์นานขึ้นแต่จะไม่มีผลต่อค่าผลลัพธ์ใดๆ จากนั้นได้กำหนดค่าอัตราการกลายพันธุ์ให้มีค่าอัตโนมัติ เพื่อค่าดังกล่าวได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือสอดคล้องกับอัตราการแลกเปลี่ยนยีนที่ 0.5 ในส่วนของระยะเวลาการหาผลลัพธ์ได้ทำการกำหนดให้หยุดการค้นหาค่าต่อเมื่อค่าของผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 0.01% ภายในจำนวนรอบการค้นหา 20,000 รอบ และแสดงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการค้นหาค่าตอนนี้

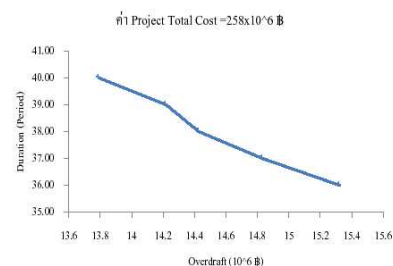
3. การทดสอบและผลการวิจัย

จากแบบจำลองที่สร้างได้นำมาทดสอบกับแผนงานปกติ ซึ่งแผนงานปกติ มีค่าระยะเวลา (Duration) เท่ากับ 40 period (1 period = 15 วัน) มีค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีเท่ากับ 20.795×10^6 ฿ และมีค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่ากับ 255×10^6 ฿ จากนั้นทำการรันแบบจำลองโดยปรับค่าระยะเวลา ลดลงทีละ 1 period จาก 40 period จนถึง 36 period และที่ระยะเวลาแต่ละ period ได้ปรับวงเงินเครดิตลดลงจาก 20×10^6 , 18×10^6 , 16×10^6 , 14×10^6 , 12×10^6 ฿ ตามลำดับ จำนวนค่าละ 5 รอบ โดยที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตและนำค่ามาเขียนกราฟ ตามที่แสดงในรูปที่ 2



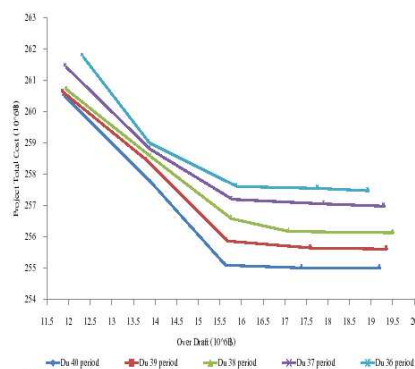
รูปที่ 2 กราฟแสดงผลของที่ Duration กับ Project Total Cost ที่ Credit limit ต่างๆ

จากรูปที่ 2 กราฟแสดงให้เห็นได้ว่าในกรณีที่มีระยะเวลาคงที่ วงเงินเครดิตส่งผลกับค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของโครงการ โดยที่วงเงินเครดิตมีค่าน้อยลงจะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแบบจำลองมีการปรับช่วงที่มียอดเงินเบิกเกินบัญชีเกินวงเงินเครดิตโดยการเลื่อนกิจกรรม (Shift) หรือเร่งกิจกรรมบางกิจกรรม เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในช่วงนั้นเวลาลดลง



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Overdraft และ Duration ที่ Project Total Cost=258x10⁶ ฿

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าของยอดเงินเบิกเกินบัญชีส่งผลกับระยะเวลาของโครงการ โดยที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชีมีค่าน้อยลง ระยะเวลาของโครงการจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระยะเวลาของโครงการเพิ่มขึ้นทำให้แผนงานมีการกระจายของกิจกรรมได้มากขึ้น ส่งผลให้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีในแต่ละช่วงเวลาลดน้อยลง



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Overdraft และ Project Total Cost ที่ระยะเวลาต่างๆ

ข้อมูลจากกราฟรูปที่ 4 พบว่าที่ระยะเวลารวมโครงการคงที่และทำการปรับค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีลดลงถึงจุดๆหนึ่ง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าแผนงานปกตินั้นยังสามารถปรับเปลี่ยนแผนให้ได้ ค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีลดลง โดยที่ไม่กระทบกับค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ซึ่งผลในการปรับเปลี่ยนนั้นแบบจำลองได้ทำการปรับเปลี่ยนโดยการเลื่อนวันเริ่มของกิจกรรมเพื่อกระจายค่าใช้จ่ายในช่วงเวลานั้นให้มียอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยกว่าวงเงินเครดิต

4. สรุป

จากการทำการทดสอบแบบจำลองในการวางแผนงานภายใต้ยอดเงินเบิกเกินบัญชีไม่เกินวงเงินเครดิตที่มีจำกัดของโครงการนั้น พบว่ายอดเงินเบิกเกินบัญชีมีผลกับระยะเวลารวมและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเด็นดังนี้ 1. ยอดเงินเบิกเกินบัญชี (วงเงินเครดิต) มีค่าต่ำลงส่งผลให้ระยะเวลาของโครงการมากขึ้น (ตามรูปที่ 3) สันเหตุมาจากยอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยๆในแต่ละช่วงเวลาส่งผลให้กิจกรรมบางกิจกรรมต้องเลื่อนจึงทำให้ระยะเวลารวมโครงการมากขึ้น 2. ถ้าโครงการมีระยะเวลาจำกัด (Time Constraint) ยอดเงินเบิกเกินบัญชี (วงเงินเครดิต) มีค่าต่ำลงจะทำให้ต้นทุนของโครงการสูงขึ้น (ตามรูปที่ 2,4) เนื่องจากยอดเงินเบิกเกินบัญชีน้อยๆ แต่ระยะเวลารวมโครงการเท่าเดิมทำให้บางกิจกรรมต้องเร่งงานเพื่อมีการ

กระจายของกิจกรรมในช่วงเวลาที่ยอดเงินเบิกเกินบัญชียิ่งมีค่าลดลง

จากแผนงานปกตินั้นเป็นแผนงานที่ไม่ได้พิจารณาเรื่องยอดเงินเบิกเกินหรือวงเงินเครดิต ทำให้ต้องใช้วงเงินเครดิตมากเกินไปจนความจำเป็น ยอดเงินเบิกเกินบัญชีของแผนงานปกตินั้นเท่ากับ 20.795×10^6 B ที่ระยะเวลาเท่ากับ 40 period และค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่ากับ 255×10^6 B ดูจากกราฟรูปที่ 4 ถ้าต้องการระยะเวลาและค่าใช้จ่ายรวมของโครงการเท่าเดิมแผนงานนี้สามารถปรับแก้และทำให้ค่ายอดเงินเบิกเกินบัญชียิ่งลดลงเหลือประมาณ 16×10^6 B ได้ ดังนั้นในการวางแผนงานโดยไม่คำนึงถึงยอดเงินเบิกเกินบัญชียิ่งหรือวงเงินเครดิต ทำให้จัดสรรเงินทุนหมุนเวียนมากเกินไปจนความจำเป็นและส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. M. Elazouni and A. A. Gad-Allah, "Finance-based scheduling of construction project using integer programming," Journal of Construction Engineering and Management, vol. 130, No. 1, 15-24, 2004.
- [2] A. M. Elazouni and F. G. Metwally, "Finance-based scheduling : Tool to Maximize Project Profit Using Improve Genetic Algorithms," Journal of Construction Engineering and Management, vol. 131, No. 4, 400-412, 2005.
- [3] S. hathajjaree, "Minimum Cost Scheduling by Genetic Algorithm" A study of specific project of B. eng, Construction Engineering and Management, King Mongkut's University of Technology Thonburi, No. 12-29, 2546.
- [4] S. S. Liu and C. J. Wang, "Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization," Automation in Construction, vol. 17, 966-974, 2008.
- [5] T. Hegazy and T. Ersahin, "Simplified spreadsheet solutions .II: overall schedule optimization," Journal of Construction Engineering and Management, vol. 127, No. 6, 469-475, 2001.

ประวัติผู้เขียน

นายจิระเดชเศรษฐิกัมพู เกิดเมื่อวันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอนุบาลสุธีธร มัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนโพธิสารพิทยากร และมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบวรนิเวศน์ สาขาลายตามลำดับ จากนั้น เริ่มศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2545 หลังจากจบการศึกษาผู้วิจัยเริ่มทำงานที่บริษัท มโนศิลป์จำกัด ในตำแหน่ง วิศวกร โยธา จากนั้นเข้าร่วมงานเป็นผู้ช่วยสอนและวิจัยที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีต่อมาได้เข้าทำงานในบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งวิศวกรเทคนิค และสุดท้ายได้เป็น Project Engineer ควบคุมงานของบริษัท Team Architect จำกัดระหว่างที่ทำงานได้มีความสนใจที่จะพัฒนาศักยภาพให้กับตนเองจึงได้สมัครเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ด้านการบริหารงานก่อสร้าง สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2552 ขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนและวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้นำประสบการณ์ และความรู้ที่ได้จากการเป็นผู้ช่วยสอนและวิจัยมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้เป็นอย่างดี